ISSN 2073-8730

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

НАУКОВІ ПРАЦІ

ВИПУСК 38

ТОМ 1



ОДЕСА
2010

Міністерство освіти і науки України

НАУКОВІ ПРАЦІ ОНАХТ

Випуск 38, том 1, 2010

Наукове видання

серія

Технічні науки

Засновник:
Одеська національна академія харчових технологій

Засновано в Одесі
у 1937 р.
Відновлено з 1994 р.

Наукові праці ОНАХТ входять до нового Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися основні результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (Бюлетень ВАК України, № 5, 2010)

Головний редактор *Єгоров Б.В.*, д-р техн. наук, професор
Заступник головного редактора *Капрельянц Л.В.*, д-р техн. наук, професор
Відповідальний редактор *Станкевич Г.М.*, д-р техн. наук, професор

Редакційна колегія:

Амбарцумянц Р.В., д-р техн. наук, проф.
Безусов А.Т., д-р техн. наук, проф.
Бурдо О.Г., д-р техн. наук, проф.
Віннікова Л.Г., д-р техн. наук, проф.
Гапонюк О.І., д-р техн. наук, проф.
Гладушняк О.К., д-р техн. наук, проф.
Дідух Н.А., д-р техн. наук, доц.
Жуковський Е.Й., д-р техн. наук, проф.
Іоргачова К.Г., д-р техн. наук, проф.
Моргун В.О., д-р техн. наук, проф.
Осипова Л.А., д-р техн. наук, доц.
Тележенко Л.М., д-р техн. наук, проф.
Черно Н.К., д-р техн. наук, проф.
Харківський Д.Ф., д-р екон. наук, проф.

Реєстраційне свідоцтво
КВ № 12577-1461 ПР
від 16.05.2007 р. Видано
Міністерством юстиції України

Усі права захищені.
Передрук і переклади дозволяються лише зі згоди автора та редакції

Рекомендовано до друку Ученою радою Одеської національної академії харчових технологій, протокол № 9 від 2.03.2010 р.

Мова видання:
українська, російська, англійська

За достовірність інформації відповідає автор публікації

ББК 36.81 + 36.82

УДК 663 / 664

Одеська національна академія харчових технологій
Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій
Міністерство освіти і науки України. – Одеса: 2010. – Вип. 38. – Том 1. – 442 с.

Адреса редакції:
вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039

© Одеська національна академія харчових технологій, 2010 р.

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1
АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ І ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНА, ВИГОТОВЛЕННЯ ЗЕРНОВИХ ВИРОБІВ ТА КОМБІКОРМІВ

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ КОРМОВОЇ ЦІННОСТІ ЗЕРНА ШЛЯХОМ ДРІЖДЖУВАННЯ ТА ЕКСТРУДУВАННЯ
Єгоров Б.В., Давиденко Т.М. 4

АНАЛІЗ РИНКУ КОМБІКОРМІВ ТА БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН ДЛЯ ЇХ ЗБАГАЧЕННЯ
Макаринська А.В. 9

КОМПОЗИЦІЙНІ СУМІШІ ДЛЯ ПОРОСЯТ
Єгоров Б.В., Воєцька О.Є., Кочетова А.О., Макаринська А.В. 16

БІОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВОЛОГИХ КОМБІКОРМІВ ДЛЯ ДОМАШНІХ ТВАРИН
Єгоров Б.В., Бордун Т. В. 19

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЦЕПТАМ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ КУР-НЕСУШЕК В ПЕРИОД ВЫРАЩИВАНИЯ
Егоров Б.В., Ворона Н.В. 23

БІОЛОГІЧНА ТА ЗООТЕХНІЧНА ОЦІНКА – ВАЖЛИВІ ПОКАЗНИКИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМБІКОРМОВОЇ ПРОДУКЦІЇ
Лапінська А.П. 30

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ КОМБІКОРМОВИХ ПІДПРИЄМСТВ
Браженко В.Є. 33

КОМПОЗИЦИОННЫЕ СМЕСИ С МУКОЙ КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР
Моргун В.А., Волошенко О.С. 36

ВПЛИВ ЛУЩЕННЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ НА ПРОЦЕС
Жигунов Д.О. Ковальов М. О. 40

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ СТРУКТУР ПРОЦЕССА КРУПООБРАЗОВАНИЯ
Моргун В.А., Жигунов В.А. 45

ВПЛИВ РЕЖИМІВ ПІДГОТОВКИ ЗЕРНА ГРЕЧКИ НА ЯКІСТЬ КРУПИ
Моргун В.О. Соц С.М., Донець А.О. 51

ПОЛІПШЕННЯ МІКРОБІОЛОГІЧНОЇ ЧИСТОТИ ЗЕРНА ШЛЯХОМ ОБРОБКИ ЕЛЕКТРОАКТИВОВАНОЮ ВОДОЮ
Колесніченко С.Л. 55

ПОЛІПШЕННЯ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МУКИ ПРИ ЗБАГАЧЕННІ ЇЇ СУХОЮ КЛЕЙКОВИНОЮ
Жигунов Д.О., Колесніченко І.М. 58

ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ДИХАННЯ НАСІННЯ ГІРЧИЦІ РІЗНИХ СОРТІВ
Овсянникова Л.К., Євдокимова Г.Й., Черній В.О. 59

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ДРІБНОНАСІННЄВИХ КРУП'ЯНИХ КУЛЬТУР
Овсянникова Л.К., Кац А.К., Червінська Н.О. 62

ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ТА ГІГРОСКОПІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАКУ – ВАЖЛИВИЙ ФАКТОР ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ЙОГО ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ТА ЗБЕРІГАННЯ
Соколовська О.Г., Орлова С.С., Овсянникова Л.К. 67

ОГЛЯД УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ПІСЛЯЖНИВНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА
Гросул Л.Г., Гапонюк О.І., Яцкова Т.Й. 71

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ НАСІННЯ ОЗИМОГО І ЯРОВОГО РІПАКА
Данилова О.І., Гаро В.Є., Карпюк Ю.М. 74

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКЕ ЗЕРНА
Сорочинский В.Ф. 79

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕРНА И ЕГО АНАТОМИЧЕСКИХ ЧАСТЕЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЭКСПРЕССНЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МУКИ И ЗЕРНА
Штейнберг Т.С. 83

ВПЛИВ ВОЛОГОВМІСТУ ТЕПЛОНОСІЯ НА ПРОЦЕС СУШІННЯ ЗЕРНА
Снєжкін Ю.Ф., Пазюк В.М., Петрова Ж.О., Михайлик Т.О. 89

СУЧАСНИЙ СТАН СТАНДАРТИЗАЦІЇ СТЕБЕЛ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО
Тіхосова Г.А., Князєв О.В., Надєєва Т.М. 93

ЧОМУ ПРИ ЗБЕРІГАННІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ПОКАЗНИК КЛЕЙКОВИНИ ЗМЕНШУЄТЬСЯ?
Яковенко А.І., Борта А.В. 96

ТЕРМИЧЕСКАЯ И ТЕПЛОВАЯ ОБРАБОТКА ЗЕРНА
Лебедев Д.П., Карташов С.Г. 99

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ СУШІННЯ НЕРУХОМОГО ШАРУ ЗЕРНА В ЕЛЕКТРОМАГНІТНОМУ ПОЛІ
Бурдо О.Г., Яровий І.І., Ружицька Н.В. 101

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ПОТОКОВ ГАЗА И ТЕПЛОТЫ В ШАХТНЫХ ЗЕРНОСУШИЛКАХ
Андрианов Н.М., Дубков А.М. 105

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ОБРОБКИ ЗЕРНА З МЕТОЮ ПОКРАЩЕННЯ ЙОГО ПОЖИВНОЇ ЦІННОСТІ
Кудашев С.М., Лукіна Г.Д., Пушкар Т.Д. 109

ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ІНФРАЧЕРВОНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ У МЕТОДАХ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЛЛЯНОЇ СИРОВИНИ
Толмачов В.С., Кузьміна Т.О., Чермошенцева К.М. 113

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА В ГЕРМЕТИЧНИХ УМОВАХ
Шаповаленко О.І, Дмитрук Є.А., Шаран А.В., Грегірчак Н.М., Штика Я.А., Чернишевич О.І. ... 116

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ ЗЕРНА ВІТЧИЗНЯНИХ ЗЕРНОСУШАРОК ЗМЕНШЕННЯМ ОПОРУ ВНУТРІШНЬОКАПІЛЯРНОЇ ДИФУЗІЇ ВОЛОГИ
Гапонюк І.І. 122

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВА ІНТЕСИФІКАЦІЯ СЕПАРУВАННЯ ЗЕРНОВОЇ СУМІШІ ПІДВИЩЕНОЇ ВОЛОГОСТІ
Гапонюк І.І., Шаповаленко О.І. 130

АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МИКРОВОЛІНОВОЙ, КОНВЕКТИВНОЙ И КОМБИНИРОВАННОЙ СУШКИ ЗЕРНА
Дементьева Т.Ю. 139

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ДАННЫХ ПО СУШКЕ ПЛОТНОГО СЛОЯ ЗЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА
Календерьян В.А., Бошкова И.Л., Волгушева Н.В. 143

НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СИСТЕМИ МАШИН ДЛЯ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ І ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА
Кирпа М.Я. 147

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ЗЕРНОВОЇ МАСИ ПРИ ЗАПОВНЕННІ МЕТАЛЕВИХ СИЛОСІВ
Будюк Л.Ф., Страхова Т.В., Стебловська А.В., Шпак В.М. 151

ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЖМЫХА КУКУРУЗНОГО ЗАРОДЫША В КОМБИКОРМАХ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ
Подобед Л.И. 154

РОЗДІЛ 2
ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ СБИВНОГО БЕЗДРОЖЖЕВОГО ТЕСТА ДЛЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРОЛОНГИРОВАННОГО СРОКА ГОДНОСТИ
Магомедов Г.О., Пономарева Е.И., Рязанова Л. Ю., Прибыткова О. В. 160

РОЗРОБКА НОВИХ ВИДІВ БЕЗБІЛКОВИХ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ
Дробот В.І., Грищенко А.М. 164

ПРУЖНО-ЕЛАСТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КЛЕЙКОВИНИ ТІСТОВОГО НАПІВФАБРИКАТУ НА ОСНОВІ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ КОМПОЗИЦІЙ
Кравченко М.Ф., Демічковська М.П. 167

ЭКСТРУДИРОВАННЫЕ ТЕКСТУРАТЫ – НОВЫЙ ВИД БЕЛКОВЫХ ДОБАВОК
Остриков А.Н., Василенко В.Н., Татаренков Е.А., Копылов М.В. 170

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЯЧМЕНЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕЧЕНЬЯ И ПРЯНИКОВ
Новожилова Е.С., Рукшан Л.В. 173

ВПЛИВ ІНТЕНСИВНОЇ ВОДНО-ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ НА ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТІСТА
Сафонова О.М., Полудненко О.О., Дугіна К.В., Юферов В.Б., Озеров О.М. 178

НОВІ АРОМАТИЗАТОРИ У ВИРОБНИЦТВІ ЛЬОДЯНИКОВОЇ КАРАМЕЛІ
Фролова Н.Е, Українець А.І., Усенко В.О. 181

ПОЖИВНА ЦІННІСТЬ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ
Пересічний М.І., Пересічна С.М., Пахомська О.В. 185

ВЛИЯНИЕ УГЛЕВОДНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ НА СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ ЖЕЛЕЙНЫХ МАСС
Иоргачева Е.Г., Аветисян К.В., Толстых В.Ю. 190

ВИКОРИСТАННЯ ДІЄТИЧНОЇ ДОБАВКИ «ШРОТ ЗАРОДКІВ ПШЕНИЦІ ХАРЧОВИЙ» ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА
Кравченко О.І., Лисюк Г.М., Олійник С.Г., Карпенко П.О. 195

ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА НА ХМЕЛЕВИХ ЗАКВАСКАХ
Рак В.П., Ірха Ю.О., Юрчак В.Г. 200

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СМЕШИВАНИЯ ТЕСТООБРАЗНИХ МАСС ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА
Пшенишнюк Г.Ф., Павловский С.Н. 204

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ БІЛКОВО-РОСЛИННОГО НАПІВФАБРИКАТУ У ВИРОБНИЦТВІ КРЕМУ ВЕРШКОВОГО
Гніцевич В.А., Федотова Н.А. 209

ВПЛИВ СПІВВІДНОШЕННЯ РЕЦЕПТУРНИХ КОМПОНЕНТІВ НА РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕМУЛЬСІЇ ДЛЯ ПІСОЧНОГО ТІСТА
Гордієнко Л.В., Жидецька І.В. 214

ПОЖИВНА ЦІННІСТЬ КРУП'ЯНИХ СТРАВ З ДІЄТИЧНИМИ ДОБАВКАМИ ГЕРОДІЄТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ
Пересічний М.І., Пересічна С.М., Калашнік Ю.І. 218

УДОСКОНАЛЕННЯ РЕЦЕПТУРИ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ ЛІКУВАЛЬНО-ПРОФІЛАКТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ІЗ ЗАМОРОЖЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ
Солоницька І.ВПшенишнюк Г.Ф., Студентова І.В. 221

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА НАМОЧУВАНІСТЬ ВИРОБІВ ІЗ ПІСОЧНОГО ТІСТА
Столярчук В.М. 226

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСТРАКТОВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ
Лебеденко Т.Є, Кананыхина Е.Н., Соколова Н.Ю., Рапита В.Р. 229

ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА КЕКСОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С БЕЗГЛЮТЕНОВЫМИ ВИДАМИ МУКИ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ
Коркач А.В., Величко Т.А., Евдокимова Г.И., Вовк М. 235

ДОСЛІДЖЕННЯ В'ЯЗКОСТІ МОДЕЛЬНИХ СИСТЕМ ДЛЯ «БЕЗБІЛКОВОГО» ТІСТА ЗА ПОКАЗНИКОМ «ЧИСЛО ПАДІННЯ»
Кучерук З.І., Луньова О.С. 240

ВПЛИВ ВОЛОГОТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА НА ХІД ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЗЕРНОВОГО ХЛІБА
Пшенишнюк Г.Ф., Макарова О.В., Іванова Г.С., Ширалієва А.М. 243

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСТРАКТОВ ПРЯНО-АРОМАТИЧЕСКИХ И ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОПЕЧЕНИЯ
Лебеденко Т.ЕДонской Д.М. Новичкова Т.П., Ткаченко Т.З., Соколова Н.Ю. 248

ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО НАПІВФАБРИКАТУ НА ОСНОВІ ЗНЕЖИРЕНОГО МОЛОКА В ТЕХНОЛОГІЇ ОЗДОБЛЮВАЛЬНИХ КРЕМІВ
Гніцевич В.А., Вольнова Н.В. 253

ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БОРОШНЯНО-ЗЕРНОВОЇ СУМІШІ ЗАДАНОГО ХІМІЧНОГО СКЛАДУ
Арсиненко Н.О., Арсеньєва Л.Ю. 257

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СУХАРНИХ ВИРОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ БРОДИЛЬНО-ФОРМУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ
Арсеньєва Л.Ю., Теличкун Ю.С., Зарубіна В.С. 262

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЮПИНОВОЙ МУКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ВЕРМИШЕЛИ
Рукшан Л.В., Кудин Д.А. 267

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЧАТКОВОЇ СТАДІЇ ВЗАЄМОДІЇ КОМПОНЕНТІВ ТІСТА НА ОСНОВІ ПЛАЗМОХІМІЧНО АКТИВОВАНИХ РОЗЧИНІВ
Півоваров О.А., Миколенко С.Ю. 273

РОЗДІЛ 3
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ, ОБЛАДНАННЯ ТА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ

АЛГОРИТМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ВЛАЖНОСТИ ЗЕРНА В ПОТОКЕ ПРИ ЕГО СУШКЕ
Хобин В.А., Гапонюк И.О. 279

НАПРЯМКИ РОЗРОБКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ЗЕРНОПРИЙМАЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ
Гросул Л.Г., Гапонюк О.І., Станкевич Г.М., Мосієнко Г.А., Яцкова Т.Й., Гончарук Г.А. 286

РОЗРАХУНОК НАГНІТАЛЬНИХ ПНЕВМОТРАНСПОРТНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ЗЕРНА ЗА СПРОЩЕНОЮ МЕТОДИКОЮ
Шутенко Є.І. 291

ВЫБОР СТРАТЕГИИ СКЛАДИРОВАНИЯ ЗАПАСОВ
Жуковский Э.И., Чабаров В.А. 293

ВИБРАЦИОННЫЙ СЕПАРАТОР ДЛЯ ТРУДНОСЫПУЧИХ ПРОДУКТОВ ПИЩЕВОЙ И ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
Батт А.В., Чумаченко Ю.Д. 297

РАЗРАБОТКА ЛИНИИ ПРОЦЕССА СУШКИ ФОСФАТИДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ПОДСОЛНЕЧНЫХ МАСЕЛ
Алтайулы С. 301

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ОБЖАРОЧНЫЕ АППАРАТЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ
Шевцов А.А., Ткачев А.Г., Острикова Е.А. 304

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТЫ ОБЪЁМНЫХ ДОЗАТОРОВ РИСА ДРОБЛЕННОГО
Заплетников И.Н., Владимиров С.В. 310

КЛАССИФИКАЦИЯ ГЕНЕРАТОРОВ ПО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ПОТОКАМ
Вишневский Л.В., Козырев И.П. 314

ИДЕНТИФИКАЦИЯ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА
Вишневский Л.В., Дао Минь Куан....318

МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОДСИСТЕМ СБОРА ДАННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ
Деркунская В.О., Доронина Ю.В. 321

НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ПЛАМЕНИ В ИДЕАЛЬНОЙ СЖИМАЕМОЙ СРЕДЕ И ПЕРЕХОД МЕДЛЕННОГО ГОРЕНИЯ ВО ВЗРЫВ
Волков В.Э. 325

О КОРРЕКТИРОВКЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА В СТОРОНУ ОПЕРЕЖЕНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ЕГО ОБРАТНОЙ МОДЕЛИ
Клименко А.К. 333

МОДЕЛЮВАННЯ СЦЕНАРІЇВ МАЙБУТНІХ ПОДІЙ НА ОСНОВІ СЕМАНТИЧНИХ МЕРЕЖ ТА СИТУАЦІЙНОЇ ЛОГІКИ
Макуха М.П. 339

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДИФФУЗИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ПРИ ПОСТРОЕНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ХРАНЕНИЕМ ЗЕРНА
Поливода В.В. 346

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СИНТЕГРАНА
Савельева О.С., Панова Т.М., Андросюк А.В. 351

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДОЗИРОВАННОГО НАЛИВА НЕФТЕПРОДУКТА В АВТОЦИСТЕРНЫ
Синеглазов В.М., Иванова А.М. 355

МНОГОМЕРНАЯ МОДЕЛЬ БРАГОРЕКТИФИКАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ КОСВЕННОГО ДЕЙСТВИЯ
Стопакевич А.А. 360

ГРАФО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ОБУЧЕНИЕМ
Мазурок Т.Л. 365

РОЛЬ ПОВТОРНОГО ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ
Плачинда О.Е., Становский А.Л., Бибик Т.В. 372

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ В СИСТЕМЕ АНАЛИЗА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ СФЕРЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
Христиановский В.В., Бабосюк Н.А. 377

ИМИТАЦИОННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ЭКСТРУДИРОВАНИЯ БИОПОЛИМЕРОВ КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ
Хобин В.А., Егоров В.Б. 386

АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ТРАНСПОРТИРУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ НА ЗЕРНОВЫХ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ С ЦЕЛЬЮ ЕГО ДАЛЬНЕЙШЕГО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
Амбарцумянц Р.В., Орлова С.С. 399

КОМПЛЕКСНЫЙ КРИТЕРИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ШЕЛУШЕНИЯ МАШИН УДАРНО ФРИКЦИОННОГО ДЕЙСТВИЯ
Гапонюк О.И., Шевченко П.И., Шипко И.М. 406

РОЗДІЛ 4
СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ЗЕРНОПЕРЕРОБНОЇ ГАЛУЗІ

РЕАЛІЗАЦІЯ СТРАТЕГІЙ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВ ЗЕРНОПЕРЕРОБНОЇ ГАЛУЗІ В УМОВАХ НЕСТАБІЛЬНОСТІ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА
Шевченко З.І., Седікова І.О. 412

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ
Котлик С.В., Малых Е.С. 418

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ІНТЕГРАЦІЇ ТА КОНЦЕНТРАЦІЇ В ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ
Скопенко Н.С., Стретович О.А. 420

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ КАПІТАЛ ЯК ТРАНСФОРМОВАНИЙ РЕСУРС ІННОВАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ
Федулова І.В. 425

РОЛЬ ЗЕРНОВОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ
Басюркіна Н.Й. 431

Наукове видання

НАУКОВІ ПРАЦІ

В И П У С К 38 ТОМ 1

Головний редактор, д-р техн. наук Б.В.Єгоров
Заст. головного редактора, д-р техн. наук Л.В.Капрельянц
Відповідальний редактор, д-р техн. наук Г.М. Станкевич
Технічний редактор Т.Л.Дьяченко

Збірник засновано в Одесі у 1937 р. Відновлено з 1994 р.
Реєстраційне свідоцтво КВ № 12577-1461 ПР
від 16.05.2007 р. Видано Міністерством юстиції України

Підписано до друку 6.09.2010 р. Формат 60×84/8. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 22,1. Тираж 100 прим. Замовлення 327.

Віддруковано ФОП Попова Н.М., м. Одеса, вул. Варненська, 1/1

РОЗДІЛ 1

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ І ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНА, ВИГОТОВЛЕННЯ ЗЕРНОВИХ ВИРОБІВ ТА КОМБІКОРМІВ

УДК 633.1:636.085.55.66

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ КОРМОВОЇ ЦІННОСТІ ЗЕРНА ШЛЯХОМ ДРІЖДЖУВАННЯ ТА ЕКСТРУДУВАННЯ

Єгоров Б.В., д-р техн. наук, професор, Давиденко Т.М., канд. техн. наук, асистент
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

У цій статті розглянуто можливість підготовки зернової сировини при виробництві комбікормів для сільськогосподарських тварин. Вивчено вплив процесу дріжджування на підвищення кормової цінності концентрованих кормів.

In given article examination possibility preparation the grain raw material of the feed industry for the agricultural animals. Study of research of process yeasting grain on the increase of the feed value the concentrated feed.

Ключові слова: зерно пшениці, дріжджування, концентрований корм, білок, ферментативна обробка, хлібопекарські пресовані дріжджі.

Враховуючи загострення білкової проблеми, актуальним завданням комбікормової промисловості сьогодні є пошук способів підвищення кормової цінності зернової сировини. Такі способи, як вологотеплова обробка, обробка ферментативними препаратами та ін. [1, 2] набули широкого застосування, проте вони підвищують ефективність використання білка, який міститься в зерновій сировині, а не сприяють зростанню його вмісту. Єдиним способом, який дозволяє підвищити вміст білка в зерні та покращити його амінокислотний склад, є дріжджування [3, 4]. Незважаючи на те, що цей спосіб давно відомий, широкого застосування він не набув через необхідність сушіння кінцевого продукту високої вологості [4]. Розвиток сучасних технологій екструдування зерна створює передумови широкого запровадження високоефективного способу підвищення кормової цінності зерна шляхом дріжджування при виробництві комбікормів, у першу чергу для молодняку сільськогосподарських тварин.

Тому метою дослідження є підвищення кормової цінності зернової сировини у складі комбікормів шляхом дріжджування осолодженого зерна пшениці та екструдування його у суміші з необробленим зерном.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання дослідження:

– обґрунтувати запропоновану схему технологічного процесу виробництва екструдованого зерна підвищеної кормової цінності;

– розробити технологію виробництва комбікормів на основі зерна підвищеної кормової якості;

– визначити біологічну ефективність удосконаленої технології підвищення кормової цінності зерна пшениці при виробництві комбікормів для молодняку сільськогосподарських тварин.

При удосконаленні технології підготовки зернової сировини при виробництві повноцінних комбікормів для сільськогосподарських тварин одним із завдань було отримання зернової сировини підвищеної кормової цінності. Основною технологічною операцією при виробництві зернової сировини підвищеної якості є процес дріжджування. Недоліком дріжджованого кормового зерна є висока вологість такого зерна, що унеможливлює його зберігання та призводить до здорожіння перевезень. Для створення можливості переробки та зберігання такого зерна необхідно забезпечити зниження його високої вологості. Адже відомо, що при вологості зерна вище 13 % очевидна вірогідність ураження його плісенню, яка продукує мікотоксини, небезпечні для здоров'я тварин.

На підставі проведеного аналізу відомих технологій підвищення кормової цінності зерна та виявлених проблем у технології його виробництва запропоновано удосконалену технологію підготовки зернової сировини при виробництві комбікормів для сільськогосподарських тварин, блок-схему якої наведено на рис. 1.

У відповідності зі схемою, передбачено такі заходи для вдосконалення технології підвищення кормової цінності кормового зерна – дріжджування та подальше екструдування збагаченої зернової суміші.

Дріжджування кормового зерна – це складний біохімічний процес, на початковому етапі якого зернову сировину очищують, подрібнюють до дрібного модуля крупності. Ефективність рощеплення полісахаридів залежить від крупності розмелу зерна. Чим більш подрібнене зерно, тим ферменти солоду мають більший доступ до полісахаридів зернової сировини. Підготовлене зерно та солод дозують і направляють у солодовню для рощеплення полісахаридів крохмалевмісної сировини. Кількість солоду рекомендується 2 % від кількості зернової суміші, яка підлягає ферментативному гідролізу [5]. Проведені екс-

перименталні дослідження показали, що найбільш сприятливим для вирощування хлібопекарських пресованих дріжджів виду *Saccharomyces cerevisiae* є осолоджене зерно пшениці при гідромодулі 1,5:8,5.

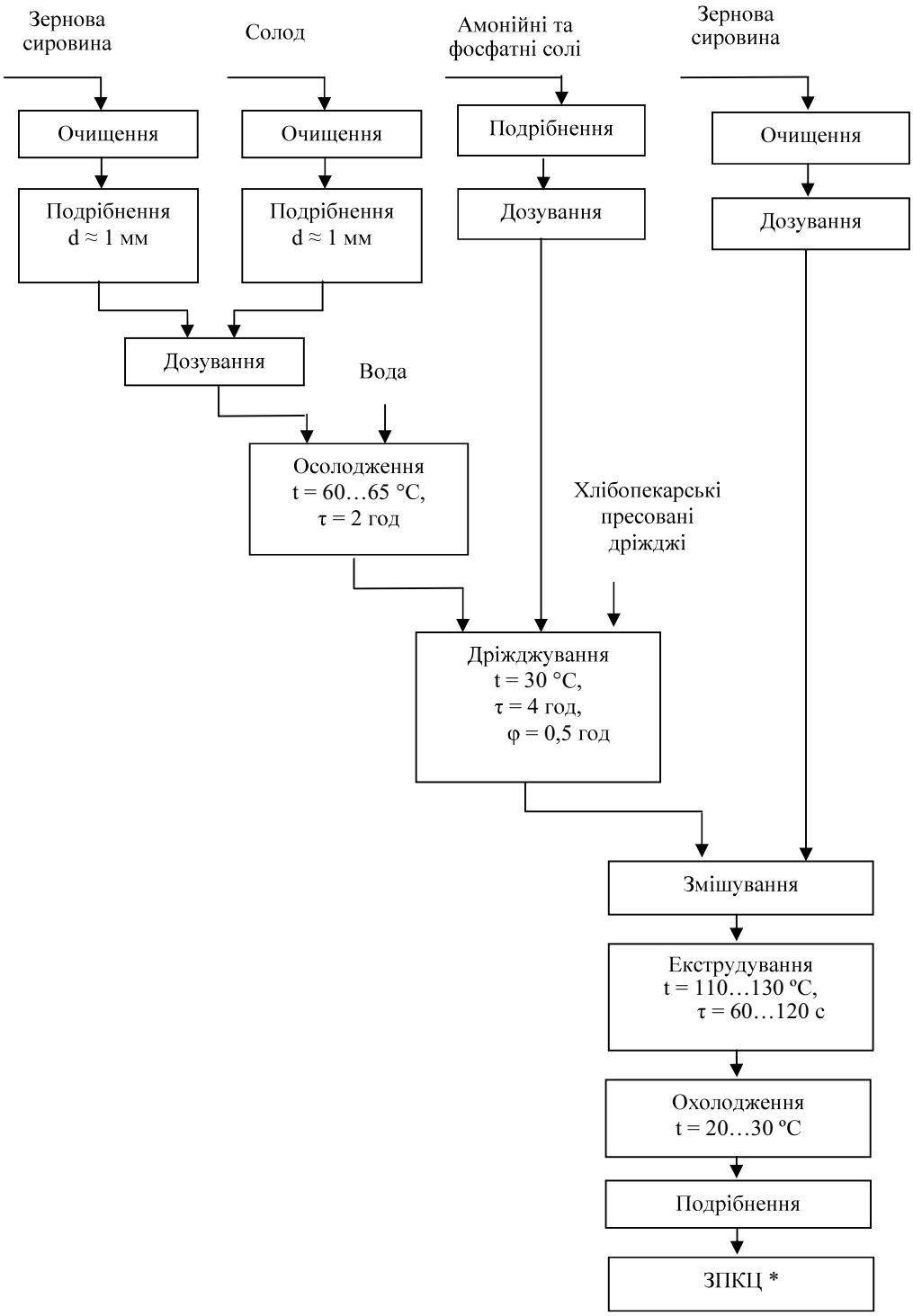


Рис. 1 – Функціональна схема нового технологічного способу підвищення кормової цінності зерна для годівлі сільськогосподарських тварин

* Примітка: ЗПКЦ – зерно підвищеної кормової цінності

Осолодження кормового зерна проводять у солодовні при температурі 60…65 °С протягом 2 годин, тому що накопичення редукуючих речовин найбільш інтенсивно проходить протягом перших двох годин. Отриманий гідролізат кормового зерна подають у ферментер, який є основою для вирощування дріжджів. У ферментер також подають амонійні та фосфатні солі з розрахунку г/л: сульфат амонію – 5,0; дегідрофосфат калію – 0,85; гідрофосфат калію – 0,15; сульфат магнію – 0,5; хлорид натрію – 0,1; хлорид кальцію – 0,1, а також хлібопекарські пресовані дріжджі в кількості 10 г/л.

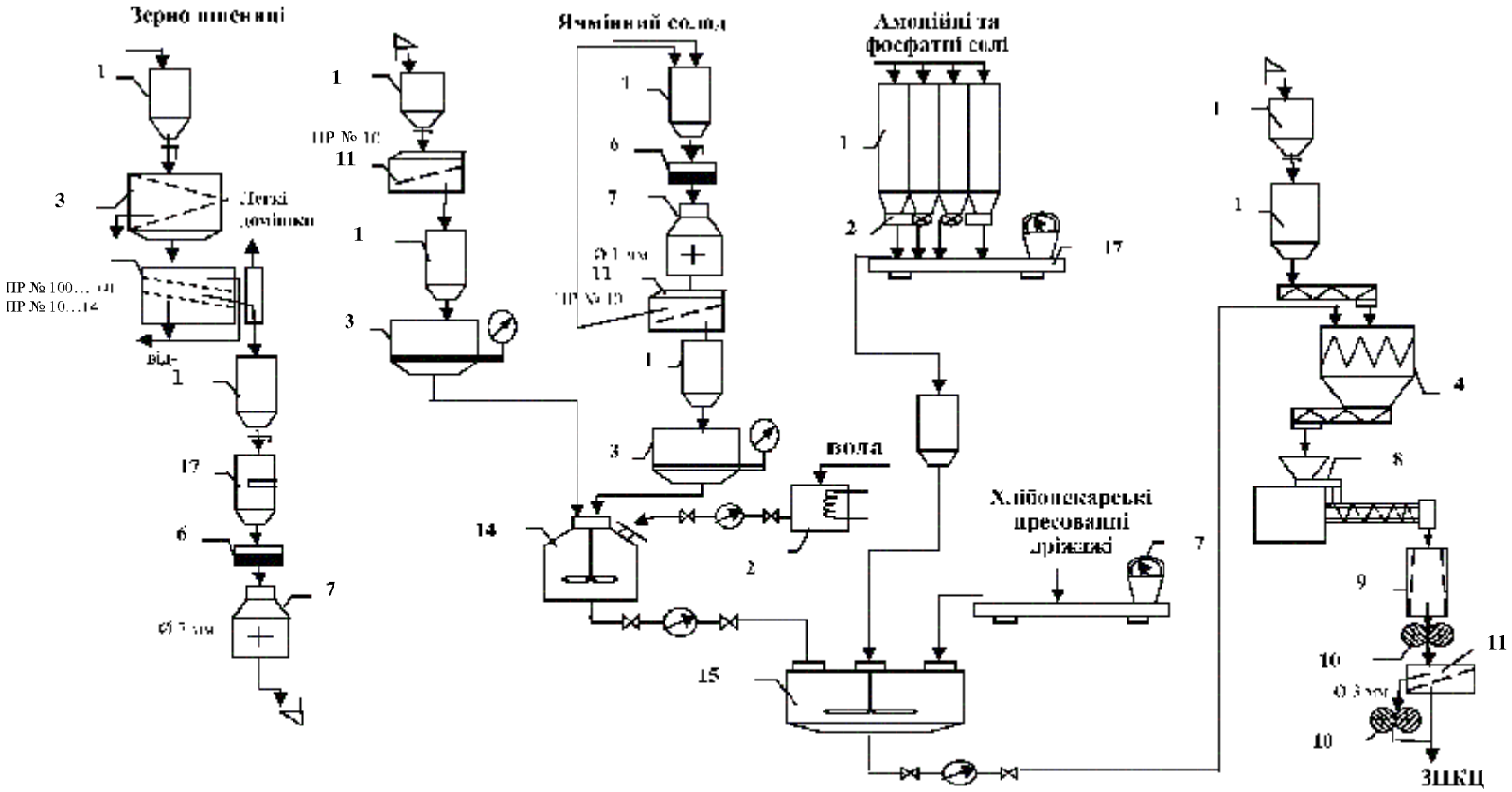
Дріжджування гідолізату кормового зерна проводять при температурі 30 °С протягом 4 годин при постійному перемішуванні кожні 0,5 години. В результаті дріжджування отримано збагачену зернову сировину високої вологості, яку самостійно екструдувати не можна. Для створення можливості переробки та зберігання такого зерна необхідно забезпечити зниження його високої вологості. Тому в подальшому для зниження вологості необхідно використовувати процес екструдування, який на сьогодні є менш енерго- та трудомістким процесом. Звичайно, дріжджоване зерно самостійно екструдувати не можна за рахунок високої вологості, необхідно створити суміш, яка буде збагачена цим зерном. Дріжджоване зерно пшениці змішують з цілим зерном, щоб запобігти клейстеризації та виникненню в'язкоплинного стану, що може призвести до спікання зерна в екструдері. Змішують у змішувачі протягом 2 годин при температурі 18 °С (даний експеримент був поставлений в осінній період року) при перемішуванні кожні 0,5 години. Зволожену зернову сировину подають в екструдер. Екструдують при температурі 120 °С та тискові 2…3 МПа. Потім охолоджують, подрібнюють у дробарці, в якій встановлено сито Ø 5 мм, щоб отримати розмір подрібненого зерна 3 мм. Крупність подрібненого зерна саме така, в подальшому передбачається використовувати для молодняка сільськогосподарських тварин – поросят, за ДСТУ схід з сита діаметром 3 мм не повинен перевищувати 5 %.

Процес підвищення кормової цінності зерна при виробництві повноцінних комбікормів для сільськогосподарських тварин необхідно здійснювати за представленою принциповою схемою технологічного процесу (рис. 2). Підготовку зернової сировини передбачали в суміші у відповідності до Правил організації та ведення технологічного процесу. На основі наведеної схеми очищення зернової сировини від некормових відходів та металомагнітних домішок проводили у скальператорі 13 та зерноочисному сепараторі 5 марки А1–БІС–12, в якому встановлено дві ситові рами – верхня полотно решітне №100…160, нижня – полотно решітне №10…14 та на магнітній колонці 6 марки У1–БММ. Очищену суміш зернових компонентів здрібнювали на молотковій дробарці 7 марки А1–ДМ2Р–22, в якій встановлено сито з отворами Ø 3мм. Контроль щодо крупності проводили в просіювачі 11 марки А1–ДМП–10, в якому встановлено сито полотно решітне №10. Проходову фракцію направляли на багатокомпонентний дозатор 3 марки 5ДК–500 та в солодовню 14, а сходову фракцію – на повторне здрібнення в молотковій дробарці.

Осолодження зерна проводили в солодовні 14, в яку подають підготовлене зерно та ячмінний солод. Солод також подрібнювали в молотковій дробарці 7 марки А1–ДМ2Р–22. Для більшої доступності ферментів солоду до полісахаридів зернової сировини. Контроль за крупністю проводили в просіювачі 11 марки А1–ДМП–10, в якому встановлено сито полотно решітне №10. Проходову фракцію направляли на багатокомпонентний дозатор 3 марки 5ДК–500 та в солодовню 14, а сходову фракцію – на повторне здрібнення в молотковій дробарці. В солодовню 14 також подавали воду, температура якої 60…65ºС, та осолоджують протягом 2 годин. Отриманий гідролізат із солодовні 14 насосом перекачується у ферментер 15 марки 5000. Для ефективного процесу дріжджуваня у ферментері 15 необхідно створити всі умови та ввести необхідний склад інгредієнтів для швидкого накопичення біомаси дріжджів. Згідно з рецептурою у ферментер 15 подавали амонійні та фосфатні солі (сульфат амонію, дегідрофосфат калію, гідрофосфат калію, сульфат магнію, хлорид натрію, хлорид кальцію), а також хлібопекарські пресовані дріжджі виду *Saccharomyces cerevisiae* (Одеські південні дріжджі). Дріжджували протягом 4 годин, у результаті отримали дріжджоване зерно пшениці з вологістю 85 % та вмістом сирого протеїну 25 %.

Дріжджоване зерно високої вологості використовували на етапі зволоження в процесі екструдування замість води. Тому основне зерно, яке буде необхідно екструдувати, очищують від грубих домішок у скальператорі 2, а потім у сито-повітряному сепараторі 3 для виділення крупних та легких домішок, а також дрібної фракції зерна. Дріжджоване зерно та очищене ціле зерно у співвідношенні 15 % до 85 % відповідно направили на основну лінію дозування і змішування. При такому співвідношенні отримали зернову суміш з вологістю не більше 25 %, з урахуванням того, що в процесі екструдування продукт може втрачати до 50 % вологи від початкового рівня, а також питомі витрати електроенергії при екструдуванні зернової суміші такого співвідношення найнижчі. В результаті змішування у змішувачі 4 марки А9–ДСГ–0,5 отримуємо зернову суміш, збагачену дріжджованим кормовим зерном, яке подається в прес–екструдер 8 марки Е–1000.

Екструдування зволоженого зерна проводили на прес-екструдері Е-1000 при таких режимах: середньозважена вологість зерна 22…24 %, тиск у робочій зоні екструдера 2…3 МПа, споживана потужність



1–бункер, 2– живильник, 3– багатокомпонентний ваговий дозатор 5ДК–500, 4– гнотуючий А9–ДСГ–0,5, 5–зерноочисний сепаратор А1–БІС–12, 6–магнітний сепаратор У1–БММ, 7–молоткова дробарка А1–ДМ2Р–22, 8– прес–екструдер Е–1000, 9–охолоджувальна колонка Б6–ДГВ/ІІ, 10–валковий здрібнювач, 11–просіювач А1–ДМП–10, 12–відігрівач води, 13–скальператор, 14–солодовня, 15–ферментер Bio-Flow 5000, 16–транспортер, 17–вага.

Рис. 2 – Принципова схема технологічного процесу підвищення кормової цінності зерна при виробництві повноцінних комбікормів для сільськогосподарських тварин

електродвигуна 3,5…4,0 кВт, температура на виході з екструдера 90…100 ºС, діаметр отвору матриці 10 мм. Охолодження проводили у вертикальному охолоджувачі 12 до температури, що не перевищує температуру навколишнього середовища більшу ніж 15 ºС. Отриманий екструдат контролювали за крупністю у просіювачі 5. В результаті отримали ЗПКЦ з вологістю 11,8 %, вмістом сирого протеїну 12,3 % та терміном зберігання 3 місяці.

Згідно з розробленою технологічною схемою в лабораторних умовах кафедри технології комбікормів Одеської національної академії харчових технологій було вироблено дослідну партію ЗПКЦ.

Ефективність удосконаленої технології визначають згідно з даними вивчених фізичних властивостей, хімічного складу та поживної цінності комбікормів, а також за продуктивністю та ростостимулюючою їх дією при контрольній годівлі лабораторних тварин.

Загальну поживну цінність комбікормів та ефективність удосконаленої технології визначали за допомогою біологічної оцінки, яка характеризується кінцевим продуктом годівлі, тобто повноцінною, продуктивною дією – покращенням фізіологічного стану тварин, підвищенням приростів маси та зниженням витрат корму при годівлі.

Таблиця 1 – Склад комбікормів для молодняку свиней масою 10…35 кг

Компонент	Склад, %
Кормовий концентрат лізину	2,0
Зерносуміш екструдована	20,0
Пшениця	10,0
Ячмінь лущений	20,0
Кукурудза	20,8
Шрот соєвий СП 44%	15,0
Шрот соняшниковий СП 30%	5,45
Мука рибна СП 65%	4,0
Сіль кухонна	0,1
Монокальцій фосфат	0,5
Крейда кормова	1,15
Премікс	1,0
Усього	100

Для проведення біологічної оцінки ефективності комбікормів було проведено експеримент in vivo на лабораторних тваринах. Для цього на базі лабораторії біохімії Інституту стоматології АМН України було сформовано дві групи білих лабораторних щурів із середньою живою масою 230 г. Для годівлі щурів використовували комбікорм для свиней живою масою 10…35 кг, рецепт якого наведено в таблиці 1.

У раціоні контрольної групи використовували комбікорм та екструдоване зерно пшениці у співвідношенні 1:1, зволожене водою, у раціоні дослідної групи – комбікорм та екструдоване зерно пшениці у співвідношенні 1:1, збагачене дріжджованим зерном пшениці.

Дослід проводився протягом 14 днів.

Продуктивну дію комбікормів оцінювали за приростами маси щурів та конверсією корму (рис. 3 та рис. 4).

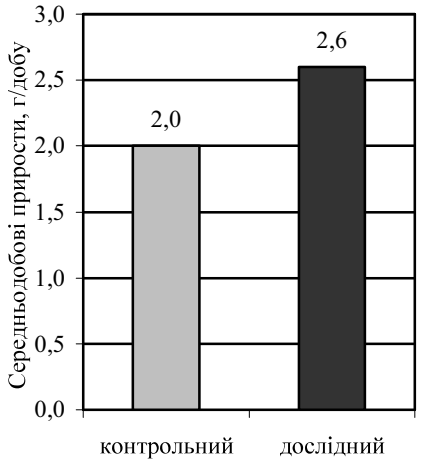


Рис. 3 – Середньодобові прирости маси щурів контрольної та дослідної групи

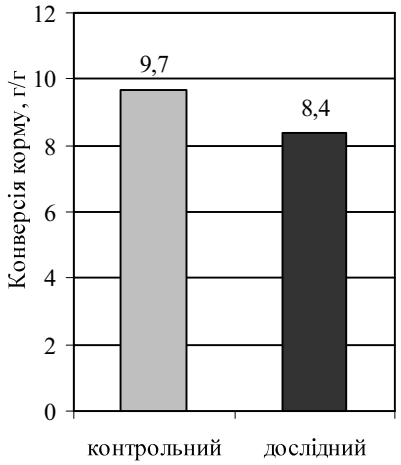


Рис. 4 – Конверсія корму в контрольній та дослідній групі

Середньодобові прирости живої маси щурів у контрольній групі склали 2,0 г/добу, а в дослідній групі – 2,6 г/добу, що на 23,1 % більше, ніж у контрольній.

Витрати корму на грам приросту живої маси щурів контрольної групи склали 9,7 г/г, а в дослідній групі – 8,4 г/г, що на 15,5 % менше, ніж у контрольній.

На основі отриманих даних можна зробити такі висновки.

Розроблено принципову схему технологічного процесу виробництва зерна пшениці підвищеної кормової цінності, яка передбачає очищення та подрібнення зерна пшениці до розміру частинок не більше 1 мм, проведення осолодження подрібненим ячмінним солодом при температурі 60 ºС протягом 2 годин, дріжджування – при температурі 30 ºС, pH-середовищі 4,5…5,5, безперервному перемішуванні та наявності необхідних амонійних та фосфатних солей. Отримане дріжджоване зерно пшениці з вологістю 85 % змішують з необробленим зерном пшениці у співвідношенні від 10:90 до 20:80 і подають на лінію екструдування. Екструдування здійснюють при температурі 110…130 ºС та тискові пари 2…3 МПа. Оброблене зерно охолоджують до температури не вище 10 °С навколишнього середовища і подрібнюють до крупноти, передбаченої відповідним рецептом комбікорму.

Біологічна оцінка, проведена на лабораторних тваринах, свідчить, що комбікорм, збагачений екструдованим зерном підвищеної кормової цінності, має високу біологічну цінність (середньодобовий приріст живої маси в дослідній групі на 23,1 % вищий, ніж у контрольній, питомі витрати комбікормів на приріст живої маси в дослідній групі на 32,6 % менші, ніж у контрольній).

Література

1. Петриченко, В. Від повнораціонних комбікормів лише вигода [Текст] / В. Петриченко // Зерно і хліб. – 2004. – №3. – С. 10 – 11.
2. Пахучий, В.М. Раціонально використовувати корми [Текст] / В.М. Пахучий, І.П. Безуглий, Л.Я. Адміна. – Х.: Прапор, 1965. – 56 с.
3. Околелова, Т. Новое в использовании подсолнечного жмыха в комбикормах для птицы [Текст] / Т. Околелова, С. Молоскин // Комбикорма. – 2002. – № 3. – С. 50 – 51.
4. Калунянц, К.А. Применение продуктов микробиологического синтеза в животноводстве [Текст] / Калунянц, К.А., Ездаков Н.В., Пивняк И.Г. – М.: Колос, 1980. – 288 с.
5. Кислухина О.В. Ферменты в производстве пищи и кормов. – М.: ДеЛи принт, 2002. – 336 с.

УДК 636.73(075.8)

АНАЛІЗ РИНКУ КОМБІКОРМІВ ТА БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН ДЛЯ ЇХ ЗБАГАЧЕННЯ

Макаринська А.В., канд. техн. наук, доцент, докторант
Одеська національна академія харчових технологій

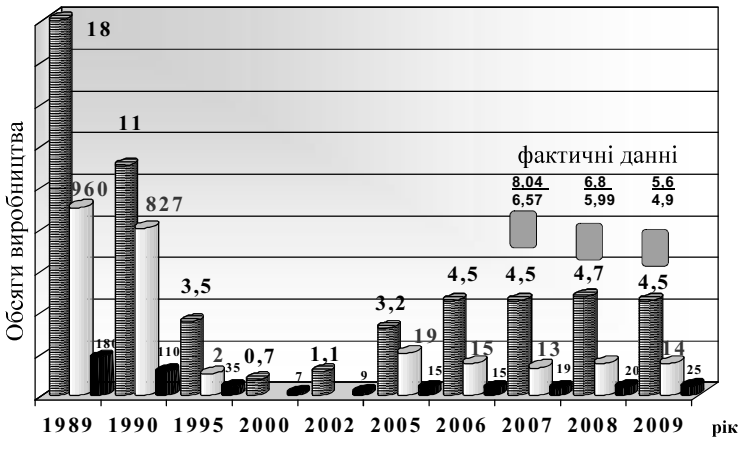
В матеріалах статті наведені данні обсягів виробництва та структури комбікормів в Україні, обсяги імпорту та компанії-постачальники кормових добавок та біологічно активних речовин для збагачення комбікормів.

In materials of article the resulted data of volumes of manufacture and structure of mixed fodders in Ukraine, volumes of import and companies-suppliers of fodder additives and biologically active substances for enrichment of mixed fodders.

Ключові слова: комбікорм, премікс, вітаміни, ферменти, амінокислоти, обсяги виробництва.

Рівень розвитку економіки, аграрного і тваринницького секторів, чисельності поголів'я сільськогосподарських тварин, птиці та риби безпосередньо впливає на попит та пропозиції у сфері виробництва комбікормової продукції. Гарантією випуску якісної та безпечної тваринницької продукції в умовах індустріального виробництва є застосування повнораціонних комбікормів з використанням збагачувальних сумішей: білково-вітамінних, білково-мінерально-вітамінних добавок (БВД, БВМД) і премікcів.

Згідно з офіційними даними обсяги виробництва комбікормів в Україні за останні п'ять років стабілізувалися і становлять (4,5–4,7) млн. т на рік, однак за неофіційною статистикою безпосередньо виробників комбікормів фактичні обсяги виробництва на (2,0–2,5) млн. т більше (рис. 1).



– комбікорми (млн. т); *– БВД (тис. т),* *– премікси (тис. т)*

Рис. 1 – Виробництво комбікормової продукції в Україні

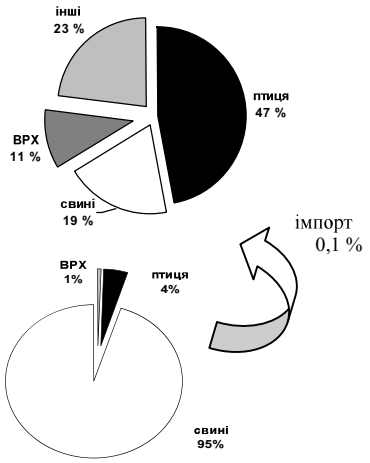


Рис. 2 – Структура комбікормів в Україні (2009)

У структурі виготовлюваних в Україні комбікормів найбільший сегмент припадає на комбікорми для сільськогосподарської птиці та становить 47 %, що пов'язано з умовами конверсії та найменшими витратами кормів, 19 % – на комбікорми для свиней, 11 % – для ВРХ та 23 % – комбікорми для інших видів тварин та птиці (рис. 2). У той самий час потреби вітчизняного тваринництва додатково задовольняються і за рахунок імпорту повнораціонних комбікормів. Дефіцит комбікормів за рахунок імпорту у 2009 році склав 0,10 % (4590 т) від заявленого виробництва (4,7 млн. т). За даними митної служби України, основними імпортерами комбікормів в Україну в 2009 році були компанії: "PROVIMI" (3714,76 т), Trouw Nutrition Hifeed B.V. (419,82 т), "LNB Poland" Sp.z o.o. (179,27 т), "VITAMEX N.V." (118,00 т), Bernhard Kreiling GmbH & Co. (74,00 т), Nutreco (42,00 т), Raiffeisen Eco Line GmbH (40,00 т), Vitfoss (2,16 т). Найбільший сегмент – 95 % імпортованих комбікормів складають комбікорми для свиней у вигляді блендів.

Виробництво повнораціонних комбікормів, БВД та БМВД обов'язково передбачає застосування premіксів. Премікси – однорідна суміш здрібнених до необхідної крупності біологічно активних речовин (БАР) (вітаміни, мікроелементи, амінокислоти, ферменти та інші препарати БАР) і наповнювача, які виготовляються за науково обгрунтованими рецептами і застосовуються для збагачення комбікормів, кормових сумішей, БВД та інших кормових добавок.

Гарантією виробництва високоякісної premіксової продукції в першу чергу є застосування якісної сировини. В даний час виробництво premіксів в Україні здійснюється тільки за рахунок імпорту кормових препаратів БАР, крім того внутрішні потреби тваринництва в БАР також задовольняються за рахунок імпорту готових premіксів, БВД та БМВД. За офіційними даними митної служби України, у 2009 році на територію України було імпортовано 57,05 тис. т різних видів кормових добавок на суму понад 588,4 млн. грн. (рис. 3). Серед імпорту в Україну БВД (біля 32,4 тис. т) найбільша частка припадає на добавки для свиней (78 % – понад 25,1 тис. т) (рис. 4), які в основному представлені у виді блендів польського і чеського виробництва, наприклад, "PROVIMI-POLSKA" (9079,02 т), LNB Poland Sp.zo.o. (8376,05 т), DOSSCHE Sp.zo.o. (3640,875 т), FARMER (2400 т), Wytwornia Pasz Wipasz Sp.z.o.o. (2383,75 т) та ін.

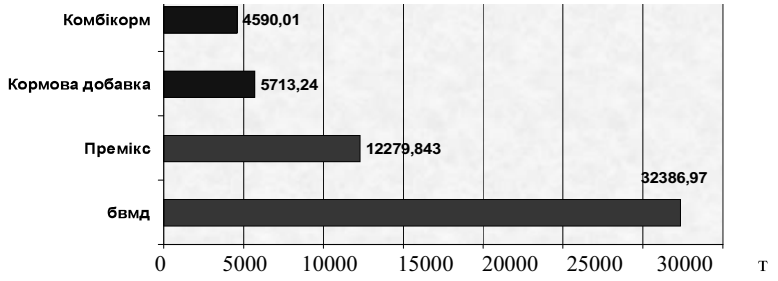


Рис. 3 – Структура імпорту комбікормової продукції в Україну в 2009 році

*(Примітка: * - тут і далі за офіційними даними митної служби України)*

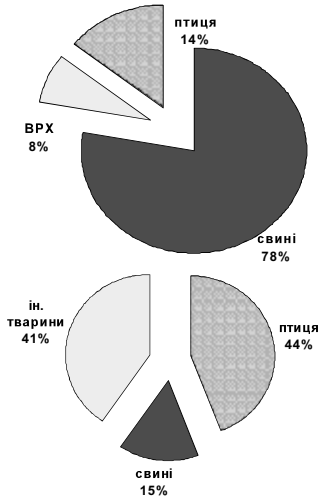


Рис. 4 – Частка імпорту БВД (БВМД) та преміксів в Україну в 2009 році*

Слід зазначити, що більшість цих добавок за результатами незалежної експертизи кормовиробників та споживачів комбікормової продукції не завжди відповідають якості, заявленій у супровідних сертифікатах, а деякі містять заборонені речовини – антибіотики, гормональні препарати та стимулятори росту.

Таблиця 1 – Компанії-імпортери преміксів в Україну*

№	Назва компанії	т
1	AGROFEED	2908,00
2	"DSM Nutritional Products Sp.z.o.o."	1565,10
3	'Агрофід ЛТД'	1480,00
4	"Salvana international GmbH"	1392,75
5	Trouw Nutrition Hifeed B.V.	798,76
6	Schaumann Agri Austria GbbH & Co.	497,81
7	ТОВ"МІАВІТ"	496,00
8	Frank Wright Irouw Nutrition International	425,25
9	Raiffeisen Eco Line GmbH	358,00
10	Lohmann Animal Health Gmbh & Co.	293,76
11	"TEKRO spol s.r.o."	292,08
12	"VITAMEX N.V."	282,96
13	Premier Nutrition Products	189,00
14	"LNB Poland" Sp.z o.o.	183,78
15	'PRECONEX SP NV'	160,00
16	Vitfoss	145,97
17	"PROVIMI"	120,00
18	ABO MIX	100,38
19	Kiotechagil Hercules	82,00
20	SIBERIA B.C.Ltd.	81,00
21	"Healthy Food Services Ltd"	80,00
22	DOSSCHE Sp. z o.o.	80,00
23	"KEMIN EUROPA N.V."	75,00
24	"PG Trade spol s.r.o."	58,41
25	Pre-Mervo U.A.	51,78
	Інші	82,05
	Разом	**12279,84**

З імпортованих преміксів найбільший відсоток – 44 % (5445,98 т) припадає на частку сільськогосподарської птиці, що, безумовно, пов'язано з більшою часткою виробництва комбікормів в Україні саме для птиці. 41 % (5057,64 т) імпортованих преміксів представлено сумішами для збагачення комбікормів для ВРХ та домашніх тварин (кішок і собак), 15 % (1876,23 т) – для свиней (рис. 4). Основні компанії-імпортери преміксової продукції представлені в табл. 1. Найбільшими замовниками преміксової продукції у 2009 році були ТОВ «Комплекс Агромарс», ТОВ «Агрофід Україна», ТОВ «Інтер-Запоріжжя», ТОВ «АГРОТЕХ», ТОВ «Райт Френк», ВАТ «Миронівський ЗВКК», ТОВ «Катеринопільський елеватор», ТОВ «ТАНДЕМ-2002» та ін.

На даний час виробництво збагачувальних сумішей та преміксів в Україні здійснюють «Дрогичинський ККЗ», «Полоцький КХП», «Пуховичський КХП», «Клецький ККЗ», «Глубокський КЗ», «Лідахлібопродукт», компанії «Крем ікс», «Екомол», НВФ «Комбіко-Силувіт», ВАТ ВНП «Укзооветпромпостач», ТОВ «Бал корм», ТОВ «Інтер-Запоріжжя», ТОВ «Ломан Анімал Хелс Україна», ТОВ «Альянс Інвест», ТОВ «Біо-Спектр», ТОВ «Інвек», ІП «Агровет Україна», АТ «Біофарм», ТОВ ІП «Біо-Вет-Фарма» та ін.

Данні щодо імпорту препаратів БАР для виробництва преміксів та інших збагачувальних сумішей в Україні в 2009 році

наведено на рис. 5, з яких видно, що найбільша питома вага припадає на препарати синтетичних амінокислот, що свідчить про наявність дефіциту і незбалансованість білка у вітчизняній кормовій сировині.

Структура імпорту вітамінних препаратів включає постачання як чистих 14 вітамінних препаратів, так і їхніх сумішей. Найбільша частка як у фактичній масі, так і кошторисному вигляді припадає на вітамінні препарати жиророзчинної групи та комбіновані препарати: тривіт (суміш вітамінів А, D, Е), тетравіт (суміш вітамінів А, D, Е, К).

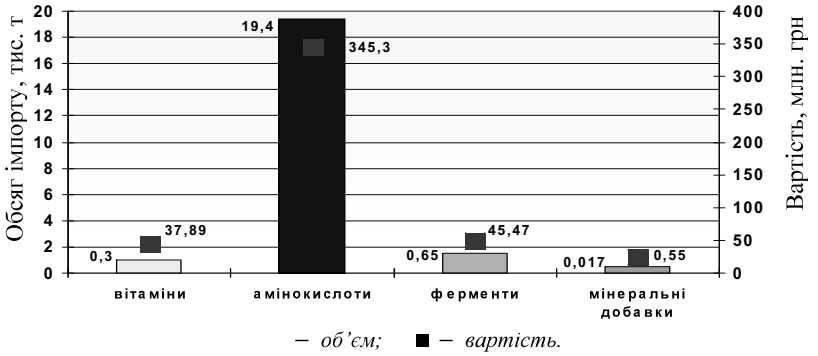


Рис. 5 – Імпорт препаратів БАР у фізичному та кошторисному вигляді в Україну в 2009 році

Світовими лідерами з виробництва та імпорту вітамінних препаратів є компанії «BASF» (Німеччина), «DSM Nutritional Products» (колишня «Hoffman-La-Roche» (Швейцарія), «Adisseo» (колишня «Rhone-Poulenc Nutrition Animale SA», «Aventis Animal Nutrition» (Франція), «Biochem Gmb» (Німеччина), а також їхні офіційні дистриб'ютори (рис. 6). Обсяги постачання та вартість імпортованої вітамінної продукції наведено на рис. 7.

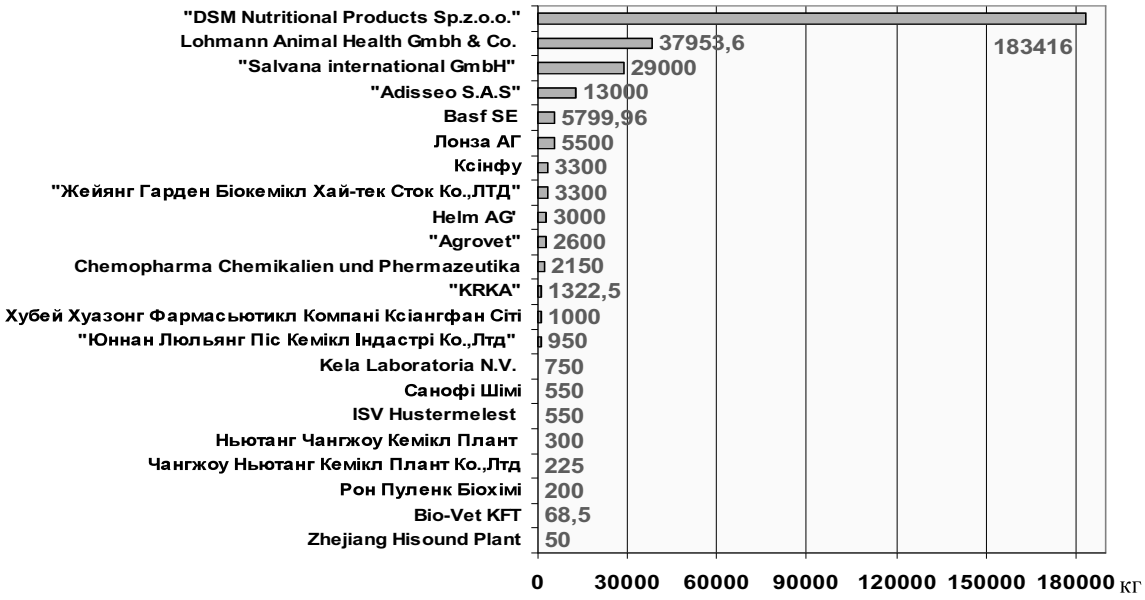


Рис. 6 – Структура імпорту вітамінних препаратів в Україну в 2009 році по компаніях-відправниках*

Основними споживачами вітамінних препаратів у 2009 році були комбікормові підприємства, які входять до складу крупних промислових агрохолдингів, спільні українсько-закордонні компанії-виробники кормових добавок та вітчизняні хіміко-фармацевтичні підприємства (рис. 8).

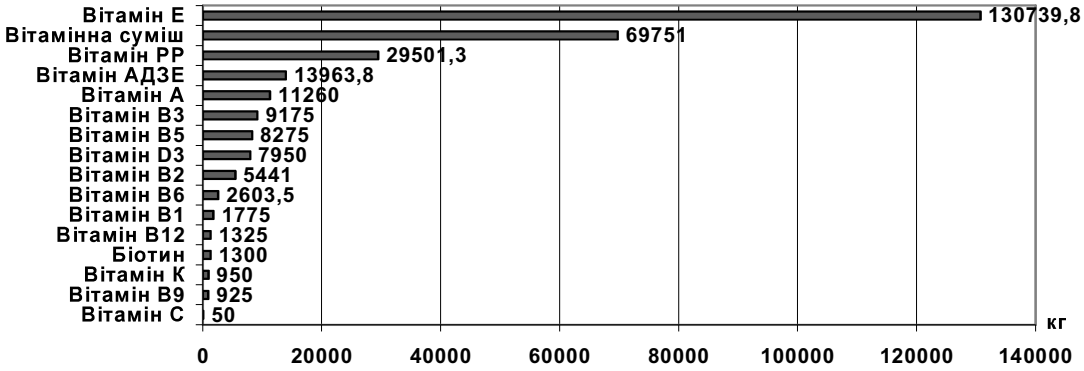


Рис. 7 – Структура імпорту вітамінних препаратів в Україну в 2009 році*

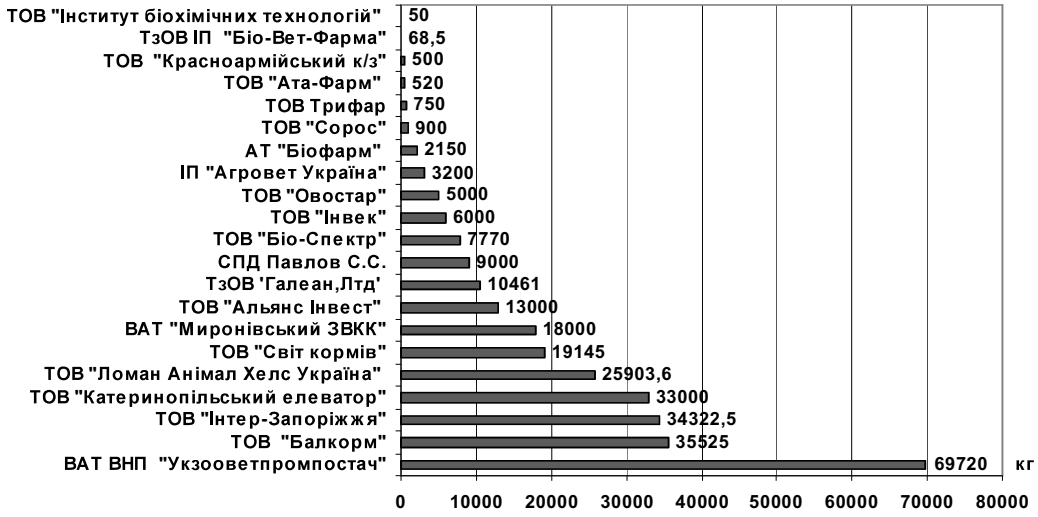


Рис. 8 – Структура по компаніям-отримувачам вітамінних препаратів в Україні в 2009 році*

В 2009 році 100 %-ним імпортером препарату вітаміну Біотин в Україну була компанія «Adisseo S.A.S», а отримувачем ТОВ «Балкорм». 100 %-ним імпортером препарату вітаміну С була компанія «Lohmann Animal Health Gmbh & Co», компанія-отримувач ІП «Агровет Україна».

Структура імпорту препаратів амінокислот у 2009 представлена синтетичними препаратами лізину, метіоніну, треоніну та триптофану (рис. 9). Більше 60 % імпорту припадає на препарат амінокислоти лізин. Така амінокислота як метіонін (27 %) на відміну від інших амінокислот на кормовому ринку представлена сухою синтетичною формою та аналогами в рідкій формі: Alimet виробництва «Novus Europe S.A./N.V.», Rodimet NP99 виробництва «Adisseo France S.A.S.», МНА - кальцієва сіль гідроксіаналога метіоніну («Novus Europe S.A./N.V.») (рис. 10).

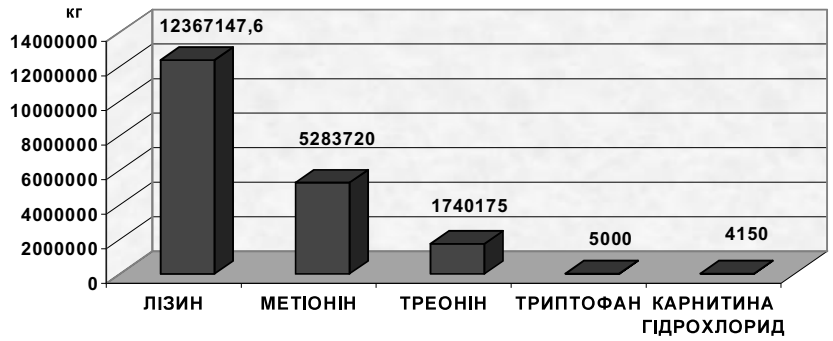


Рис. 9 – Структура імпорту препаратів амінокислот в Україну в 2009 році*

Основними постачальниками препаратів амінокислот є компанії «Ajinomoto» (США, Франція), «ADM» (США), «CJ» (Cheil Jedang Corporation) (Індонезія), «BASF», «Evonik Degussa Gmbh», «Dacheng», (Німеччина), «Kyowa Hakko», «Adisseo France S.A.S.» (Франція) та інші (рис. 11, 12). 100 %-ним імпортером Карнитина гідрохлорид була компанія "Chemopharma Chemikalien and Phermazeutika".

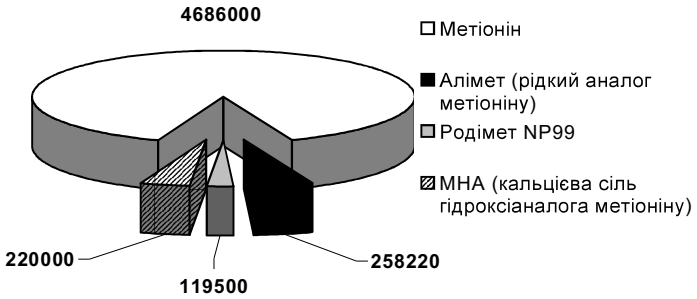


Рис. 10 – Структура імпорту аналогів Метіоніну в Україну в 2009 році, кг*

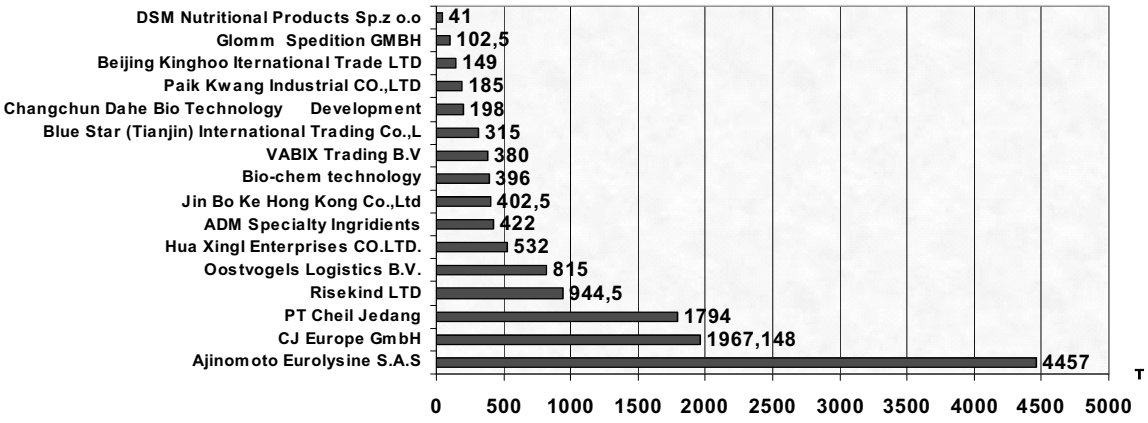
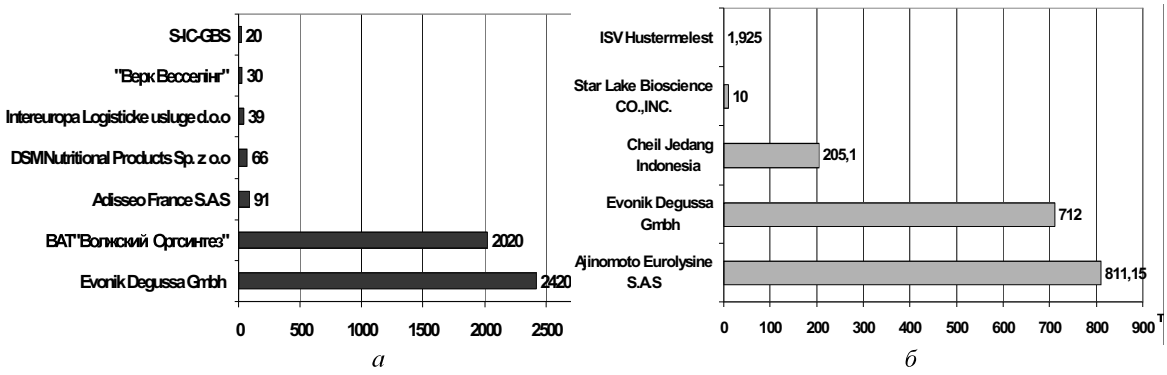


Рис. 11 – Структура імпорту препарату Лізину в Україну в 2009 році по компаніях-відправниках*



а *б*

Рис. 12 – Структура імпорту препаратів Метіонін (а) та Треонін (б) в Україну в 2009 році по компаніях-відправниках*

Імпорт препарату амінокислоти Триптофан в Україну в 2009 році здійснювали дві компанії, питоме співвідношення між якими складало: 80 % – «Ajinomoto Eurolysine S.A.S» та 20 % – «Evonik Degussa Gmbh».

Сучасне промислове виробництво повнораціонних комбікормів для сільськогосподарських тварин і птиці не обходиться без застосування ферментних препаратів, які дозволяють більш повно використовувати кормовий потенціал сировини, скорочувати час відгодівлі, знижувати вартість та витрати кормів. При виробництві повнораціонних комбікормів застосовують як окремі ферментні препарати, так і мультиензимні композиції, які характеризуються декількома ферментативними активностями. Світовими лідерами з виробництва кормових ферментних препаратів у натуральному вигляді є компанії «Alltech Inc.» (США), «Danisco AS» (Данія), «BASF AG» (Німеччина). Основними постачальниками ферментних препаратів в Україну в 2009 році були компанії «DSM» (Швейцарія) та «BIOCHEM GmbH/Finnfeeds OY» (Німеччина) (рис. 13).

Згідно з даними дослідницької компанії «Abercade», на 2008/09 МР найбільший відсоток застосування ферментних препаратів припадає на виробництво повнораціонних комбікормів сільськогосподарської птиці – 59 %, для свиней – 26 %, для ВРХ – 15 %. З них значна частина припадає на фітазу та Ронозим™, які призначені для пшенично-ячмінних, пшенично-житніх та пшенично-шротових раціонів для сільськогосподарської птиці: виробництва «DSM Nutritional Products Sp.z.o.o.» (Швейцарія), «Novozymes A/S» та «ADISSEO S.A.S» (Франція) (рис. 14).

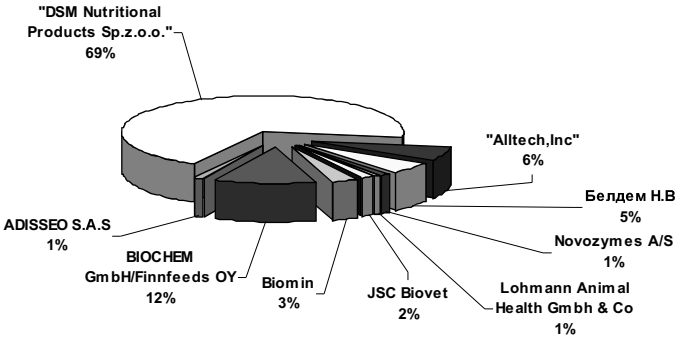


Рис. 13 – Структура імпорту ферментних препаратів в Україну в 2009 році по компаніях-відправниках*

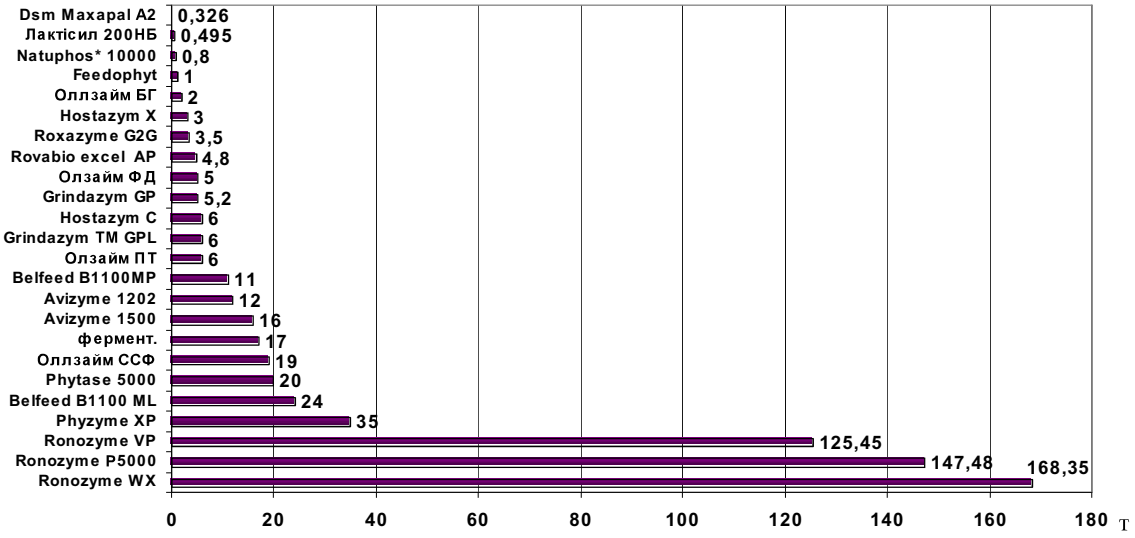


Рис. 14 – Структура імпорту ферментних препаратів в Україну в 2009 році *

Основними замовниками даних ферментних препаратів були ТОВ «Катеринопільський елеватор» та ВАТ «Миронівський ЗВКК», в яких сконцентровано понад 80 % загального поголів'я сільськогосподарської птиці України.

Більшість сучасних препаратів БАР виготовляється у стабілізованій формі. Поряд з цим на кормовому ринку сировини присутні й менш захищені форми. З погляду ефективного виробництва та застосування премісів, БВД та повнораціонних комбікормів доцільно застосовувати стабілізовані форми БАР. Особливу увагу слід звертати на їх термостабільність та термостійкість, що є актуальним при виробництві гранульованих і екструдованих комбікормів із застосуванням попереднього технологічного процесу кондиціонування, оскільки від технологічних режимів виробництва (витрати пари, температура, тиск, час обробки) залежить здатність препаратів БАР зберігати свою активність. Ступінь захищеності препаратів БАР безпосередньо впливає на вибір способу збагачення при виробництві повнораціонних комбікормів. А вибір підприємствами-виробниками комбікормової продукції форм БАР для збагачення комбікормів залежить від рівня технологічного оснащення та організації технологічного процесу виробництва. В кінцевому підсумку обґрунтування раціонального способу збагачення комбікормів препаратами БАР дозволяє формувати їх конкурентоспроможну вартість та якість.

Література

1. Асоціація «Союз птахівників України». http://ptaha.kiev.ua.
2. Електронний журнал «Agro Mage». http://www.agromage.com.
3. http://www.agriagency.com.ua.
4. Единый веб-портал органов исполнительной власти Украины. Государственный комитет статистики Украины. http://www.ukrstat.gov.ua/.

УДК [636.085.55 : 636.084.1]:363.4

КОМПОЗИЦІЙНІ СУМІШІ ДЛЯ ПОРОСЯТ

Єгоров Б.В., д-р техн. наук, професор; Воєцька О.Є., канд. техн. наук, доцент;
Кочетова А.О., канд. техн. наук, доцент; Макаринська А.В., канд. техн. наук, доцент
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

У статті наведено результати досліджень фізичних властивостей, хімічного складу, ступеня та швидкості набухання композиційних сумішей для поросят-відлучників. Визначено можливість їх використання у складі комбікормів.

In article results of researches of physical properties, a chemical compound of degree and speed of swelling of composite mixes for pigs-otemyshej are resulted. Possibility of their use as a part of mixed fodders is defined.

Ключові слова**:** поросята-відлучники, рецепти, композиційні суміші, екструдування.

Розвиток свинарства на сучасному етапі вимагає не тільки створення стійких контактів між наукою і виробництвом, але й розробки програм годування свиней в залежності від якості м'ясної продукції та відповідно до рецептури комбікормів для різних віково-статевих груп свиней [1].

Основні проблеми свинарства, які пов'язані із застарілими технологіями, високою собівартістю кормових ресурсів з причини експортної орієнтації зернового ринку, ціновою неконкурентоспроможністю готової продукції, наповненням ринку імпортованим м'ясом та кормовими добавками, недосконалими законодавством, стандартами, викликають необхідність розробки сучасної концепції кормового забезпечення свинарства з урахуванням об'єктивної динаміки змін на зовнішньому та внутрішньому ринках кормів.

Практика ведення тваринництва показала, що однією з найважливіших умов високої ефективності цієї галузі є одержання здорового молодняка, його збереження і забезпечення високих середньодобових приростів за рахунок повноцінної та збалансованої годівлі [2, 3].

У кінці минулого та на початку нинішнього століття через відомі причини змінилися умови годівлі сільськогосподарських тварин і, зокрема, свиней. Так, із раціонів зникли корми тваринного походження – перегнане молоко та сироватка, сухе молоко, м'ясо-кісткова та рибна мука, дріжджі. Практично припинилося виробництво трав'яної муки, зменшилися посіви гороху. Знизилися виробничі потужності такої галузі як кормоприготування. Такий стан негативно вплинув на виробництво тваринницької продукції і продуктивність тварин.

У годівлі свиней стали більше використовувати фуражне зерно нижчих сортів, висівки, зерновідходи, соняшниковий та соєвий шроти, макуху. Ці компоненти багаті на клітковину та неструктурні полісахариди, які мають низьку перетравність та засвоєння у свиней, особливо у молодняку. Як відомо, ферментативна система молодняку свиней ще недостатньо розвинута і тому вони погано перетравлюють крохмаль у нативному стані. Для покращення перетравності та засвоєння зернових компонентів і висівок необхідно використовувати спеціальні способи теплової обробки [3, 4].

На даний час екструдування найбільш широко використовують як спосіб теплової обробки зернової сировини та готової продукції при виробництві комбікормів для молодняку сільськогосподарських тварин і птиці.

При екструдуванні зернових культур відбувається збільшення в них рівня цукрів до 15 % і декстринів на (12…14) %, що дозволяє використовувати екструдати на рівні (32…60) % у раціонах поросят, у тому числі раннього відлучення. Це дозволяє істотно скоротити використання молочних кормів на 50 % і білково-енергетичних джерел мікробіологічного й тваринного походження на (30…60) %, знизити собівартість вирощування поросят на (30…40) %.

Застосування екструдатів дозволяє вирішувати найважливіші проблеми свинарства:

1. Різко підвищити енергетичну цінність комбікормів до рівня, якого важко досягти традиційним додаванням вуглеводних або білкових кормів без використання дорогих кормів тваринного походження;
2. Поліпшити смакові властивості й зовнішні характеристики зернових сумішей і комбікормів, усунути розпилення на 90 %;
3. Підвищити життєздатність поросят і енергію їхнього росту на (12…25) %.

Екструдовані зернові – прекрасний засіб для підгодівлі поросят. Їх можна розглядати також як смакові й ароматичні добавки, що сприяють ранньому привчанню тварин до самостійного харчування. Це необхідно, головним чином, для зниження втрат у критичний відлучний період. Найбільші втрати поросят відбуваються з 25 по 40 день після відлучення. Поросята, які отримують смачну якісну підгодівлю, починають поїдати звичайний корм уже через 18 годин після переводу їх на дорощування, а (30…40) %

не привчених до підгодівлі тварин не доторкаються до корму, 10 % пробують корм тільки на третій день після відлучення. Різке збільшення споживання корму після такого голодування призводить до перевантаження шлунково-кишкового тракту, деформування й ушкодження його слизової оболонки, діареї. Таким чином, екструдування кормів позитивно впливає на подолання цих проблем. Крім того, часто причинами діареї у молодняку можуть бути мікотоксини, активність яких можна істотно зменшити екструдуванням зернової сировини [5].

Мета роботи полягала в розробці композиційних сумішей для поросят-відлучників та визначенні їхніх технологічних властивостей і хімічного складу для подальшого використання їх у складі комбікормів.

На першому етапі були розраховані композиційні суміші, до складу яких входили ячмінь лущений, кукурудза, висівки пшеничні у різних співвідношеннях (табл. 1).

Таблиця 1 – Склад композиційних сумішей

Компоненти та показники якості	Вміст, %			
	композиційна суміш			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Ячмінь лущений	47,5	80	70	60
Кукурудза	47,5	10	15	20
Висівки пшеничні	5	10	15	20
Разом	**100**	**100**	**100**	**100**
Масова частка, %:				
сирого протеїну	10,4	11,2	11,4	12,0
сирого жиру	2,6	2,8	3,0	1,8
сирої клітковини	3,7	4,4	4,6	5,9

Дослідження проводили на сумішах цілого і подрібненого зерна. Підготовлені компоненти зважували відповідно до рецептів, змішували та піддавали екструдуванню на екструдері марки ЕЗ-150 при таких режимах: тиск в робочій зоні екструдера (2...3) МПа, споживана потужність електродвигуна (4,0...4,5) кВт, температура продукту на виході з екструдера (100...110) °С, тривалість (60...120) с, діаметр отвору матриці 10 мм. Гарячий екструдат охолоджували до температури, яка не перевищувала температуру навколишнього середовища більше ніж на 15 °С, та подрібнювали. В отриманих продуктах визначали технологічні властивості, коефіцієнт розширення, масову частку вологи, сирого протеїну, жиру, клітковини, водорозчинних та легкогідролізованих вуглеводів (табл. 2, 3).

Аналіз даних табл. 2 свідчить, що подрібнені композиційні суміші мають більшу об'ємну масу, менший кут насипного схилу та сипкість в порівнянні з сумішами із цілого зерна. В процесі екструдування композиційних сумішей у всіх досліджуваних зразках відбувається збільшення об'ємної маси на (0,5...3,0) %, кута насипного схилу на (2,0…3,6) %. Найбільший коефіцієнт розширення відзначено у композиційних сумішах, до складу яких вводили 5 % висівок пшеничних.

У процесі екструдування композиційних сумішей відбувається зменшення масової частки вологи на (33,0…52,0) % (табл. 3). Втрати сирого протеїну складають (1,0…7,0) %, найбільші у неподрібненій композиційній суміші № 3 – 7,0 %. В процесі екструдування відбуваються втрати масової частки сирого жиру, причому у зразках подрібнених композиційних сумішей вони менші, ніж у неподрібнених і складають (3,0…5,0) %. В досліджуваних зразках відмічено зростання масової частки сирої клітковини на (5,0…50,0) %, водорозчинних та легкогідролізованих вуглеводів, що призводить до кращого перетравлювання та засвоювання екструдатів.

Також у зразках композиційних сумішей визначали ступінь та швидкість набухання, які характеризують ефективність засвоєння поживних речовин в організмі тварин (рис. 1). Зразки подрібнених композиційних сумішей мають кращий ступінь та швидкість набухання в порівнянні з неподрібненими зразками. Найбільші ступінь та швидкість набухання виявлено в подрібненій композиційній суміші № 3. У цьому зразку ступінь набухання поступово зростав і при тривалості 60 хвилин набув максимального значення 247 %.

Отже, на підставі аналізу результатів досліджень можна зробити такі висновки:

1. Екструдовані композиційні суміші мають задовільні технологічні властивості, що дає змогу використовувати їх у технології виробництва комбікормів.

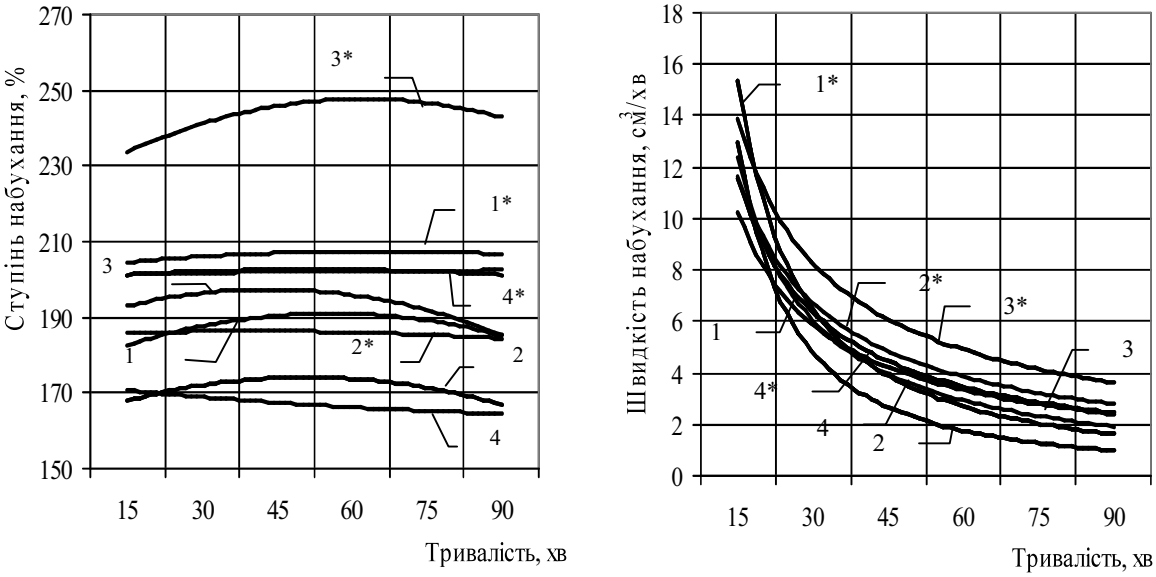
2. Зразки подрібнених композиційних сумішей мають кращий ступінь та більшу швидкість набухання в порівнянні з неподрібненими зразками.

Таблиця 2 – Технологічні властивості композиційних сумішей

Композиційна суміш	Спосіб підготовки до екструдування	Показники							Коефіцієнт розширення
		до екструдування			після екструдування				
		об'ємна маса, кг/м^3	кут насипного схилу, град.	сипкість, м/с	об'ємна маса, кг/м^3	кут насипного схилу, град.	сипкість, м/с	модуль крупності, мм	
№ 1	неподрібнена	325	52	5,3	335	54	5,1	0,93	2,1
	подрібнена	343	50	6	345	51	9	0,96	2,1
№ 2	неподрібнена	335	46	10	345	47	9	1,13	1,9
	подрібнена	344	44	12	348	45	11	0,94	2,0
№ 3	неподрібнена	320	49	20	330	50	21	1,11	1,6
	подрібнена	352	43	22	356	45	22	0,87	1,4
№ 4	неподрібнена	355	53	16	360	55	15	0,91	1,7
	подрібнена	375	48	8,2	378	50	9,1	0,97	1,8

Таблиця 3 – Показники якості екструдованих композиційних сумішей

Композиційна суміш	Спосіб підготовки до екструдування	Масова частка, %						
		вологи	сирого протеїну	сирого жиру	сирої клітковини	сирої золи	вуглеводів	
							водорозчинних	легкогідролізованих
№ 1	неподрібнена	8,7	10,2	1,8	5,6	2,3	8,6	25,7
	подрібнена	7,7	10,3	2,5	5,2	2,5	10,4	31,5
№ 2	неподрібнена	8,9	10,9	1,6	5,4	2,9	3,5	37,4
	подрібнена	7,3	11,1	1,6	5,4	2,9	9,7	31,0
№ 3	неподрібнена	8,0	10,6	2,7	6,6	2,4	13,5	28,5
	подрібнена	8,2	10,9	2,9	5,9	2,4	14,6	31,4
№ 4	неподрібнена	7,3	11,4	1,6	6,2	2,8	2,0	38,5
	подрібнена	5,9	11,6	1,7	6,1	2,8	8,9	26,8



1 – композиційна суміш № 1 неподрібнена; 1 – композиційна суміш № 1 подрібнена;*
2 – композиційна суміш № 2 неподрібнена; 2 –композиційна суміш № 2 подрібнена;*
3 – композиційна суміш № 3 неподрібнена; 3 –композиційна суміш № 3 подрібнена;*
4 – композиційна суміш № 4 неподрібнена; 4 –композиційна суміш № 4 подрібнена;*

Рис. 1 – Ступінь та швидкість набухання композиційних сумішей

3. У складі комбікормів для поросят-відлучників доцільно використовувати екструдовані композиційні суміші, що дозволяє знизити питому вагу кормів тваринного походження і відкриває можливості для приготування комбікорму в умовах невеликих комбікормових заводів та кормоцехів безпосередньо у господарстві.

Література

1. Виноградов В. Научное обеспечение свиноводства // Комбикорма. – 2008. – № 4. – С. 11–13.
2. Савченко С., Дрожжачих Д. В испытаниях подкислителей на «Омском беконе» победил Селацид // Животноводство России. – 2003. – № 4. – С. 8–10.
3. Подобєд Л.І. Комбікорми і кормосуміші для молодняка сільськогосподарських тварин. – К.: Урожай, 1994. – 145 с.
4. Кормові натуральні стимулятори продуктивності свиней: практичний порадник/ Висланько О.О., Семенов С.О., Марченков Ф.С., Бігдан М.А. – Полтава: ТОВ «Фірма «Техсервіс»», 2009. – 59 с.
5. Кіщак І.Т., В'юн В.Г. Забезпечення ефективної діяльності підприємств комбікормової промисловості // Економіка АПК. – 2006. – № 5. – С. 21–27.

УДК 636.085.552:636.7/8

БІОЛОГІЧНА ОЦІНКА ВОЛОГИХ КОМБІКОРМІВ ДЛЯ ДОМАШНІХ ТВАРИН

Єгоров Б.В., д-р техн. наук, професор, Бордун Т. В., канд. техн. наук, асистент
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Розглянуто технологію виробництва вологих комбікормів для домашніх тварин. Представлено результати вивчення кормових переваг вологих комбікормів порівняно з імпортним аналогом, які свідчать про доцільність запровадження розробленої технології.

It was examined a technology of the moist mixed fodders for domestic animals. Presented the results of feed advantage exploration of the moist mixed in comparison with import analogs which point to the advisability of the designed technology commezcialization.

Ключові слова: вологий комбікорм для домашних тварин, технологія, раціон, рецепт, середньодобовий приріст маси, оцінка якості.

У всьому світі, і зокрема в Україні, велика кількість домашніх тварин, а саме – котів та собак. До сьогоднішнього часу основна увага спеціалістів нашої країни була приділена сільськогосподарським тваринам, годівля яких становить економічний інтерес. Кормовиробники, фермери і ветеринари встигли розвинути систему годівлі, основна мета якої полягає в покращенні здоров'я і підвищенні продуктивності тварин і птиці. Проте, на заході питання годівлі домашніх тварин (котів та собак) поставлено дуже серйозно. Наприклад, компанія Mars уже з 1934 року виготовляє готові раціони для домашніх тварин, а на сьогоднішній день торгова марка Whiskas займає одне з перших місць у світі за обсягом продажу серед готових раціонів для котів. За цим стоять багаторічні дослідження спеціалістів із різних країн світу, які працюють у науково-дослідному центрі Waltham. І як наслідок, український ринок комбікормів для домашніх тварин насичений в основному продукцією західного виробництва і лише 5 % припадає на частку вітчизняних комбікормів [1, 2]. Проте, асортимент вітчизняних комбікормів, які пропонують виробники споживачам, є дуже скромним, не завжди відповідає вимогам ринку і не витримує конкуренції. Тому, промислове виробництво комбікормів для домашніх тварин з урахуванням фізіології тварин, їх віку, породи, фізичних навантажень, кліматичних умов утримання і ряду інших факторів, які відіграють важливу роль при складанні раціонів їх годівлі, а також з використанням якісної вітчизняної сировини, являє собою значний економічний і соціальний інтерес.

При виборі напрямку досліджень з розробки рецептів і технології виробництва комбікормів для домашніх тварин ми надали перевагу вологим комбікормам для котів. Вітчизняні вологі комбікорми для котів на ринку України представлені переважно у вигляді ковбас, заморожених субпродуктів, м'ясокісткового фаршу та невеликої частки субпродуктових консервів. Ці комбікорми виготовляють приватні підприємці і деякі м'ясокомбінати, причому в більшості випадків вони невисокої якості [3]. Аналіз основної сировинної бази для виробництва даної групи комбікормів, а саме вторинних ресурсів м'ясо-жирового та рибопереробного виробництв на предмет терміну зберігання, вказує на необхідність запровадження більш суворих умов теплової обробки. Завдяки цьому відкривається перспектива виробництва комбікормів у вигляді консервів для домашніх тварин.

Вологі комбікорми для домашніх тварин, одержані методом термічної стерилізації, мають ряд переваг: вони зручні для згодовування, привабливі і дуже подобаються домашнім тваринам, оскільки мають хороші смакові якості, високу перетравність корму, а також безпечні з точки зору мікробіологічної чистоти при тривалому зберіганні [4].

Нами були розроблені рецепти вологих комбікормів (паштетів) для котів у відповідності до вимог норм і рекомендацій годівлі [5, 6], а також технологія їх виробництва. Згідно з цією технологією першочергово проводили підготовку вихідної сировини (м'яса та м'ясних субпродуктів I і II категорій, риби і продуктів її переробки, жирової композиції, суміші сухих компонентів, біологічних добавок, овочів, бульйону). М'ясо та м'ясні субпродукти I і II категорій, рибу і продукти її переробки подрібнювали на вовчку з діаметром отворів решітки 2-3 мм, а потім обробляли у кутері протягом 5 – 8 хв до отримання однорідної пастоподібної маси з подальшим додаванням суміші сухих компонентів (екструдовані зернові компоненти та попередня суміш сухих незернових компонентів), овочів (здрібнених на вовчку з діаметром отворів решітки 2-3 мм), жирової композиції. У процесі кутерування рівномірно доливали кістковий бульйон.

Підготовлений фарш (паштетну масу) фасували у попередньо підготовлену металеву тару, герметично закупорювали, стерилізували, охолоджували, сортували, термостатували, розбраковували, етикетували і направляли на зберігання. Режими стерилізації консервованих паштетів обирали в залежності від їх рецептури, виду і розміру тари. Термін зберігання даного продукту становить 24 місяці [7, 8].

Для визначення ефективності використання розробленого вологого комбікорму було проведено біологічний експеримент in vivo на лабораторних тваринах на прикладі вологого комбікорму для дорослих кішок та котів нормальної активності. Для проведення експерименту на базі лабораторії біохімії Інституту стоматології АМН було сформовано п'ять дослідних груп білих лабораторних щурів (самок, віком – 3 місяці на початок експерименту) лінії Вістар по 6 особин у кожній із середньою живою

масою 157 – 158 г. Протягом 14 днів в експериментальних групах лабораторним тваринам згодовували раціони такого складу:

1-ша група – одержувала стандартний повнораціонний комбікорм (100,0 %);

2-га група (контрольна) – одержувала 95,0 % стандартного повнораціонного комбікорму і 5,0 % вологого корму компанії Mars торгової марки Kitekat для дорослих кішок та котів;

3-тя група (контрольна) – одержувала 90,0 % стандартного повнораціонного комбікорму і 10,0 % вологого корму компанії Mars торгової марки Kitekat для дорослих кішок та котів;

4-та група (дослідна) – одержувала 95,0 % стандартного повнораціонного комбікорму і 5,0 % вологого комбікорму (паштету) для дорослих кішок та котів нормальної активності;

5-та група (дослідна) – одержувала 90,0 % стандартного повнораціонного комбікорму і 10,0 % вологого комбікорму (паштету) для дорослих кішок та котів нормальної активності.

Таблиця 1 – Склад та показники якості вологого комбікорму (паштету) для дорослих кішок та котів у період спокою

Компоненти	Вміст, %
М'ясо II кат. (яловиче, птиці)	0,0-15,0
М'ясні субпродукти яловичі I кат. (м'ясні обрізки яловичі, нирки, серце та ін.)	0,0-20,0
М'ясні субпродукти яловичі II кат. (легені, рубець та ін.)	0,0-20,0
Риба	0,0-15,0
Бульйон кістковий	48,0-57,0
Мука м'ясокісткова, СП 50 %	0,5-6,0
Мука рибна, СП 65 %	0,5-5,0
Зернова сировина екструдована (пшениця, кукурудза, овес лущений, соя та ін.)	2,0-10,0
Жирова композиція	1,2-3,0
Дріжджі кормові, СП 50 %	0,05-0,5
Мука кісткова	0,05-0,5
Овочі (морква, гарбуз, буряк, картопля та ін.)	3,0-8,0
Сіль кухонна	1,00
Премікс для кішок та котів у стані спокою	1,00
Таурін (Доктор Клаубер, Нім.)	0,05-0,07
Всього	100,0
Показники якості	
Обмінна енергія, кДж/100 г	310,0-370,0
Масова частка: вологи, %	78,0-82,0
сирого протеїну, %	5,1-8,0
сирого жиру, %	1,7-5,0
сирої клітковини, %	0,3-0,5
сирої золи, %	1,5-2,5
кальцію, %	0,10-0,45
фосфору, %	0,10-0,40
аргініну, мг/100 г	280,0-500,0
таурину, мг/100 г	50,0-70,0
лінолевої кислоти, %	0,31-1,20
арахідонової кислоти, %	0,02-0,03
вітаміну А, МО/100 г	400,0-750,0
вітаміну D, МО/100 г	5,0-35,0
вітаміну Е, мг/100 г	1,0-15,0

Враховуючи, що вміст сухих речовин у стандартному повнораціонному комбікормі, контрольному вологому кормі і дослідному вологому комбікормі (паштеті) для дорослих кішок та котів не однаковий, співвідношення компонентів раціону в експериментальних групах встановили за вмістом сухих речовин.

Вміст сухих речовин у компонентах раціону:

– стандартний повнораціонний комбікорм – 90,0 %;

– контрольний корм для кішок та котів (вологий корм компанії Mars торгової марки Kitekat для дорослих кішок та котів) – 26,4 %;

– дослідний комбікорм для кішок та котів (вологий комбікорм (паштет) для дорослих кішок та котів нормальної активності) – 27,3 %.

Склад та показники якості вологого комбікорму (паштету) для дорослих кішок та котів у період спокою наведено в табл. 1. До складу повнораціонного корму для кішок та котів компанії Mars торгової марки Kitekat (інформація з етикетки) входять м'ясо і субпродукти (в тому числі яловичина мін. 4 %), злаки, вітаміни та мінеральні речовини. Поживна цінність (в 100 г корму, %): сирий протеїн – 7,0, сирий жир – 4,5, сира клітковина – 0,3, сира зола – 2,5, енергетична цінність – 70,0 ккалЩурів зважували в перший день досліду, а потім зважували кожні два дні. Відповідна динаміка зміни живої маси щурів усіх п'яти груп представлена на рис. 1, з якого видно, що щури 4 і 5 дослідних груп, які одержували розроблений вологий комбікорм (паштет) для дорослих кішок та котів нормальної активності перевищують за приростом живої маси щурів 2 і 3 контрольних груп, які одержували вологий корм компанії Mars торгової марки Kitekat для дорослих кішок та котів.

Величини приросту живої маси тіла щурів за 14 діб годівлі наведені на рис. 2, з якого видно, що найбільш ефективним є розроблений нами вологий комбікорм (паштет) для дорослих кішок та котів нормальної активності. При цьому середньодобовий приріст маси у дослідних групах щурів на 10,7 % був вищий у порівнянні з середнім значенням у контрольних групах, при цьому питомі витрати комбікорму були на 8,2 % нижчі.

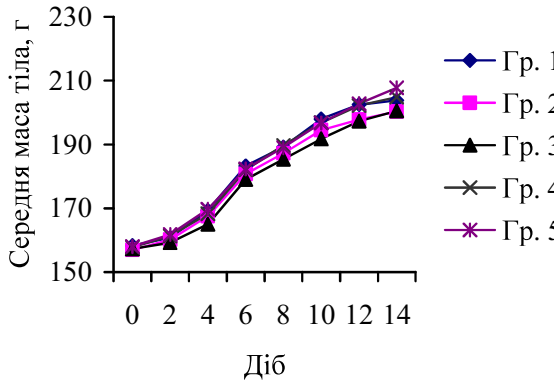


Рис. 1 – Динаміка зміни середньої маси тіла щурів

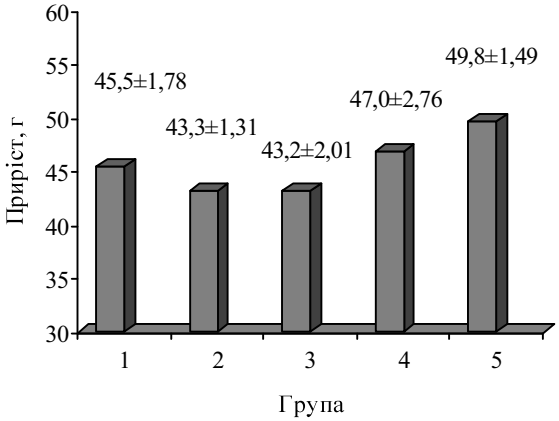


Рис. 2 – Приріст маси тіла щурів за 14 діб

Таким чином, біологічною оцінкою на лабораторних тваринах доведено, що вологі комбікорми (паштети), виготовлені за розробленими рецептами та технологією, характеризуються підвищеною біологічною цінністю порівняно з імпортним аналогом, що дає змогу вітчизняним товаровиробникам зайняти достойну нішу на ринку комбікормів для домашніх тварин в Україні.

Література

1. Годовой торговый обзор рынка кормов для кошек и собак [Текст] // Бизнес. – 2002. – № 34. – С. 63 – 64.
2. Рынок кормов для домашних животных [Текст] // Бизнес. – 2003. – №32. – С. 96 – 99.
3. Мардар М.Р. Характеристика влажных комбикормов для домашних животных [Текст] / М.Р. Мардар, Т.В. Бордун // Зернові продукти і комбікорми. – 2004. – № 2. – С. 44 – 47.
4. Лиз Палика. Питание и здоровье собаки [Текст]. – М.: ЗАО Изд-во Центрполиграф, 1999. – 234 с.
5. Егоров Б.В. Особенности формирования рецептов комбикормов для домашних животных [Текст] / Б.В. Егоров, М.Р. Мардар, Т.В. Бордун // Зернові продукти і комбікорми. – 2004. – № 4. – С. 33 – 38.
6. Пат. № 48241 Україна, МПК[7] А23К 1/10, 1/14, 1/16, 1/18. Вологий комбікорм для кішок [Текст] / Б.В. Єгоров, Т.В. Бордун. – №u200909667. Заявл. 21.09.2009; опубл. 10.03.2010, Бюл. № 5.
7. Єгоров Б.В. Розробка технології виробництва вологих комбікормів для домашніх тварин – кішок [Текст] / Б.В. Єгоров, Т.В. Бордун // Наукові праці ОНАХТ. – Одеса: 2009. – Вип. 36. – Т. 1. – С. 38 – 43.
8. Пат. № 42551 Україна, МПК[7] А23К 1/10, 1/14, 1/18. Спосіб виробництва вологого корму для домашніх тварин [Текст] / Б.В. Єгоров, Т.В. Бордун. – №u200901270. Заявл. 16.02.2009; опубл. 10.07.2009, Бюл. № 13.

УДК 636.085.55:636.52/.58

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К РЕЦЕПТАМ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ КУР-НЕСУШЕК В ПЕРИОД ВЫРАЩИВАНИЯ

Егоров Б.В., д-р техн. наук, профессор, Ворона Н.В., аспирант
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

В статье исследованы программы по содержанию и кормлению высокопродуктивных кроссов кур-несушек в сравнении с ДСТУ 4120-2002, обоснована необходимость совершенствования ДСТУ в соответствии с требованиями питательности комбикормов для импортных кроссов птицы.

In article programs under the maintenance and feeding of highly productive crosses of hens-layers in comparison with State standard of Ukraine 4120-2002 are investigated, necessity of perfection State standard of Ukraine according to requirements of nutritiousness of mixed fodders for import crosses of a bird is proved.

Ключевые слова: программы кормления, кроссы, генетический потенциал, ДСТУ, рацион.

Птицеводство характеризуется быстрыми темпами воспроизводства поголовья, наименьшими затратами материальных средств и живого труда на единицу произведенной продукции (яйца и мясо бройлеров) по сравнению с другими отраслями животноводства. Птица отличается высокой продуктивностью, интенсивным ростом, способностью к наивысшей конверсии корма при хорошей приспособленности к промышленным условиям содержания [1].

Эффективность производства яиц в основном зависит от генетического потенциала кур разных кроссов и пород, которые используют птицеводческие хозяйства и предприятия. На промышленных предприятиях с интенсивными технологиями производство базируется на использовании высокопродуктивных кроссов зарубежной селекции, обладающих высоким потенциалом и поэтому более требовательных к комбикорму, его качеству и составу. Необходимо помнить, что покупая на рынке птицу, в 80 % случаев вы приобретаете птицу высокопродуктивных импортных кроссов. Использование этих кроссов дало возможность яичным птицефермам выйти на уровень 280-320 штук яиц от средней курицы-несушки при затратах комбикорма на 10 штук яиц 1,15-1,30 кг. Современные кроссы имеют потенциальную продуктивность более 330 яиц в год [2].

Целью нашей работы было исследовать программы по содержанию и кормлению следующих кроссов яйценоской птицы:

- Баблона ТЕТРА-СЛ (Баблона ТЕТРА - Чехия);
- Ломанн Браун-Классик (Ломанн Тирцухт -Германия);
- Ломанн ЛСЛ-Классик (Ломанн Тирцухт - Германия);
- Хай-Лайн кросс W-36 (Hy-Line International – США);
- Хай-Лайн кросс W-98 (Hy-Line International – США);
- Хай-Лайн Браун (Hy-Line International – США);
- Хайсекс Браун (Hendrix Poultry Breeders B.V. – Голландия);
- Хайсекс Уайт (Hendrix Poultry Breeders B.V. – Голландия).

Кросс Баблона ТЕТРА-СЛ производит яйца с коричневой скорлупой, обладает превосходной жизнеспособностью и отличным качеством яйца, по многим признакам позитивно выделяется среди самых распространенных в мире яичных кроссов. Данный кросс очень спокойный, хорошо приспосабливается к различным условиям содержания и способен к отличному производству яиц. Его содержание простое, надежное и экономичное [3].

Фирма Ломанн Тирцухт (Германия) предлагает широкий выбор высококачественных несушек, самыми распространенными из которых являются Ломанн Браун-Классик и Ломанн ЛСЛ-Классик, известные благодаря их продуктивности в производстве высококачественных белых и коричневых яиц. Кросс Ломанн ЛСЛ-Классик почти не отличается от кросса Ломанн Браун-Классик по показателям продуктивности и потребностям в питательных веществах. Ломанн ЛСЛ-Классик потребляет меньше комбикорма, но и средняя масса яйца соответственно тоже меньше [4].

Американская компания "Hy-Line International" производит три кросса птицы яичных пород: Хай-Лайн Кросс W-36, Хай-Лайн Кросс Коричневый, Хай-Лайн Кросс W-98.

Хай-Лайн Кросс W-36 является наиболее эффективной в мире несушкой с отличной сохранностью. Нетребовательные в уходе несушки кросса производят сотни высококачественных яиц с крепкой скорлупой при минимальном потреблении комбикорма, благодаря чему являются несушками с наименьшей

себестоимостью производства яиц. Надежный кросс W-36 приносит максимум прибыли производителям яиц.

Рано созревающие птицы кросса Хай-Лайн W-98 подходят к началу периода продуктивности уже с крупным яйцом и быстро достигают оптимального размера яиц, который сохраняют в течение всего периода яйценоскости. До 420-ти дневного возраста несушка производит более 240 яиц. Крепкая белая скорлупа, отличные внутренние показатели яйца, отличная сохранность и большая яичная масса вместе с низким потреблением комбикорма делают несушек W-98 мировым лидером по эффективности производства качественной продукции.

Птицы кросса Хай-Лайн Браун являются самыми сбалансированными в мире по своим производственным показателям коричневыми несушками. До 74-недельного возраста они производят более 320 высококачественных насыщенных яиц. Пик продуктивности превышает 95 %. С начала яйцекладки яйца отвечают наиболее оптимальному весу и размеру. Кроме того, ежегодно происходит увеличение яйценоскости в среднем на 3 яйца, а также увеличение размера яйца на 0,5 % при этом удается сохранить стойкость к бою. Птица имеет иммунитет от многих заболеваний (микоплазмоз, сальмонеллёз, лимфоидный лейкоз). Эти показатели вместе с умеренным аппетитом несушек, отличной сохранностью и уравновешенностью, делают птиц кросса высокопродуктивными, что в конечном итоге способствует прибыльности производства [5].

Результатом плодотворной работы голландских генетиков и селекционеров являются элитные кроссы кур с высоким генетическим потенциалом Хайсекс Браун и Хайсекс Уайт. Несушки этих кроссов очень не привередливы в содержании. Птица очень спокойная, стойкая к стрессам, приспособлена к холодному климату, яйцо несушек промышленного стада выровненное по массе, с крепкой скорлупой. Птица раносозревающая и технологическая. В 150 дней продуктивность достигает 75-80 % [6].

В таблице 1 представлены данные продуктивности кроссов кур-несушек в период выращивания.

Таблица 1 – Данные продуктивности кроссов

Показатели кросса	Баблона ТЕТРА – СЛ	Ломанн Браун – Классик	Ломанн ЛСЛ – Классик	Хай— Лайн кросс W-36	Хай— Лайн кросс W-98	Хай—Лайн Браун	Хайсекс Браун	Хайсекс Уайт
Сохранность, %								
0-17 недель	97-98	97-98	97-98	97-98	98	96-98	98	98
Потребление комбикорма								
0-17 недель, кг	5,8-6,0			5,21	5,05	6,0		
1-20 недели, кг		7,4-7,8	7,0-7,5					
Затраты комбикорма, кг								
на 1 кг яичной массы		2,0-2,1	2,0-2,1				2,04	1,95
на 10 яиц							1,30	1,23
Живая масса, кг								
16 недель							1,30	1,12
17 недель	1,44			1,24	1,23	1,47		
20 недель		1,6-1,7	1,3-1,4					

Показатели продуктивности птицы, указанные в программах по содержанию и кормлению птицы фирмы - поставщика, основаны на результатах испытаний по всему миру в условиях хорошего содержания и сбалансированного кормления.

Поэтому реализация генетического потенциала птицы определенного кросса возможна только при соблюдении установленных для нее программ кормления и содержания.

Только с учетом вышеперечисленных факторов производство яиц будет наиболее рентабельным.

Как видно из рисунка 1, чем больше птица потребляет корма, тем больше ее живая масса и средняя масса яйца соответственно тоже выше.

Важную роль в достижении высокой продуктивности птицы играют полнорационные комбикорма, изготавливаемые из доброкачественного сырья в соответствии с детализированными нормами кормления. Комбикорм различают не только по питательности, количеству обменной энергии, содержанию

аминокислот, но и по витаминно-минеральному составу. Также при составлении рациона большое значение имеют особенности кросса и возраст птицы.

Для экономии комбикормов и более рационального их использования согласно требованиям организма птицы на разных этапах роста используют кормление по фазам. Программы кормления используют при дробном кормлении для получения от определенного кросса птицы паспортной продуктивности.

Использование дробного кормления кур-несушек позволяет:

- уменьшить затраты комбикорма;
- увеличить сохранность птицы;
- увеличить массу яйца;
- увеличить яйценоскость птицы;
- улучшить однородность стада;
- удовлетворить потребности птицы в питательных веществах в разные периоды роста.

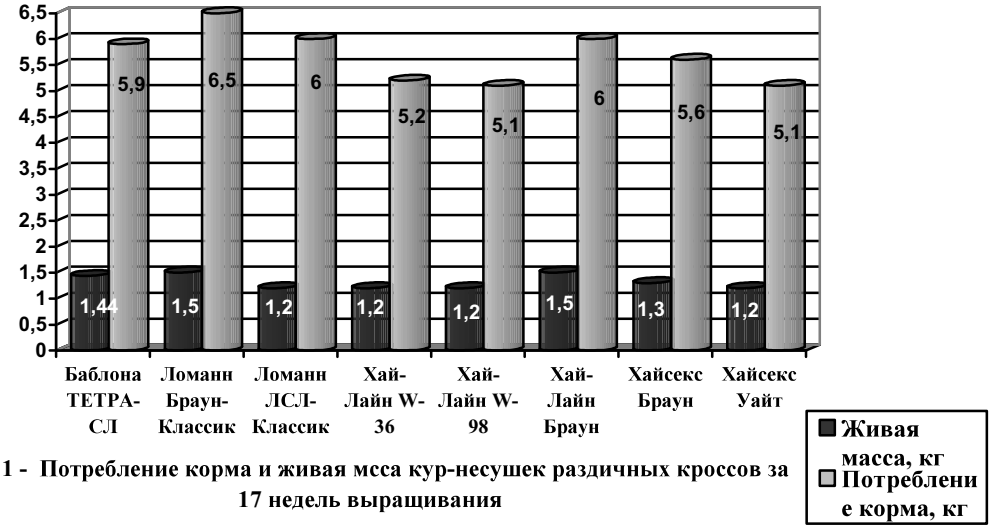


Рис. 1 - Потребление корма и живая мсса кур-несушек раздичных кроссов за 17 недель выращивания

К сожалению, нарастающий дефицит высокопитательных кормовых средств и их цена вынуждают многие птицефабрики вводить в состав рационов более дешевые или трудно усваиваемые компоненты (подсолнечниковый шрот (жмых), ячмень, просо и т.д.). При этом нужно увеличивать нормы ввода биологически активных веществ (витаминов, энзимов, аминокислот и т.д.), так как каждый сверхнормативный процент клетчатки снижает перевариваемость органических веществ на 1,2 - 1,6 %. Использование низко питательных или трудно перевариваемых компонентов комбикормов в разные периоды развития птицы, имеет свои особенности.

Различают два периода в течение жизни кур-несушек: период выращивания и продуктивный период. На рисунке 2 представлены рекомендуемые периоды содержания и кормления кур-несушек высокопродуктивных кроссов зарубежной селекции и согласно ДСТУ 4120-2002 «Комбикорма полнорационные для сельскохозяйственной птицы» [7]. Из рисунка 2 видно, что рекомендуемые программы кормления сельскохозяйственной птицы предусматривают смену большего количества рационов, чем предлагается в ДСТУ. Совершенствование технологии производства комбикормов и методов расчета рецептов идет в ногу с научно-техническим прогрессом. Однако полученные таким способом комбикорма в соответствии с требованиями питательности ДСТУ нельзя отнести к полнорационным.

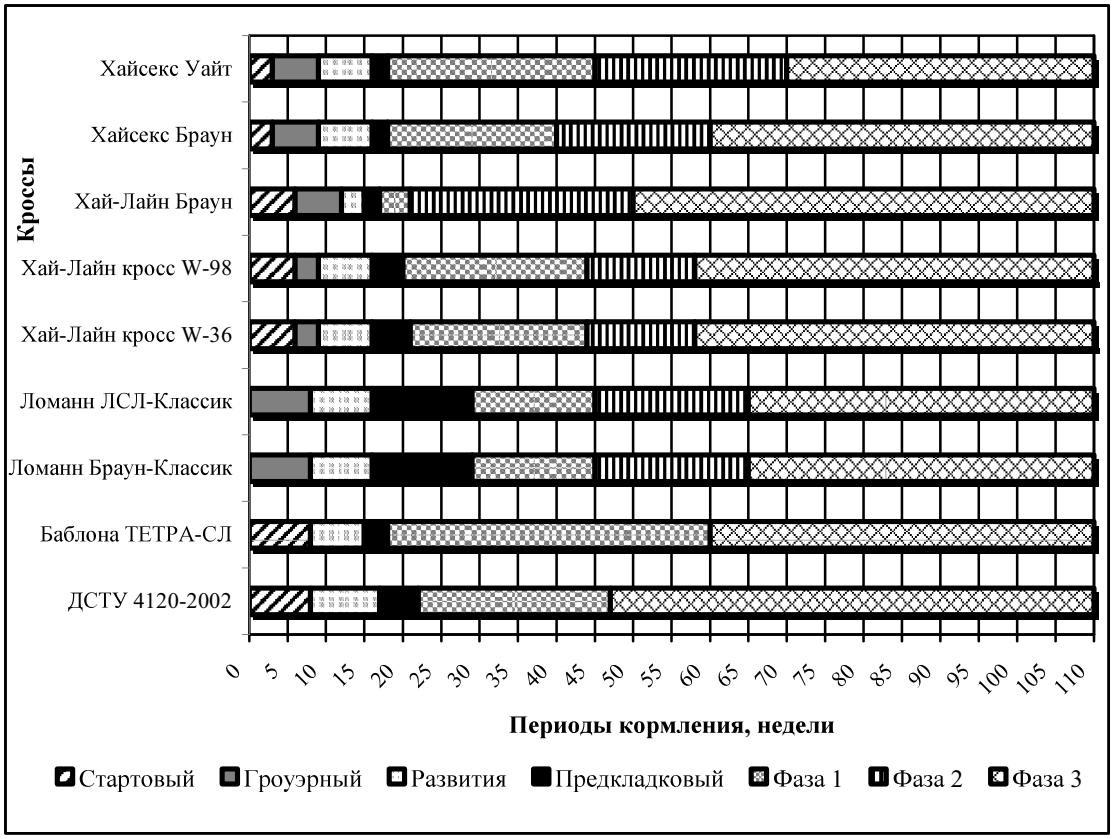
Остановим свое внимание на особенностях периода выращивания кур-несушек. Наиболее ответственными в содержании и выращивании кур-несушек являются первые 16-17 недель их жизни. Хороший уход и сбалансированное кормление в течение этого периода может гарантировать, что молодка поступит в птичник способной в полной мере реализовать свой генетический потенциал. Однако этот факт часто недооценивается. Ошибки, допущенные в этот период, в дальнейшем не могут быть исправлены.

Цыплята и молодки должны получать мучнистый комбикорм крупного помола. Чрезмерное содержание очень мелких ингредиентов или слишком крупная структура ведут к выборочному потреблению комбикорма и неравномерному обеспечению питательными веществами. Слишком мелкая структура комбикорма снижает его потребление птицей и может привести к недополучению ею отдельных питательных веществ.

ДСТУ 4120-2002 не учитывает эти требования импортных высокопродуктивных кроссов. По этой причине птицеводы нередко несут существенные убытки, связанные с перерасходом комбикормов, отставанием в весе, снижением яйценоскости птицы, ухудшением качества скорлупы, болезнями, связанными с ошибками кормления и т.д.

Период выращивания состоит из 3-х фаз.

Первая фаза (используют стартерный комбикорм) характеризуется интенсивным развитием органов пищеварения и иммунной системы. В этот период первичной целью является достижение рекомендуемых среднесуточных приростов живой массы. Необходимо, чтобы в этот период птица потребляла как можно больше комбикорма, который должен быть качественным и легко усвояемым (с высоким содержанием протеина и обменной энергии).



Примечание – в паспортах кроссов Хай-Лайн W-36 и Хай-Лайн W-98 в период продуктивности рекомендуется смена 4-х рационов, а именно 2-х в фазе 1 (20-32 и 32-44 недели). Период продуктивности представлен тремя фазами яйцекладки

Рис. 2 – Рекомендуемые периоды содержания и кормления кур-несушек

В качестве сырья используют кукурузу, пшеницу, соевый шрот и т.д. Ввод в состав рациона в этот период выращивания подсолнечникового шрота (жмыха), ячменя, проса и других, трудно усваиваемых компонентов должен происходить постепенно [8].

Учитывая, что в первые 6-12 часов после вывода слепые кишки у цыплят свободны от микроорганизмов, а после первого приема комбикорма наступает их быстрое заселение бактериями (коли - бактерии, стрептококки и лактобактерии), для которых в слепых кишках имеется особенно благоприятная среда, очень полезно с первых дней жизни использовать пробиотики, которые способствуют нормальной "работе" ж.к.т. и профилактируют всевозможные отклонения в развитии птицы.

Вторая фаза (используют гроуэрный комбикорм) характеризуется интенсивным развитием костяка и мускулатуры птицы. Необходимо, чтобы птица потребляла корм без какого-либо ограничения и имела максимально хороший прирост живой массы.

Третья фаза (развитие), так называемое "медленное развитие", интенсивность роста в этот период

уменьшается, очень бурно развиваются репродуктивные органы, важно в этот период не иметь превышения в весе птицы (не допустить появления внутреннего жира). Комбикорм развития имеет более умеренный уровень питательных веществ, что оказывает положительный эффект на развитие интенсивности потребления корма. Основой хорошей продуктивности птицы является стандартная живая масса и хорошее развитие. В это время птицу кормят вволю, с одновременным постоянным контролем массы тела. Хороший показатель, если колебания в весе у птицы в этот период составляют не более ±10-30 граммов от нормативного веса.

После 16 – 17 недель (согласно рекомендациям фирм - поставщиков цыплят) птицу переводят на предкладковый рацион, в котором увеличивают содержание кальция по сравнению с комбикормом для молодок примерно вдвое, так как в этот период в организме вырабатываются гормоны, способствующие его накоплению в костяке. Желательно также увеличивать уровень энергии и аминокислот, потому что они содействуют развитию яичника и яйцевода. При этом настоятельно требуется использование этого рациона примерно за 14 дней до запланированного начала яйцекладки. Этот комбикорм улучшает однородность стада: позволяет раносозревшей птице получить достаточно кальция для формирования скорлупы первых яиц и поздносозревшей птице дает лучшее обеспечение питательными веществами.

Для наглядного подтверждения всего вышесказанного нами были обобщены нормы содержания питательных веществ в комбикормах для кур-несушек различных кроссов в период выращивания (табл. 2).

На употребление комбикорма и рост массы тела оказывают влияние несколько факторов, из-за которых указанные в таблице 2 рационы не обязательно обеспечивают определенное повышение массы тела. Если масса тела значительно отличается от указанного, то придется выполнить необходимые изменения в технологии выращивания.

Проанализировав программы кормления молодняка кур-несушек, невозможно сделать однозначный вывод, какая из программ наиболее эффективная, т.к. каждая из них разработана для определенного кросса птицы, паспортная продуктивность которого отличается от остальных.

Зарубежные фирмы предлагают программы по нормированию питательных веществ курам-несушкам в зависимости от различного количества потребленного комбикорма и необходимой концентрации веществ, не всегда связывая эти нормы с яйценоскостью птицы.

Другими словами, качество кормления на ранних этапах выращивания молодки – инструмент в руках птицеводов, с помощью которого можно значительно влиять на дальнейшую яичную продуктивность.

Комбикормовая промышленность Украины имеет возможность производить высококачественную комбикормовую продукцию, которая отвечала бы требованиям современных кроссов зарубежной селекции, однако ДСТУ сдерживает развитие отрасли. Необходимо совершенствовать нормативно-техническую базу, при этом предусмотреть подход в соблюдении безопасности комбикормов и ответственности за заявленные показатели качества.

Литература

1. Птицеводство [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные (55,0 Кб) // Животноводство. – Режим доступа: <http://www.atemar.ru/pticevodstvo.htm>.
2. Єгоров Б.В. Аналіз сучасних програм годівлі молодняка курей-несучок [Текст] / Єгоров Б.В., Гонца Н.В. // Зернові продукти і комбікорми. – 2009. - № 4 (36). – С. 49-51.
3. Программа содержания и кормления кур яичного кросса Баблона ТЕТРА-СЛ.
4. Программы содержания и кормления кур яичных кроссов фирмы Ломанн Тирцухт.
5. Программы содержания и кормления кур яичных кроссов американской компании "Ну-Line International".
6. Программы содержания и кормления кур яичных кроссов Хайсекс Браун и Хайсекс Уайт.
7. ДСТУ 4120-2002. Комбікорми повнораціонні для сільськогосподарської птиці. Технічні умови. – Введ. 2003-04-01. – К, 2003. – 13с. – (Національні стандарти України).
8. Программы нормированного кормления птицы: Справочно-методическое руководство (Под ред. Свеженцева). – Днепропетровск, АРТ – ПРЕСС, 1999 – с. 45-144.

Таблица 2 – Нормы содержания питательных веществ в комбикормах для кур-несушек различных кроссов в период выращивания

Питательные вещества по периодам выращивания	Единицы измерения	ДСТУ 4120-2002	Бабкок ТЕТРА-СЛ	Ломанн Браун-Классик	Ломанн ЛСЛ-Классик	Хай-Лайн кросс W-36	Хай-Лайн кросс W-98	Хай-Лайн Браун	Хайсекс Браун	Хайсекс Уайт
Обменная энергия	МДж/кг ккал/кг									
Старовый		12.14 2900	11,5 2750	12,0 2900	12,0 2900	12,2-12,6 2915-3025	12,2-12,6 2915-3025	11,5-12,4 2750-2970	12,1 2900	12,5 2975
Гроуерный				11.4 2750 2800	11,4 2750 2800	12.4 12,9 2970 3080	12,2 12.6 2915 3025	11.5 12.6 2750 3025	11,8 2825	12,0 2875
Развитая		10.88 2600	11,3 2700	11.4 2750-2800	11,4 2750-2800	12.4-13,0 2970-3124	11,9-12.6 2860-3025	11.3-12.4 2700-2970	11,6 2775	11,5 2750
Предкладковый		11.09 2650	11,5 2750	11,4 2750-2800	11,4 2750-2800	12.3-12,9 2948-3080	11,8-12.1 2827-2893	11.4-12.4 2725-2980	11,6 2775	11,6 2775
Сырой протеин	%	не менее				не менее				
Старовый		20	19.6	21,0	21,0	20	20	19-20	19,5	20
Гроуерный				18,5	18,5	18	18	17.5	17,5	18
Развитая		14	16,0	14,5	14,5	16	16	16,0	15,0	15,5
Предкладковый		16	17,0	17,5	17,5	17	15,5	16.5	16,0	16,5
Сырая клетчатка	%	не более								
Старовый		5,0							3,0-5,0	2,0-3,5
Гроуерный									3,0-6,0	2,5-1,0
Развитая		7,0							4,0-7,0	4,0-6,0
Предкладковый		5,5							3,5-6,0	3,5-6,0
Лизин	%	не менее				не менее				
Старовый		1,00	1,00	1,20	1,20	1,15	1,10	1,10	1,05	1,20
Гроуерный				1,00	1,00	0,96	0,90	0,90	0,95	1,00
Развитая		0,70	0,65	0,65	0,65	0,85	0,75	0,74	0,72	0,75
Предкладковый		0,80	0,80	0,85	0,85	0,85	0,75	0,80	0,80	0,80
Метионин	%	не менее				не менее				
Старовый		0,45	0,45	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,45	0,54
Гроуерный				0,40	0,40	0,43	0,44	0,41	0,40	0,45
Развитая		0,32	0,35	0,34	0,34	0,39	0,39	0,35	0,34	0,34
Предкладковый		0,36	0,35	0,36	0,36	0,42	0,36	0,38	0,38	0,38

Продолжение таблицы 2

Наименование показателя по нормативному документу	Единицы измерения	ГОСТ Р	Виконова TE-TPA-C-1	Домолз Бра- Ломанн ун-К-масчек	Хай-Лайт кросс W-36	Хай-Лайн кросс W-93	Хай-Лайн браун	Хайсекс браун	Хайсекс уайт
Массовая доля	%	не менее			не менее				
Стартовый		0,75	0,75	0,83	0,80	0,80	0,84	0,80	0,92
Групповой				0,70	0,70	0,73	0,74	0,75	0,79
Развитие		0,50	0,60	0,60	0,66	0,65	0,66	0,55	0,61
Предкладковый		0,60	0,60	0,68	0,72	0,60	0,69	0,68	0,68
Кальций	%	не менее			не менее				
Стартовый		1,1	1,0	1,05	1,0	1,0	1,00	1,0-1,1	1,00
Групповой				1,00	1,0	1,0	1,00	0,9-1,1	0,95
Развитие		1,2	1,0	0,90	1,0	1,0	1,25	0,9-1,1	0,90
Предкладковый		2,0	2,5	2,00	2,75	3,0	2,00	2,2	2,20
Фосфор общий/доступный	%	не менее			не менее			не более	
Стартовый		0,6/-	0,70/0,45	0,75/0,48	0,50/-	0,78/0,50	-/0,45	0,80/0,45	0,80/0,50
Групповой				0,70/0,45	0,47/-	0,75/0,48	-/0,43	0,75/0,40	0,75/0,48
Развитие		0,6/-	0,65/0,40	0,58/0,37	0,45/-	0,72/0,46	-/0,42	0,70/0,36	0,70/0,45
Предкладковый		0,7/-	0,70/0,42	0,65/0,45	0,48/-	0,78/0,50	-/0,40	0,70/0,40	0,70/0,42
Натрий	%	не более			не менее				
Стартовый		0,2	0,16	0,18	0,18	0,19	0,17	0,15	0,16
Групповой				0,17	0,17	0,18	0,16	0,15	0,15
Развитие		0,2	0,16	0,16	0,17	0,17	0,16	0,15	0,15
Предкладковый		0,2	0,16	0,16	0,18	0,18	0,16	0,15	0,15

Примечание – составлено по ТУ У 01120-2002 допускается отклонение содержания кальция, фосфора и натрия, а также обменной энергии ± 2 % от указанного в описании значения.

УДК [636.085.55:636.084.52]: 001.891

БІОЛОГІЧНА ТА ЗООТЕХНІЧНА ОЦІНКА – ВАЖЛИВІ ПОКАЗНИКИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМБІКОРМОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Лапінська А.П., канд. техн. наук, асистент
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

У статті наведено сучасні методи постановки зоотехнічних досліджень та обґрунтовано доцільність їх використання для апробації нових рішень у комбікормовому виробництві.

In article modern methods of statement zootechnical researches are resulted and is proved expediency of their use for approbation of new decisions in feeding industries.

Ключові слова: біологічна оцінка, зоотехнічний експеримент, зоотехнічна ефективність.

Відомо, що за рахунок підвищення якості кормів можна досягти збільшення продуктивності тваринництва в (10...15) разів [1, 2]. Створення комбікормової продукції найвищої якості базується на урахуванні особливостей існуючих на ринку кросів птиці та порід тварин, сучасних досягнень розрахунків рецептів та передових технологій виробництва комбікормової продукції, кількісних та якісних показників майбутньої продукції тваринництва та птахівництва. Конкурентоспроможною не тільки на вітчизняному ринку, а й на зарубіжному може бути лише та продукція, яка відрізняється найвищою якістю. Крім показників безпеки продукції, враховуються для м'яса колір, однорідність, вміст проміжних продуктів окиснення, холестерин, соковитість м'яса та продукції з нього; біологічна повноцінність молока; стабільне забарвлення жовтка, зовнішній вигляд яєць [3, 4, 5].

Комбікормова продукція є одним із найголовніших чинників, що формує кількість та якість тваринницької продукції, отже, повинна мати очікувану прогнозовану дію на організм тварин.

Комбікорми – це складні суміші різноманітних продуктів рослинного, тваринного, мікробіологічного походження, біологічно активних речовин, очевидним є взаємний вплив із явищами синергізму та антагонізму, наслідком якого є коливання перетравності поживних речовин, доступності та функціональної дії біологічно активних речовин.

Враховуючи вищевказане, актуальною проблемою при впровадженні нових рішень у комбікормовому виробництві є забезпечення очікуваного теоретично визначеного впливу продукції на організм тварин.

Метою досліджень було обґрунтування найсучасніших методів постановки зоотехнічних експериментів з метою використання їх для апробації нових рішень у комбікормовому виробництві.

Найбільш повну оцінку ефективності використання кормів можна отримати при проведенні зоотехнічних експериментів, для чого створюються регульовані та контрольовані умови, які дозволяють відстежити хід процесів і відповідних реакцій тварин та відтворювати ці процеси при повторенні умов.

Визначити прогнозований ефект комбікормової продукції можна шляхом проведення наукових дослідів (біологічний експеримент), в результаті яких визначаються біохімічні, фізіологічні, біофізичні показники. Проводяться такі досліди в лабораторії або віварії, у них, як правило, не досліджуються технологічні питання (спосіб утримання та годівлі), визначається лише фізіологічна адекватність обміну речовин. Отримані результати після біометричної обробки використовують для корегування робочої гіпотези.

За результатами біологічної оцінки проводиться апробація гіпотези в умовах, типових для тваринницького виробництва, – науково-господарський дослід, який дозволяє враховувати вплив внутрішніх факторів тварин та умов життя. Зоотехнічна оцінка дозволяє оцінити технологічну ефективність комбікормової продукції, адже у виробничій практиці другорядні питання досліду можуть викликати значні виробничі проблеми [6].

Ефективність зоотехнічних дослідів залежить від правильно обраного методу постановки. Узагальнивши всі сучасні варіанти дослідів з питань тваринництва, можна виділити три основних методи їх постановки: метод періодів, метод груп, метод груп-періодів. Вибір того чи іншого варіанту визначається завданнями дослідження та необхідними для його виконання умовами.

Суть методу періодів полягає в тому, що дослід проводиться тільки на одній групі тварин. При цьому вивчають вплив одного фактора протягом кількох послідовних періодів досліду. В цьому перевага даного методу, оскільки дослідження проводяться на одних і тих самих тваринах, чим виключається вплив на результати дослідження їх індивідуальних особливостей. Недоліком методу є те, що на результати дослі-

ду впливає фактор часу з властивими для нього наслідками – змінами тварин з часом, тривалості світлового дня та ін., тому доцільно його використовувати у короткотривалих (не більше 3–4 місяців) дослідах.

Постановка дослідів за методом груп найбільш поширена у тваринництві. Цим методом дію порівнюваних факторів вивчають одночасно, але на різних тваринах. За таких умов вплив часу на результат досліду виключається, вплив індивідуальних особливостей тварин пом'якшується або усувається шляхом підбору особин з високим ступенем схожості та збільшення піддослідного поголів'я. Схема постановки досліду включає такі періоди: зрівняльний, перехідний, головний, заключний. Методи підбору тварин: метод пар-аналогів, збалансованих груп-аналогів, міні-стада.

Метод пар-аналогів базується на використанні найвищої схожості тварин, найоптимальніший варіант – однояйцевих двійнят, ідентичність яких встановлюють як за живою масою, так і за біохімічними показниками крові. Використання близнят дозволяє підвищити точність висновків та зменшити витрати на постановку дослідів, оскільки можна зменшити число тварин у досліді. Проте недоліком досліду є складність підбору тварин, тому його використовують при вивченні найбільш тонких систем життєдіяльності організму. Не менш важливим є вік тварин, адже чим молодша тварина, тим більш вона схильна до мінливості ознак.

Метод груп-аналогів використовують тоді, коли скористатися методом пар-аналогів немає можливості через недостатнє поголів'я тварин, їх неоднорідність, відсутність даних про походження і попередні умови утримання та годівлі. При користуванні цим методом для згладжування випадковостей кількість тварин збільшують у (1,5…2) рази у порівнянні з методом пар-аналогів.

Метод міні-стада використовують для проведення тривалих досліджень. При формуванні міні-стада усе поголів'я умовно поділяють на групи з урахуванням породності, віку, живої маси, продуктивності, фізіологічного стану і від кожної групи довільно відбирають (10...15) тварин. При вивченні спадкових факторів продуктивності урівнюють усі умови життя тварин, а різниця між міні-стадом та загальним стадом має лише генетичний характер.

Метод груп-періодів використовують для уникнення недоліків, характерних для методу періодів і методу груп. Загальна схема досліду аналогічна методу періодів, проте кількість груп зростає відповідно до кількості досліджуваних факторів.

Особливості постановки зоотехнічних експериментів для деяких видів і груп тварин та птиці наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Особливості постановки зоотехнічних дослідів для деяких видів тварин та птиці [6]

Вид, вік та група тварин	Тривалість експерименту, дні	Метод постановки зоотехнічного досліду	Кількість тварин у групі, не менше	Максимально допустима різниця у масі тварин, не більше	Допустимі відхилення віку, продуктивності тварин	Показники визначення зоотехнічної ефективності
Велика рогата худоба						
корови	Головний період 45, заключний (30...60)	Метод груп-аналогів	7	50 кг	Розбіжність у жирності молока не більше (0,1...0,2) %	Приріст маси тварин, кількість та якість молока; за необхідності: гематологічні показники, вміст рубця, сечі та ін., функціональні властивості вимені
молодняк	Узгоджується з технологічним циклом (60...180)	Метод пар-аналогів, метод міні-стада	Чистопородні 12, помісні (14...20)	Між аналогами 5-10 %, між групами 2 %	Різниця у віці між аналогами (10...15) днів, між групами не більше 5 %	Скороплідність телиць, відтворна здатність. Для молодняку на відгодівлі: м'ясні якості (забійна маса, забійний вихід, повном'ясність туші, морфологічний склад туші)

Продовження таблиці 1

свині						
Матки, кнурі-плідники	Узгоджується з виробничим циклом, 60	Метод пар-аналогів	Кнурі (6...8), свиноматки (8...10)	Поросні матки 3 % Підсисні матки 3 % Кнурі-плідники 4 %	Різниця у строках опоросів не більше 5 днів для маток-аналогів, у групі не більше 20 днів	Приріст маси тварин, для свиноматок: багатоплідність, крупноплідність, молочність, збереженість поросят, за необхідності фізіологічні та біохімічні досліди. Для кнурів: кількісні та якісні показники сперми
Молодняк	Головний період 45, заключний (30...60)	Метод пар-аналогів	Однієї породи 12, помісні (14...20)	Між аналогами 5 %, у межах групи 10 %	Різниця у віці аналогів 5 днів, у групі 10 днів	Приріст маси тварин, поїдаємість кормів, конверсія корму, за необхідності фізіологічні та біохімічні досліди
вівці						
вівцематки	Головний період 45, заключний (30...60)	Метод пар-аналогів, груп-аналогів, міні-стада	30	Між аналогами різниця у масі (5...10) %, або (2...3) % від середнього показника у групі	Різниця у віці між аналогами за віком (10...15) днів	Приріст маси тварин, поїдаємість кормів, конверсія корму, якість вовни (товщина та міцність волокон), заплідненість, яловість, багатоплідність, молочність, маса ягнят при народженні та їх життєздатність
коні						
Робочі коні	Перший дослідний (25...30), другий дослідний (30...60), заключний 30	Метод груп, груп-періодів	4...6	Різниця у масі до 5 % у порівнянні з середньою величиною у групі	Різниця у віці до 5% нормального строку виробничого використання, коефіцієнт варіації ознаки не більше 6 %	Приріст маси тварин, поїдаємість кормів, конверсія корму, тяглове зусилля, працездатність, за необхідності фізіологічні та біохімічні досліди
птиця						
Доросла птиця	Не менше 168	Метод груп-аналогів	50...60	Різниця між групами не більше 3...5 %	Різниця у віці між аналогами за віком (10...15) днів	Приріст маси тіла, поїдаємість кормів, конверсія корму, несучість, маса яєць, відтворювальна здатність, вгодованість, м'ясні якості, за необхідності фізіологічні та біохімічні досліди
молодняк	Курчата бройлери, каченята, гусенята 56; індичата 112	Метод груп-аналогів	100	Різниця між групами не більше (3...5) %	Середня різниця у віці між групами не більше 2 %	Приріст маси тіла, поїдаємість кормів, конверсія корму, життєздатність (збереженість), за необхідності фізіологічні та біохімічні досліди

Узагальнюючи вищевказане, можна зробити висновок про те, що достовірна біологічна та зоотехнічна оцінка дозволяють визначити ефективність нових рішень у комбікормовому виробництві, перевіривши на практиці фізіологічну дію продукції. Створення нової продукції, що має функціональну дію, неможливе без проходження шляху від наукових і науково-господарських дослідів до виробничих.

Література

1. Букин В.Н. Вопросы химизации животноводства. – М.: Наука. – 1967. – 154 с.
2. Миончинский П.Н., Кожарова Л.С. Производство комбикормов. 2-е изд. перер. и доп. – М.: Агропромиздат. – 1991. – 288 с.
3. Нестеров Н. Состояние и стратегия развития отрасли // Комбикорма. – 2001. – № 1. – С. 2 – 4.
4. Продуктивность и качество молока в зависимости от уровня витаминов А, Д, Е в рационе коров / Н. И. Клейменов, А. П. Ярошневич, А. А. Хорольский, Н. И. Безухов // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1989. – №7. – С. 14 – 15.
5. Каравашенко Ф. Ф. Накопление в яйцах кур каротиноидов, витаминов А и Е в зависимости от их добавок в комбикорма / Ф.Ф. Каравашенко, Р.К. Жук, О.В. Притуленко и др. // VI конференция Балтийских стран по птицеводству. Вып. 31.– Вільнюс. – 1998. – С. 50 – 51.
6. Кононенко В.К. Практикум з основ наукових досліджень у тваринництві / В.К. Кононенко, І.І. Ібатулін, В.С. Патров. – К. – 2000. – 96 с.

УДК 636.085.55.6 : 66.013.5

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ КОМБІКОРМОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Браженко В.Є., канд. техн. наук, ас.
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Розглянуто та визначено проблему сучасних технологічних способів проектування комбікормових підприємств для виробництва комбікормової продукції. Доведена доцільність виконання підготовчих робіт для розробки техніко-економічного та екологічного обґрунтування проекту реконструкції діючого підприємства або його будівництва на підставі прогнозування розвитку зернопереробної галузі.

The problem of modern technological ways of designing a mixed fodder of the enterprises for manufacture mixed fodder production are considered and defined. The expediency of performance of preliminary works for working out of a technical and economic and ecological substantiation of the project of reconstruction of the operating enterprise or its building on the basis of development forecasting grain of the processing is proved branch.

Ключові слова: комбікормові підприємства, обладнання, комбікормова продукція.

Збільшення виробництва здорових продуктів харчування, зокрема тваринницької продукції, залежить від забезпечення тварин та птиці високоякісними комбікормами, збалансованими за показниками поживності з високою ефективною дією. Якість комбікормової продукції залежить від технології виробництва, на яку впливають ступінь модернізації технологічного, транспортного обладнання, розвиток наукових досліджень у галузі годівлі сільськогосподарських тварин, розробки нових видів кормових засобів, створення комплексів з механізацією та автоматизацією технологічних процесів [1, 2]. Автоматизовані технологічні процеси мають високу ефективність на всіх етапах підготовки компонентів в залежності від складу рецептів комбікормової продукції, асортимент якої розширюється, та сприяють максимальній виробничій гнучкості технології виробництва.

Аналіз роботи комбікормових заводів в умовах теперішньої конкурентоспроможності кормів на ринках продукції свідчить про певну їх спеціалізацію, яка обумовлена створенням крупних комбінатів хлібопродуктів, агрохолдингів, крупних комплексів для інтенсивної відгодівлі високогенетичних порід та кросів птиці, сільськогосподарських тварин. До складу крупних підприємств зернопереробної галузі поряд з комбікормовими заводами, входять елеватори, мукомельні, круп'яні, олійноекстракційні заводи, цехи для підготовки насіннєвого зерна, складські приміщення, котельні, птахофабрики, тваринницькі ферми, цехи для переробки тваринницької продукції [3, 4, 5]. Створення крупних підприємств дає можливість забезпечити отримання високоякісної готової продукції зі зменшенням її собівартості.

Таким чином, під час проектування і будівництва комбікормових заводів, оптимальної продуктивності та технології виробництва з урахуванням прогнозу розвитку на майбутнє необхідно враховувати значну кількість факторів. Володіючи сучасною інформацією, необхідно знайти такі рішення, при яких будівництво мало б мінімальні витрати праці, матеріалів, засобів та одночасно забезпечувало б максимальну ефективність при виробництві. Чим точніше буде прогнозування з ретельним обґрунтуванням, тим економічно доцільнішим буде будівництво комбікормового заводу. Можлива схема прогнозування наведена на рис. 1, де відмічені етапи прогнозування та послідовність їх здійснення при виконанні роботи.

Вихідним положенням при прогнозуванні є його мета. Залежно від мети прогнозування приймають об'єкти прогнозування. Обсяг і зміст вихідних даних про об'єкт прогнозування впливають на точність прогнозування, а також на вибір методу їх обробки. В свою чергу чим вищий рівень прогнозування, тим точніший повинен бути метод обробки вихідних даних, який сприяє виконанню необхідних розрахунків для можливості розробки припустимих варіантів прогнозу [2].

Розгляд багатьох варіантів прогнозу сприяє розв'язуванню багатоваріантних завдань за допомогою сучасних програм розрахунків і застосування комп'ютерних технологій під час виконання проектування. Аналіз результатів рішень варіантів дозволяє виконати розробку оптимального проекту комбікормового підприємства.

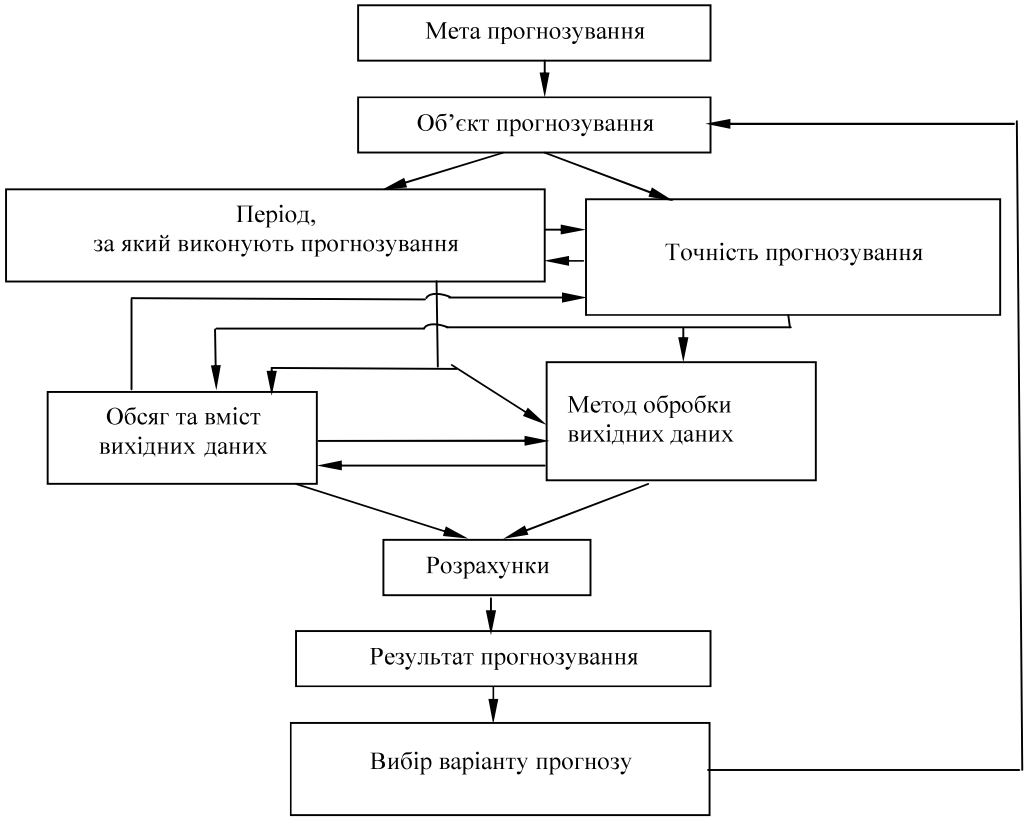


Рис. 1 – Схема етапів прогнозування

На теперішній час розробка оптимального проекту комбікормового підприємства з урахуванням особливостей технологічних процесів виробництва та вимог до якості готової продукції повинна передбачити технологічне проектування, структурна схема етапів якого наведена на рис. 2 [2]. Логічна постановка завдань виконання проектних робіт залежить від функціональної діяльності підприємства. Важливе значення має формалізація зв'язків, які можна отримати у достатньому обсязі тільки під час пошукової роботи та виконання ретельного аудиту діяльності підприємств у складі комбінатів, комплексів, агрохолдингів.

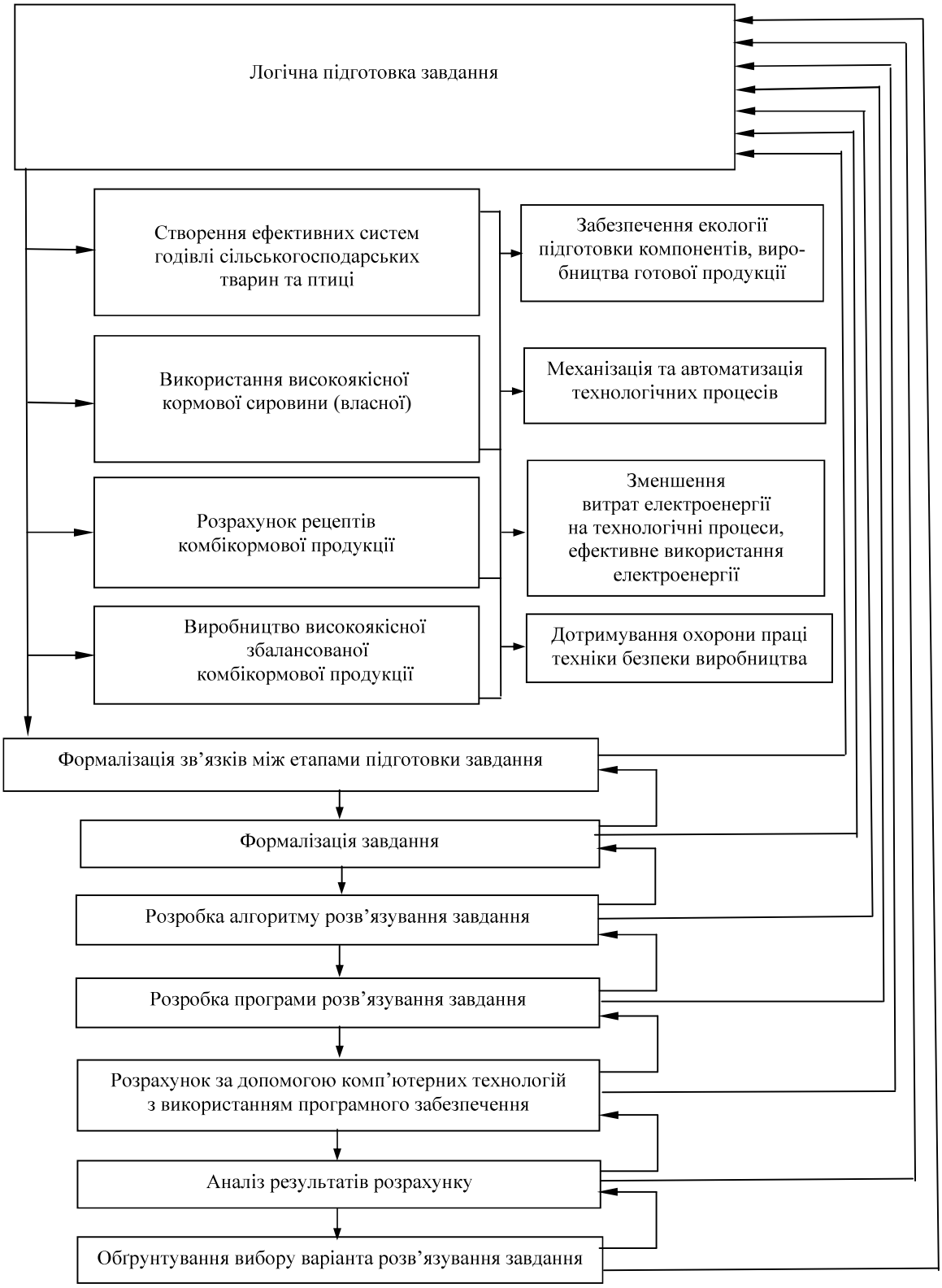


Рис. 2 – Структурна схема етапів технологічного проектування

На визначення етапу формалізації завдання необхідно проводити узгодження постановки завдання з можливостями проведення математичних розрахунків, на якому необхідно конкретизувати та уточнювати виконання попередніх етапів.

Аналіз результатів розрахунків вимагає висококваліфікованої оцінки, від якої залежить вибір рішення. Вибір рішення дозволяє додаткова конкретизувати завдання проектування. Так, аналіз роботи діючих підприємств, розвиток техніки та технології виробництва комбікормової продукції свідчать, що при виконанні проектування доцільно приймати продуктивність комбікормових заводів 5 т/год, 10 т/год, 20 т/год з роботою в одну або дві зміни на добу [3, 4, 5, 6, 7]. При виконанні проектних робіт використовують сучасне, удосконалене технологічне, транспортне, аспіраційне обладнання, розробки наукових досліджень, які дозволяють встановити раціональні технологічні режими, підвищити ефективність процесів на всіх етапах підготовки компонентів та виробництва готової продукції, рівень виконання механізації та автоматизації процесів, а також можливості швидкого впровадження високоефективних індустріальних методів.

Результати таких підготовчих робіт дають можливість виконати розробку техніко-економічного та екологічного обґрунтування проекту реконструкції діючого комбікормового підприємства або його будівництва. Вихідним документом для розробки техніко-економічного та екологічного обґрунтування проекту є завдання, яке розробляється проектними організаціями спільно із замовником та узгоджується з відповідними організаціями, що дозволяють впроваджувати виконання проектних робіт.

Проект передбачає підготовку пакету технічної документації для підприємства, який складається з пояснювальної записки, техніко-економічної та екологічної частини, технологічної, аспіраційної частини, електричної частини. Проектні організації передбачають розробку документації для застосування систем опалення, теплопостачання, водозабезпечення, каналізації, організації управління підприємством, цивільного будівництва, а за необхідністю розробку генерального плану комплексів, комбінатів.

Висновки

1. Розробка проектів комбікормових підприємств виконується на підставі прогнозування розвитку зернопереробної галузі.

2. Проектування комбікормових підприємств здійснюється відповідно до вимог «Правил організації і ведення технологічного процесу виробництва комбікормової продукції» і на підставі діючих будівельних норм і правил, стандартів, норм технологічного проектування.

Література

1. Кожарова Л.С. Комбикормовая промышленность России: проблемы и решения // Зерновые продукты и комбикорма. – 2005. – № 2. – С. 29-33.
2. Глебов Л.А., Касьянов Б.В. Проектирование комбикормовых заводов с основами САПР. – М. Агропромиздат, 1988. – 303 с.
3. Крупнейшие производители комбикормов в Украине // www.agroperspectiva.com/ru
4. Украина: рынок комбикормов. // www.proagro.com.ua
5. «БИОИСС» – премиксы, производство комбикормов, БВД, кормление свиней, птицы, кормопроизводство, кормосмеси, БВМД // www.bioiss.ru
6. Производство комбикормов: Группа Бюллер: Технология производства // www.buhlergroup.com
7. В Оренбуржье открылся завод по производству комбикормов // www.regnum.ru.

УДК 664.641

КОМПОЗИЦИОННЫЕ СМЕСИ С МУКОЙ КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР

Моргун В.А., д-р техн. наук, профессор, Волошенко О.С., канд. техн. наук, ассистент
Одесская национальная академия пищевых технологий

Проведен сравнительный анализ химического состава и биохимических свойств муки пшеничной высшего сорта, гречневой, овсяной и тритикалевой. Изучена пищевая ценность различных видов муки. Предложен рецептурный состав мучных композиционных смесей и схема их производства.

Comparative analysis of chemical composition and biochemical properties of wheat, buckwheat, barley, oat and triticale flours is conducted. The food value of different types of flour is studied. Compounding composition of flour mixtures is offered.

Ключевые слова: мука пшеничная, тритикалевая, овсяная, гречневая, смеси, хлебопекарные свойства, пищевая ценность, технология производства.

На мукомольных заводах мука пшеничная высшего сорта занимает первое место по объемам производства и широко используется при производстве хлеба и хлебобулочных изделий. Являясь продуктом повседневного питания населения, она обладает низкой биологической ценностью. Поэтому на сегодняшний день актуальна задача обогащения муки пшеничной высшего сорта витаминами, минеральными веществами, незаменимыми аминокислотами. В пищевой промышленности находят широкое применение пищевые добавки различного принципа действия. Использование муки крупяных культур в составе композиционных смесей позволяет повысить питательную ценность муки пшеничной высшего сорта за счет использования природных добавок. Мука, полученная из крупяных культур, обладает более ценным химическим составом и высокой питательной ценностью по сравнению с мукой из традиционных хлебных культур (пшеницы и ржи).

Мука пшеничная высшего сорта содержит 72-75 % углеводов и 10-11 % белков (табл.1). Содержание белка в гречневой и овсяной муке – 14-15 %. Количество белков и их аминокислотный состав обуславливают пищевую ценность любого продукта. Белки пшеничной муки представлены в основном проламинами и глютелинами, эти фракции нерастворимы в воде и поэтому плохо усваиваются человеком. В тритикалевой, гречневой и ячменной, по сравнению с остальными видами муки, наблюдается высокое содержание водо- и солерастворимых фракций (до 30-35 %).

Лимитирующими аминокислотами в муке различных зерновых культур являются лизин, метионин и триптофан. Наиболее сбалансированными по лизину является мука овсяная и гречневая, содержание лизина в данных образцах в 2,0-3,0 раза выше по сравнению с мукой пшеничной высшего сорта, содержание лизина в тритикалевой и ячменной муке выше на 20-30 %.

Большое значение для здоровья имеет обеспеченность организма витаминами. Следует отметить, что переработка зерна в сортовую муку приводит к обеднению ее витаминами, что отрицательно влияет на пищевую ценность продукта. Использование муки кукурузной и рисовой в качестве добавок к муке пшеничной хлебопекарной высшего сорта даст возможность обогатить смесь витаминами Е, B_6, биотином. В гречневой и ячменной муке содержание витамина РР в 2 раза выше, чем в муке пшеничной.

Минеральные вещества участвуют в обмене веществ практически любой ткани человека, особенно велика их роль в построении костной ткани, где преобладают фосфор и кальций. Мука крупяных культур отличается высоким содержанием фосфора, калия и магния. В последнее время особое внимание уделяют содержанию в пищевых продуктах железа, учитывая его большое физиологическое значение для жизнедеятельности человека. Содержание железа в муке гречневой и тритикалевой в 3-5 раз больше по сравнению с мукой из других культур.

Таблица 1 – Показатели химического состава исследуемых образцов муки, %

Показатели	Вид муки						
	пшеничная	ячменная	овсяная	гречневая	рисовая	кукурузная	тритикалевая
Жиры	1,1	2,0	5,5	2,5	0,5	3,8	0,9
Углеводы	72,5	73,3	63,8	68,0	77,5	71,8	71,6
Клетчатка	0,2	1,1	1,5	1,1	0,3	0,8	0,6
Белки	10,8	9,7	14,7	14,5	7,6	9,0	12,0
Альбумины Глобулины	12,30	24,57	10,20	39,85	18,62	9,58	31,11
Проламины	40,99	34,46	9,85	1,14	4,31	35,43	33,34
Глютелины	41,61	27,29	49,28	13,61	54,60	23,45	21,16

На кафедре ТПЗ разработаны рецептуры двухкомпонентных (мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта с одним видом муки крупяных культур) и многокомпонентных композиционных смесей (с использованием трех, четырех и более видов муки). Использование муки крупяных культур в составе

двухкомпонентных композиционных смесей без ухудшения хлебопекарных свойств возможно в количестве 10-15 % от массы муки пшеничной, тритикалевая мука может быть введена в количестве 15-30 % от массы пшеничной муки.

Таблица 2 – Показатели химического состава композиционных смесей

Показатель	Контроль (мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта)	Рецептура композиционной смеси			
		№1	№2	№3	№4
		мука пшеничная в/с – 79 %, тритикалевая –10 %, ячменная, овсяная, гречневая – 6 %, отруби – 5 %	мука пшеничная в/с – 80 % тритикалевая – 15 % гречневая – 5 %	мука пшеничная в/с – 80 % тритикалевая – 15 % овсяная – 5 %	мука пшеничная в/с – 90 % гречневая – 5 % отруби – 5 %
Содержание белка, %	10,8	11,3	12,3	11,3	11,2
Содержание соле- и водорастворимых фракций белка, %	12,3	16,5	15,5	14,9	15,0
Содержание лизина, г/100г	2,6	3,1	3,0	2,9	3,0
Содержание кальция, мг/100г	18,0	31,0	29,1	28,1	27,0
Содержание железа, мг/100г	1,1	1,9	1,7	1,6	1,8
Содержание фосфора, мг/100г	86,0	102,2	101,6	102,5	101,8
Содержание витамина РР, мг/100г	1,1	1,8	1,3	1,2	1,8
Содержание витамина Е, мг/100г	–	0,10	0,33	0,15	0,35

Пищевая ценность продукта характеризуется содержанием и соотношением белков, жиров и углеводов, витаминов, аминокислот, минеральных веществ. Усвоение белковых компонентов по сравнению с показателями сбалансированного аминокислотного состава определяет биологическую ценность продукта. Использование композиционных смесей позволит повысить содержание в хлебе витаминов, минеральных веществ, сбалансировать белок по аминокислотному составу.

Содержание железа в многокомпонентной композиционной смеси № 1 на 70,0 % выше по сравнению с мукой пшеничной хлебопекарной высшего сорта, кальция – на 72,2 %; витамина РР – на 45,0 %. Содержание лизина, который является лимитирующей незаменимой аминокислотой для муки пшеничного хлебопекарного высшего сорта, на 15,0 % выше при использовании в составе смеси муки тритикалевой, гречневой, ячменной, овсяной и отрубей пшеничных мелких. Содержание соле- и водорастворимых фракций белка (легкоусвояемых человеческим организмом) в мучной композиции на 34,0 % превышает контроль (табл.2).

Использования гречневой и тритикалевой муки в составе мучной смеси (рецептура № 2) на 38,0 % повышает содержание железа в смеси, содержание лизина – на 15,0 %. Содержание соле- и водорастворимых фракций белка повышается на 25,0 %. Содержание кальция на 61,0 % выше по сравнению с мукой пшеничной высшего сорта. Составление мучной смеси с мукой тритикалевой и гречневой позволяет обогатить продукт витамином Е.

Использования овсяной и тритикалевой муки на 30-35 % повышает содержание железа в смеси, содержание лизина – на 10-15 %. Содержание соле- и водорастворимых фракций белка повышается на 20-30 %. Содержание кальция в смеси на 60-65 % выше по сравнению с мукой пшеничной высшего сорта (рецептура № 3).

Содержание белка в мучной композиционной смеси (рецептура № 4) составляет 11,2 %; лизина – 3,0 г/100 г; соле- и водорастворимых фракций белка – 15,0 %; железа – 1,8 мг/100 г; кальция – 27,0 мг/100 г.

По сравнению с контрольным образцом у хлеба, выпеченного из исследуемых композиционных смесей, не было замечено ухудшения органолептических и хлебопекарных показателей качества хлеба (табл.3). Использование в рецептуре композиционной смеси с гречневой муки приводит к появлению незначительного коричневого оттенка мякиша и корки хлеба.

Таблица 3 – Показатели пробной выпечки хлеба из композиционных смесей

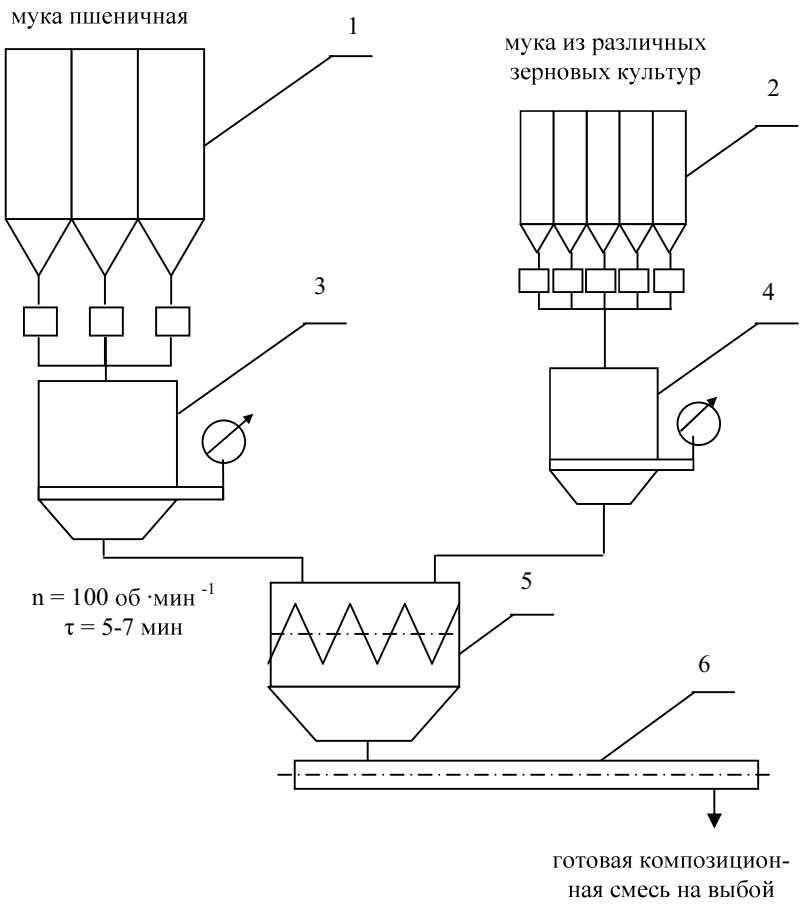
Рецептура композиционной смеси	Масса, г	Объёмный выход, $см^3$	Уд. объём, $см^3/г$	Пористость, %
Контрольный образец	134,6	470	3,57	81
Мука пшеничная в/с – 80 % тритикалевая – 15 % гречневая – 5 %	136,5	465	3,41	80
Контрольный образец	126,1	440	3,49	82
Мука пшеничная в/с – 80 % тритикалевая – 15 % овсяная – 5 %	127,3	430	3,38	82
Контрольный образец	129,3	445	3,44	82
Мука пшеничная в/с – 79 %, тритикалевая –10 %, ячменная, овсяная, гречневая – 6 %, отруби – 5 %	129,2	430	3,33	79
Контрольный образец	127,2	410	3,22	80
Мука пшеничная в/с – 90 % гречневая – 5 % отруби – 5 %	128,1	400	3,12	79

Наиболее целесообразным является формирование композиционных смесей муки непосредственно в отделении готовой продукции мукомольного завода. Наличие готовых композиционных смесей упрощает процесс приготовления хлеба, дает возможность получения хлеба стабильного качества и сокращает время его приготовления.

Производство любых многокомпонентных смесей базируется на двух технологических процессах – дозирования с необходимой точностью и смешивания с целью получения высокой однородности конечного продукта. Т. к. муку из различных зерновых культур рекомендуется вводить в количестве до 20 %, то добиться высокой степени однородности смеси возможно за один этап смешивания (рис.1).

Мучные смеси повышенной пищевой ценности составляют на основе муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта с содержанием сырой клейковины не ниже 25-26 %, качество – не ниже II группы (удовлетворительно слабая). Средневзвешенный размер частиц пшеничных отрубей, используемых в составе композиционных смесей, должен составлять 300-350 мкм, зольность – не менее 4,0 %.

Компоненты мучной композиционной смеси дозируют с необходимой точностью и смешивают в смесителе периодического действия при скорости рабочего органа (лопастного типа) 100 об мин $^{-1}$ в течение 5-7 мин.



1, 2 – наддозаторные бункера; 3, 4 – весовой дозатор; 5 – смеситель периодического действия; 6 – конвейер

Рис. 1 – Принципиальная схема производства композиционных смесей

УДК 664.71.05:631.361.43:658.26-027.33

ВПЛИВ ЛУЩЕННЯ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ НА ПРОЦЕС КРУПОУТВОРЕННЯ

Жигунов Д.О. канд. техн. наук, доцент, Ковальов М. О. аспірант
Одеська національна академія харчових технологій

На сьогоднішній день широко досліджується можливість удосконалення технології сортового помелу пшениці, різними методами. Одним з таких напрямків є використання лущення зерна перед помелом. Так, у даній роботі досліджується вплив лущення пшениці на процес крупоутворення і наводяться результати дослідних помелів.

Possibility of research of technology of high quality grade of wheat is widely prospected for today, by different methods. One of such directions is the use of debranning of grain prior to milling. So, the influence of debranning of wheat on the break systems is research in this work and results over of the laboratory milling are representing.

Ключові слова: лущення зерна, крупоутворення, драні системи, кількісні показники, проміжні продукти, мука, енергія.

У процесі розвитку мукомельної промисловості актуальними залишаються завдання підвищення якості та виходу муки з використанням енерго- і ресурсозбережних технологій.

На сучасних крупних млинзаводах, оснащених найновішим технологічним, транспортним і аспіраційним обладнанням, досягнуто вихід муки вищого сорту не вище 72-75 %, при середньому вмісту ендосперму в зерні 82,5 %. Подальший розвиток технології переробки зерна буде направлений на спрощення складних технологічних схем сортового помелу пшениці за рахунок удосконалення його підготовки і помелу.

Одним із способів вирішення цього питання є використання процесу обробки зерна на етапах його підготовки до помелу, відомих за рубежем під термінами "debranning" (від німецького "bran" – висівки, тобто зняття висівок) або "pearling" (від англійського "pearl" – перлина, тобто шліфування). Загалом ці терміни можна перекласти як лущення, тобто процес, призначений для очистки поверхні, видалення щитка, частково зародка і оболонок зерна в мукомельному виробництві [1].

Впливом процесу лущення зерна на якість і вихід муки займалось багато вітчизняних вчених. Так, ще в 30-х роках цю тему розглядав В.Я. Гіршсон, використовуючи оббивальні машини з абразивною поверхнею, також проводив досліди з лущенням попередньо зволоженої пшениці, які дали позитивні результати. Однак через надмірно високу вологість відходів (до 35-45 %) і необхідність їхнього висушування, цей спосіб не одержав поширення [2].

В 1946 р. у Московському технологічному інституті харчової промисловості під керівництвом Л.Н. Любарського були проведені роботи з вишукування фізико-хімічних методів відділення оболонок [3]. Але використання хімічних методів визнали неприйнятними через зниження харчової цінності готової продукції.

Пізніше цим питанням займались А.В. Кисельова і І.Е. Борисенко [4], які стверджували що лущення зерна призводить до підвищення зольності муки усіх сортів на 0,01-0,03 %.

Також найбільш значимими в даному напрямку були дослідження І.Т. Мерко, І.Р. Дударєва, проведені в ОТІХП (м. Одеса), а також роботи Б.М. Максимчука, Г.А. Єгорова й інших дослідників, проведені у ВНДІЗ і МТІХП (м. Москва). У результаті були вивчені зміни властивостей зерна в процесі підготовки пшениці до помелу методом лущення, запропоновані можливі шляхи реалізації зазначеного процесу, а також описаний позитивний ефект, одержаний у результаті експериментальних помелів [1; С.83-94].

Дослідженнями, що проводилися раніше, відзначено, що при розмелі лущеного зерна пшениці не досягається підвищення виходу борошна високих сортів через погіршення її зольності. Це пояснюється тим, що в результаті лущення зменшується товщина оболонок, знижується їх міцність і відбувається деформація клітин алейронового шару, внаслідок чого при традиційних методах підготовки і розмелу зерна підвищується подрібнюваність оболонок, спостерігається утворення великої кількості дрібних фракцій на драних системах, що ускладнює процес вимелу, погіршується товарний вид борошна.

В свою чергу дослідженням даного напрямку вдосконалення технології переробки зерна широко займаються західні вчені (Dexter J.E.; McGee B.C.; Wood ; Sing N. і Bakshi M.S.; Appadoo S.; Mousia Z.). Так Mousia Z., Edherly S., Pandiella S.S., Webb C. стверджують про покращення якості муки і підвищення її виходу, зокрема вказується зниження зольності на 0,01-0,03 %, підвищується білість на 5-7одиниць, збільшується вміст білка на 0,2 %, покращуються деякі хлібопекарні властивості [5]. Також Laca A., Pandiella S., Diaz M., Webb C. стверджують, що мука отримана з лущеного зерна, має кращі санітарно-гігієнічні та екологічні показники, а це покращує можливості її зберігання [6]. Evers A., McMaster G. встановили, що хоча і зольність муки з нелущеного і лущеного зерна практично однакова, але у муці з лущеного зерна в 1,3-1,5 рази більше алейронового шару [7].

Як відомо, найміцнішою частиною зернівки являються оболонки, для руйнування яких потрібно найбільших зусиль. Тому їх видалення перед здрібненням має великий вплив на структурно-механічні властивості зернівки і зернової маси в цілому [8], що суттєво змінює технологічний процес розмелу зерна.

При будь-якому сортовому помелі початковим і найважливішим є процес крупоутворення, тобто процес первинного здрібнення зерна з метою максимального виходу проміжних продуктів, кількість і якість яких безпосередньо впливають на показники готової продукції.

Тому метою даної роботи було визначення впливу лущення зерна на процес крупоутворення при сортових помелах пшениці. Для цього проводилась серія дослідів за описаною нижче методикою.

Предметом дослідження були зразки зерна пшениці ІІ типу, вирощеного в Одеській області у 2009 році. Зерно мало такі показники якості: початкова вологість 11,4 %; натура 798 г/л; скловидність 51 %; маса 1000 зерен 38 г; зольність 1,55 %. Зерно було достатньо крупне і засміченість зерна не перевищувала допустимі норми.

В роботі досліджували режими роботи перших трьох драних систем (І, ІІ, ІІІ др. с.) і різні режими лущення зерна. Процес лущення будувався за п'ятьма режимами: при лущенні зерна протягом однієї,

трьох, п'яти, семи, дев'яти хвилин для отримання бажаного ступеня лущення (кількості знятих оболонок), з подальшим його здрібненням. Така обробка необхідна для зняття найбільш пружних частин зернівки, а саме оболонок. Очікується, що така обробка може знизити питомі енерговитрати при здрібненні, зменшити протяжність технологічного процесу розмелу і покращити якість готової продукції.

Згідно зі схемою (рис. 1) перед першою драною системою зерно обробляли на лущильній системі зі зняттям оболонок у межах 1 %, 3 %, 5 %, 7 %, 9 %. Дослідження такого широкого діапазону пов'язане з неодностайністю в судженнях як вітчизняних, так і закордонних вчених, які приводять різні дані щодо оптимальних режимів роботи лущильної системи.

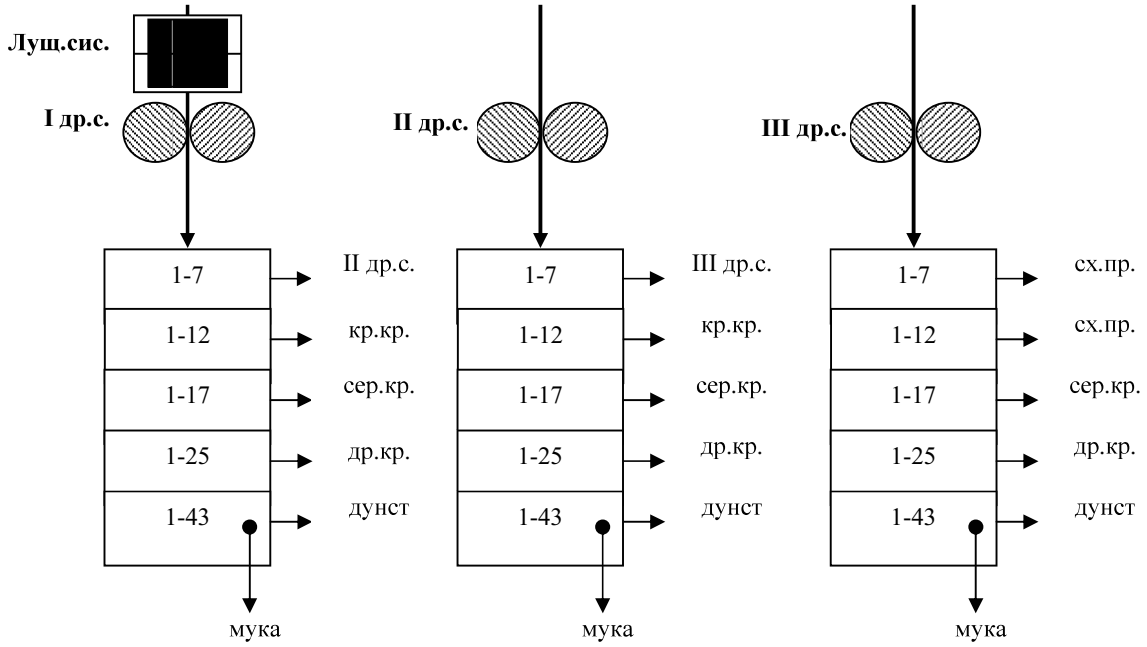


Рис.1 – Схема драного процесу з використанням лущення зерна перед першою драною системою

Як передбачено Правилами [9], зерно перед помелом піддавалось кондиціюванню холодним способом. Наважка зерна зволожувалась водою до 15,5 %, відволожувалась у спеціальній герметичній ємності 12 год, потім проводили короткочасне кондиціювання протягом 15-30 хв з додаванням вологи 0,5 %, після чого зерно одразу направлялось на лущильну систему.

Лущення зерна проводилося на лущильній установці, що має такі технічні характеристики: діаметр отворів сита D= 1 мм; зернистість абразивної поверхні 50 %; потужність електродвигуна W= 1 кВт. Розмел зерна пшениці проводився на лабораторній здрібнювальній установці «Nagema». Використовувалася тільки драна частина верстата, що має такі технічні характеристики: кількість рифлів R= 6; колова швидкість вальців V= 6 м/с; нахил рифлів H= 6 %; довжина вальців L= 150 мм; діаметр вальців D= 220 мм. Зазор на вальцьовому верстаті встановлювали однаковими для всіх дослідних помелів: на I др. с. – 0,9 мм; II др. с. – 0,5 мм; III др. с. – 0,35 мм, це дало змогу дослідити можливість впливу ступеня лущення зерна на режими роботи різних крупоутворюючих систем.

Просіювання продуктів розмелу зерна проводилося на лабораторному розсійнику з такими технічними характеристиками: амплітуда коливань A= 100 мм; частота коливань N= 150 об/хв.; потужність електродвигуна W= 1 кВт. Схеми процесу сортування для кожної системи наведені на рис.1.

Результати проведених досліджень з впливу лущення зерна на режими роботи драних систем наведені в табл. 1.

З даних табл. 1 видно, що зі зростанням ступеня лущення зерна на 1 % збільшувалося загальне вилучення і на I, і на II драних системах на 0,6-0,9 % та відповідно зменшувалося на III драній системі на 0,3-0,4 %. Загалом зростання ступеня лущення збільшувало загальне вилучення з I-III драних систем з 81,7 до 90,1 %, що пов'язане з видаленням частини оболонок при лущенні і зростанні частки внутрішньої частини зернівки в продуктах здрібнення.

Таблиця 1 – Режими роботи крупоутворюючих систем стосовно лущеного зерна

Ступінь лущення, %	Загальне вилучення, %						
	I др. с.		II др. с.		III др. с.		I-III др. с.
	до I др. с.	до системи	до I др. с.	до системи	до I др. с.	до системи	
0	**30,8**	30,8	**41,5**	60,0	**9,5**	33,9	**81,7**
1	**31,4**	31,4	**42,0**	61,7	**9,0**	32,8	**82,4**
3	**33,6**	33,6	**45,9**	69,1	**8,2**	40,0	**87,6**
5	**34,7**	34,7	**46,0**	70,3	**7,1**	37,0	**87,8**
7	**36,9**	36,9	**46,5**	73,6	**6,9**	41,5	**90,3**
9	**37,0**	37,0	**47,2**	74,8	**6,1**	37,1	**90,1**

Таблиця 2 – Режими роботи крупоутворюючих систем стосовно вихідного зерна

Ступінь лущення, %	Загальне вилучення, %						
	I др. с.		II др. с.		III др. с.		I-III др. с.
	до I др. с.	до системи	до I др. с.	до системи	до I др. с.	до системи	
0	**30,8**	30,8	**41,5**	60,0	**9,5**	33,9	**81,8**
1	**31,1**	31,4	**41,6**	61,7	**8,9**	32,8	**81,6**
3	**32,6**	33,6	**44,5**	69,1	**8,0**	40,0	**85,1**
5	**33,0**	34,7	**43,7**	70,3	**6,7**	37,0	**83,4**
7	**34,3**	36,9	**43,2**	73,6	**6,4**	41,5	**84,0**
9	**33,7**	37,0	**43,0**	74,8	**5,6**	37,1	**82,2**

Але якщо розглядати дані режимів стосовно вихідного зерна (направленого на лущення), то такого стрімкого зростання не спостерігалось (табл. 2).

Стабільне зростання загального вилучення на I і II драних системах спостерігалося тільки до ступеня лущення 3 %. При цьому вихід проміжних продуктів і муки на процесі крупоутворення збільшився з 81,7 до 85,0 %. При подальшому лущенні загальне вилучення стосовно вихідного зерна незначно зменшилося і при ступені лущення 9 % практично дорівнювало загальному вилученню при здрібненні нелущеного зерна.

Дані виходу проміжних продуктів і муки, отриманих в результаті проведених дослідних помелів, наведені в табл. 3 і 4.

На I драній системі зі зростанням ступеня лущення з 1 до 9 % спостерігалося збільшення виходу крупної крупки від 15,5 % до 19,6 % і муки від 4,1 % до 5,7 %, відповідно. Вихід решти проміжних продуктів коливався в незначних межах і практично не змінювався для лущеного і нелущеного зерна.

На II драній системі спостерігалося збільшення крупної крупки з 21,4 % до 27,4 %, середньої крупки – від 16,6 % до 24,3 %, дрібної крупки – від 8,4 % до 10,8 %. Вихід дунстів зменшився з 6,3 % до 5,5 % і муки від 7,1 % до 6,9%, при лущенні 1 % і 9 % відповідно.

На III драній системі спостерігалося зростання виходу середньої крупки з 19,7 % до 21,2 %, незначне зменшення виходу дрібної крупки від 12,9 % до 12,1 %, дунстів – з 8,5 % до 7,9 %, муки – від 12,2 % до 11,6 % при ступені лущення 9 %.

Таблиця 3 – Вихід проміжних продуктів і муки з I др. с., % до лущеного зерна

Продукти	Ступінь лущення, %					
	0	**1**	**3**	**5**	**7**	**9**
Крупна крупка	15,2	15,5	17,6	17,9	19,9	19,6
Середня крупка	5,2	5,4	5,1	5,0	5,2	4,9
Дрібна крупка	3,6	3,6	3,7	3,8	3,6	3,7
Дунсти	2,7	3,0	2,9	3,3	3,1	3,2
Мука	4,2	4,1	4,3	4,8	5,2	5,7
Разом	**30,8**	**31,4**	**33,6**	**34,7**	**36,9**	**37,0**

Таблиця 4 – Вихід проміжних продуктів і муки з I-III др. с., % до лущеного зерна

Продукти	Ступінь лущення, %					
	0	**1**	**3**	**5**	**7**	**9**
Крупна крупка	28,5	29,9	34,7	34,9	36,9	36,9
Середня крупка	19,7	20,1	21,2	20,5	21,8	21,3
Дрібна крупка	12,9	12,7	12,6	12,8	12,1	12,6
Дунсти	8,5	8,3	8,2	8,1	8	7,9
Мука	12,2	11,4	11	11,5	11,5	11,6
Разом	**81,7**	**82,4**	**87,6**	**87,8**	**90,3**	**90,1**

Результати табл. 4 показують вплив ступеня лущення зерна на перерозподіл проміжних продуктів і муки. При лущенні до 9 % спостерігається поступове збільшення виходу крупної від 29,9 % до 36,9 %, середньої крупки – від 20,1 % до 21,3 %, вихід дрібної крупки і дунстів практично не змінився, вихід муки незначно зменшився.

Ці коливання можуть пояснюватися змінами фізико-механічних властивостей зерна після лущення. Як вказує Куприц Я.Н., оболонка є каркасом зернівки, який цементує зернівку і пом'якшує дію деформацій, які впливають на зернівку при здрібненні. При зніманні пластичних частин зернівки, тобто оболонок, на неї починають більше діяти сили стискання в робочій зоні вальцьового верстата, ніж сили зсуву. Внаслідок цього зернівка руйнується більш як крихке тіло, а не пластичне і утворюються більш крупні фракції [8].

Наведені дані про збільшення виходу проміжних продуктів крупних фракцій (крупної і середньої крупок) в драному процесі суперечать твердженням деяких вітчизняних вчених [10], які пишуть про отримання більшої кількості дрібних фракцій у процесі крупоутворення. Можливо, це пов’язано з тим, що при дослідних помелах встановлювались однакові зазори на відповідних системах, внаслідок чого режими систем змінювалися, тому необхідно дослідити вплив ступеня лущення на процес крупоутворення при однакових режимах роботи систем здрібнення.

Як говорилось раніше, вплив лущення на якісні показники муки досліджували багато вчених і наводились різноманітні дані. Так, деякі вказують на підвищення зольності муки за рахунок здрібнення зольних частин зернівки, а інші – на збільшення виходу і незначне зменшення зольності. Якість муки прямо залежить від характеристик проміжних продуктів, тому їхнє дослідження планується пізніше. Результати

досліджень зміни якості проміжних продуктів і муки, а також дані зміни питомих енерговитрат при лущенні зерна і його здрібненні будуть наведені в наступних роботах.

Висновки

На основі проведених досліджень для зерна II типу скловидністю 51 % встановлено пряму залежність режиму роботи системи від ступеня лущення (від 1 до 9 %): лущення зерна на 1 % дає можливість збільшити загальне вилучення проміжних продуктів приблизно на 0,9-1,0 % стосовно зерна, що надходить на здрібнення, або на 0,3-0,4 % стосовно вихідного зерна, що надходить на переробку.

Лущення зерна призводить до зростання виходу більш крупних технологічних фракцій крупної і середньої крупок, внаслідок чого очікується позитивний вплив лущення зерна на якість готової продукції.

Література

1. Мерко И.Т. Технология мукомольного и крупяного производства. – М.: Агропромиздат, 1985. – 506 с.
2. Гиршсон В.Я. Экспериментальные исследования процессов технологии зерна. – М.: Заготиздат, 1949. – 259 с.
3. Любарский Л.Н. Отчет о научно-исследовательской работе МТИПП: Разработка оптимальных условий для отделения оболочек у ржи гидротермическим методом до размола. – М., 1948.
4. Киселева А.В., Борисенко И.Е. К вопросу отделения оболочек зерна перед его измельчением. // Вестник технической и экономической информации. – М.: ЦНИТИ Госкомзага СССР, 1963.- №3. – с. 31-33.
5. Effect of wheat pearling on flour quality. / Z. Mousia, S. Edherly, S. Pandiella, C. Webb // Food Research International. – 2004. – v. 37. – №5(129). – P.449-459.
6. Distribution of microbial contamination within cereal grains. / Laca, A., Pandiela, S. S., Diaz, M., Webb, C. // Journal of Food engineering. – 2006. – v.72. – №4. – P.332-338.
7. Эверс А., Келфкенс М., МакМастер Г. Определение зольности - полезный стандарт или пустая трата времени? // Хранение и преработка зерна. – 2003. – №9. – с. 40-46.
8. Куприц Я.Н. Физико-химические свойства зерна. – М.: Заготиздат, 1946. – с. 27-47.
9. Правила організації і ведення технологічного процесу на борошномельних заводах. – К.: Віпол, 1998. – 145 с.
10. Верещинский А.П. Шелушение пшеницы в технологии сортовых помолов. // Хранение и переработка зерна. – 2008. – №9. – с. 52-55.

УДК 664.73/.74: 658.26-027.33

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ СТРУКТУР ПРОЦЕССА КРУПООБРАЗОВАНИЯ

Моргун В.А., д-р техн. наук профессор, Жигунов В.А., канд. техн. наук, доцент,
Давыдов Р.С., ассистент
Одесская национальная академия пищевых технологий

Совершенствование процесса крупообразования является наиболее актуальным вопросом, так как от эффективности его работы зависит качество готовой продукции, а также энергоемкость процесса получения сортовой муки. В данной статье рассмотрены некоторые возможные варианты построения систем крупообразования с использованием повышенного извлечения на первой драной системе.

Perfection of break grinding process is the most actual as it depend on end-use quality of flour and energy consumption during flour milling. Some possible variants of construction of break grinding with enhanceable break release on 1st break system are considered in this article.

Ключевые слова: крупообразование, крупки, извлечение, режим, структура, двойное измельчение, шелушение, предварительная обработка, зольность, выход, удельные затраты энергии.

Для подавляющего большинства людей, которые населяют нашу планету, зерновые продукты являются основными и незаменимыми продуктами питания. Такое высокое значение их роли обусловлено высокой питательной ценностью, а также тем, что производство хлебопродуктов является самым дешевым способом получения пищевых продуктов.

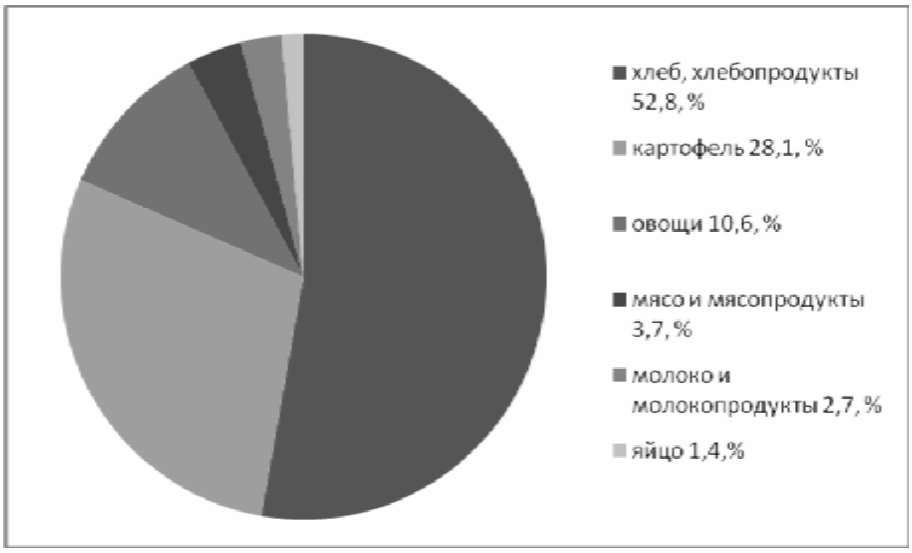


Рис. 1 – Рацион питания населения планеты (по данным ФАО 2000 г)

Современная технология переработки зерна в сортовую муку на крупных заводах очень сложна, включает развитую многостадийную структуру и большое количество разнообразного технологического и транспортного оборудования. Принципы построения и режимы систем на мукомольных заводах не изменяются с 70-х годов прошлого века.

Сортовой помол пшеницы на современных мукомольных заводах Украины осуществляется на 4-х драных, 4-х сортировочных, 2-х шлифовочных, 11-12 размольных системах.

Большое количество разнообразного оборудования, высокая протяженность и относительная сложность технологического процесса, высокая производительность зерноперерабатывающих предприятий – обусловливают высокую стоимость при их строительстве и высокие энергозатраты при их эксплуатации. Для уменьшения строительных и технологических расходов появляются новые способы подготовки и переработки зерна.

Так, швейцарскими и немецкими учеными в 90-х годах разработано технологическое оборудование и внедрена на мукомольных заводах технология последовательного измельчения зерна с использованием восьмивальцовых станков. Ястребовым П. в 70-х годах установлено, что наибольшие энергозатраты на пластические деформации при измельчении пшеницы приходятся на I драную систему, которая обусловливает целесообразность предразрушения зерна не только для ржи, но и для пшеницы. Алимкуловым Ж., Егоровым Г. были проведены исследования по использованию предварительного шелушения и установлена перспективность этого метода подготовки зерна для сортовых помолов. Но экономический кризис в Украине в течение 90-х годов не способствовал внедрению этих методов на мукомольных предприятиях, так как не были сформулированы методические рекомендации по структуре и ведению технологического процесса сортовых помолов, не обоснованы режимы систем измельчения, не изучено качество готовой продукции при использовании новых методов подготовки и переработки зерна.

Процесс крупообразования, как начальный этап общего технологического процесса на мельницах сортового помола пшеницы, является определяющим для всех последующих этапов. Эффективность этого этапа непосредственно оказывает влияние на выход и качество муки по сортам, а также энергоемкость процесса производства муки в целом.

Нами были проведены сравнительные исследования в лабораторных условиях эффективности процесса крупообразования, построенного по различным вариантам: А – «классическим» способом, В – без просеивания продуктов измельчения после первой драной системы, С – с шелушением зерна перед первой драной системой в подготовительном отделении, D – с предварительным измельчением (на преддраной системе).

Измельчение и сортирование проводили на лабораторной установке «Nagema». Для исследования приняли рядовую озимую краснозерную пшеницу стекловидностью 50 %. Использовали холодное кондиционирование, увлажняя зерно до 16 % в течение10 ч.

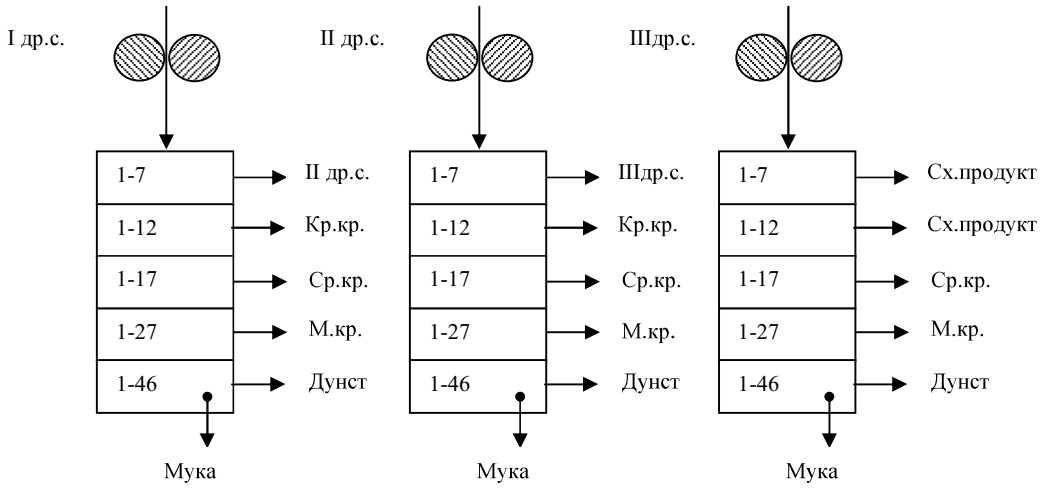


Рис. 2 – «Классическая» структура процесса крупообразования (А)

Данную структуру используют на большинстве заводов. Крупообразование осуществляют на 3-х драных системах. Продукты после измельчения на вальцовых станках сортируют в рассевах для выделения сходовых, промежуточных продуктов и муки. Сходовые продукты направляют на последующее измельчение, промежуточные продукты (крупки и дунсты) в соответствии со схемой технологического процесса обогащают в ситовеечных машинах, а муку направляют на контроль муки.

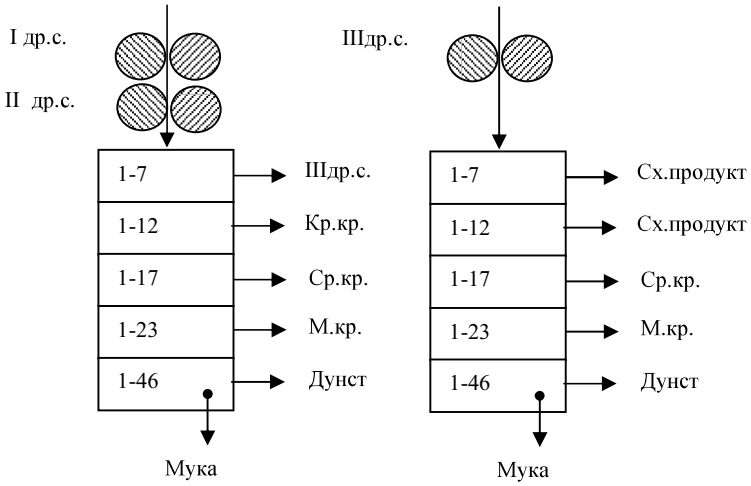


Рис. 3 – Структура построения процесса крупообразования без сортирования продуктов измельчения первой драной системы (В)

Особенность структуры В заключалась в том, что продукты измельчения первой драной системы не сортируют, а направляют на вторую драную систему. Вариант С предусматривает шелушение зерна, т.е. удаление с поверхности зерна в основном плодовых оболочек в количестве 2-4 %. В соответствии с вариантом D, предразрушение зерна осуществляли на вальцовом станке с микрошероховатыми вальцами, при отношении окружных скоростей быстро и медленно вращающихся вальцов К=1. Режим работы данной системы составлял 1-3 % (проход через сито №1,0).

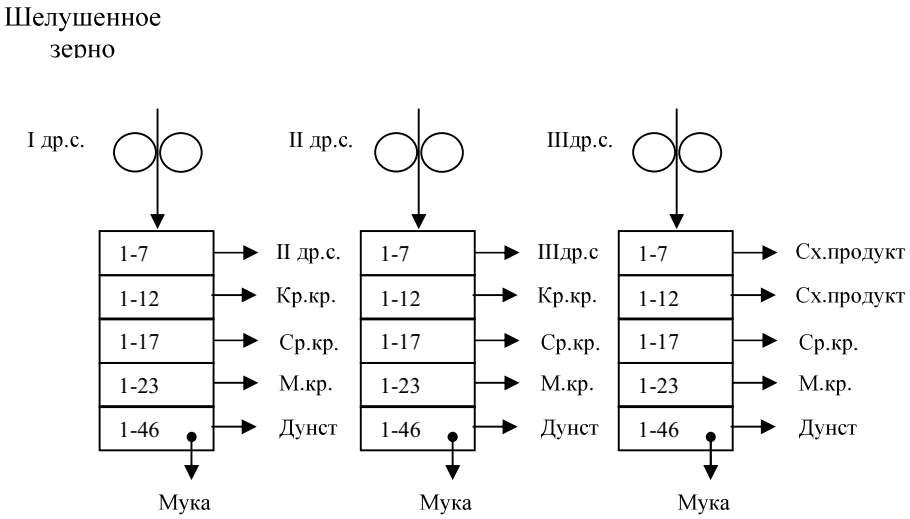


Рис. 4 – Структура процесса крупообразования шелушенного зерна (С)

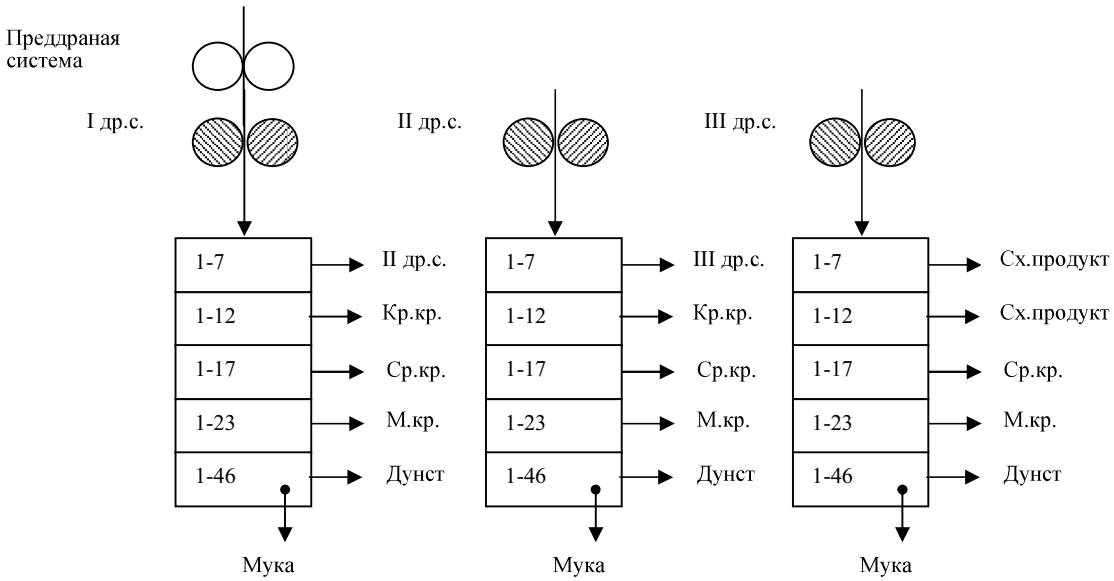


Рис. 5 – Структура процесса крупообразования с предварительным измельчением перед первой драной системой (D)

Для оценки эффективности процесса крупообразования существует множество параметров оптимизации, предложенных различными авторами:

- средневзвешенная зольность продуктов извлечения с I-III драных систем, % [4];
- зольность муки общего выхода, % [4];
- белизна муки общего выхода, ед. [4];
- величина суммарного извлечения продуктов, полученных в процессе крупообразования, % [4];
- суммарный выход крупок, полученных в процессе крупообразования, % [4];
- относительный показатель зольности, приходящийся на 1% общего извлечения $K = \frac{z_o}{v_o}$;
- количество продуктов извлечения, приходящееся на 1% зольности, K; [4];
- оборачиваемость продуктов в процессе крупообразования : $q = q_1 + q_{11} + q_3$ [4]

где q_1 – нагрузка на I драную систему, %

q_{11} – нагрузка, соответственно на II, III драные системы, %

— технологическая эффективность измельчения $E = \frac{U * Z}{П * Z}$ [4]

где U – извлечение круподунстовых продуктов, %
П – количество зерна, поступающего на измельчение, с учетом возврата с веек, %
$Z_п$ – зольность зерна, %
Z_u – средневзвешенная зольность круподунстовых продуктов, %

- критерий эффективности измельчения $E = \frac{B - Y}{0.01 * G * Э}$

где В – выход крупок;
Y – количество оболочек в полученных крупках, кг;
d – средняя крупность крупок, мм;
Zэ – зольность эндосперма, %
G – масса зерна, кг;
Э – содержание эндосперма в зерна, %
Z – зольность крупок, %

— величина общего извлечения, связанная со степенью извлечения продуктов;
— удельный расход энергии на размол 1 т зерна;
— удельный расход энергии на 1 т извлечения промежуточных продуктов;
— удельный расход энергии на 1 % извлечения;
— расход энергии на измельчение: $A = A_{у.п.} + A_{п.п.}$ [4]

Где A – энергия на упругие и пластические деформации

$A_{у.п.}$ – энергия на образование новой поверхности

$A_{п.п.}$ – энергия на деформацию и износ рабочей поверхности

Процесс крупообразования необходимо оценивать с разных сторон: количественной, качественной и энергосиловой. Для оценки количественной характеристики мы выбрали количество промежуточных продуктов и муки, качественной – зольность промежуточных продуктов и муки, энергосиловой – удельный расход энергии на 1 % извлечения. Выбор этих показателей был обусловлен простотой их определения в лабораторных и производственных условиях.

Работой Мерко И. и Каминского А. было установлено, что между выходом и зольностью промежуточных промежуточных продуктов в драном процессе и качеством и выходом готовой существует тесная корреляция (рис 6).

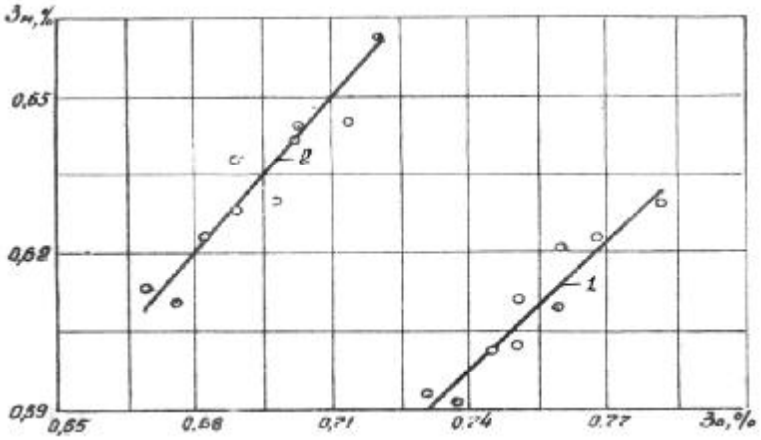


Рис. 6 – Зависимость зольности муки общего выхода от средневзвешенной зольности продуктов извлечения с I-III драных систем при взаиморасположении рифлей спинка по спинке

По результатам наших исследований [5], а также других исследователей, в частности Ситковского А [2], было предложено интенсифицировать режим работы первой драной системы по сравнению с «Правилами» (с 25-30 % до 35-40 %).

Зависимость выхода и качества промежуточных продуктов с I-III драных систем, от структуры процесса крупообразования при режиме работы первой драной системы 35-40 % приведена на рис 7.

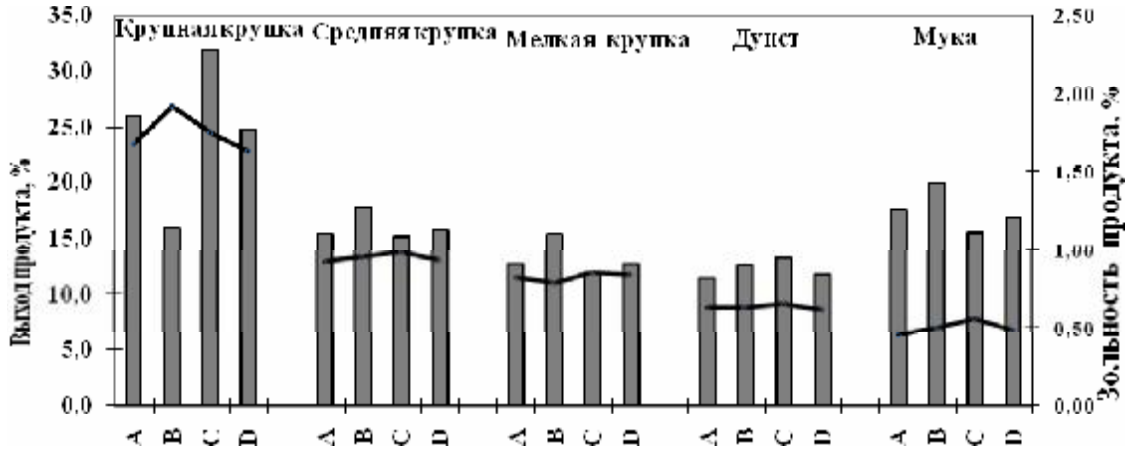


Рис. 7 – Зависимость выхода и качества промежуточных продуктов I-III др.с. от структуры процесса крупообразования (при режиме работы первой драной системы 35-40 %)

Интенсификация измельчения на I драной системе ведет к перераспределению гранулометрического состава круподунстовых продуктов первого качества по сравнению с «Правилами»: уменьшение выхода крупных фракций (прежде всего крупной крупки) и увеличение мелких фракций (дунстов и муки).

Наименьший выход и наибольшая зольность крупной крупки наблюдается при использовании двукратного измельчения без промежуточного сортирования продуктов измельчения после первой драной системы. Это объясняется тем, что продукт переизмельчается вместе с оболочками, а следовательно более крупные фракции мигрируют в более мелкие, а переизмельченные оболочки повышают зольность продукта. Наибольший выход крупной крупки характерен при использовании шелушенного зерна, снимаются оболочки, которые способствуют разрушению зерна с наличием пластических деформаций, а при их отсутствии преобладают упругие деформации, что ведет образованию большего количества крупных фракций.

Средней и мелкой крупок в большем по сравнению с другими способами получают при использовании структуры с двойным измельчением это объясняется тем, что часть крупной крупки перешло в среднюю и мелкую.

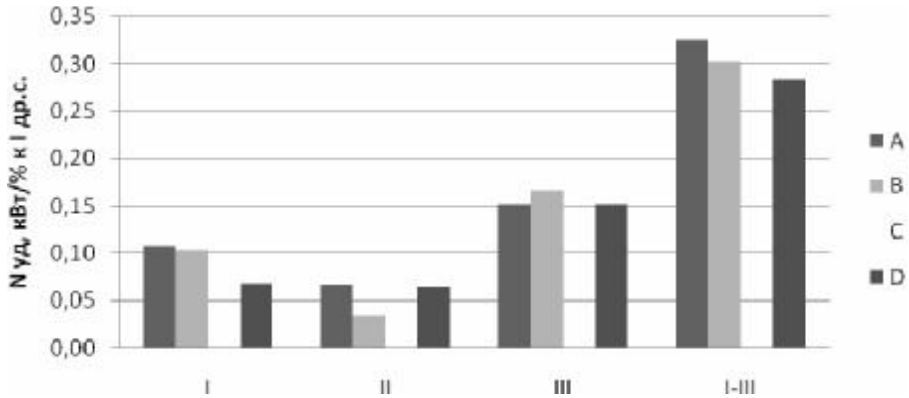


Рис. 8 – Зависимость удельных энергозатрат от структуры процесса крупообразования

Как можно видеть из представленного графика, структура процесса крупообразования существенно влияет на удельные энергозатраты. Наименьшие затраты энергии с трех драных систем наблюдались при измельчении шелушенного зерна, это связано с тем что при шелушении снимали оболочки, которые являются «упругим каркасом», без которого зерно не оказывает упругого сопротивления, а эндосперм оказавшийся без защиты оболочек, легко дробится. При использовании преддраной системы также как и при двойном измельчении без промежуточного просеивания, зерно лишается эластичности и ведет себя как хрупкое тело. Этим объясняется незначительно меньшие удельные энергозатраты трех способов построения крупообразования (B,C,D) от классической структуры.

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

— Интенсификация работы первой драной системы возможна и необходима это позволит получить повышенный выход технологических фракций, что особенно актуально для заводов средней и малой производительности.

— Использование двойного измельчения приводит к переизмельчению крупных фракций, что незначительно ухудшает качество промежуточных продуктов. При этом несущественно уменьшаются энергозатраты, однако, использование данной схемы позволяет увеличить производительность предприятия при существенной экономии производственной площади, что является положительным фактором как при постройке новых предприятий так и при реконструкции действующих предприятий.

— Для заводов малой и средней производительности использование схемы с шелушением перед первой драной системой позволит улучшить качество зерна поступающего в размольное отделение т.к. на данных предприятиях не развит процесс подготовки зерна к помолу. При этом увеличится выход технологических фракций, что позволит в дальнейшем выйти на высокий выход муки.

— Введение системы предварительного измельчения позволит снизить энергозатраты на процесс крупообразования, а также стабилизировать качество зерна поступающего на первую драную систему, что особенно актуально для заводов, на которых процесс ВТО не оснащен системой регулирования влажности зерна.

Литература

1. Таций В.И. Исследование эффективности различных структурных вариантов процесса крупообразования. – Одесса – 1978. – 255 с.
2. Каминский А..Я. исследование режимов систем процесса крупообразования и разработка устройств для их стабилизации на мельницах сортового помола. – Одесса – 1972. – 294 с
3. Правила організації і ведення технологічного процесу на борошномельних заводах. – К.: «Віпол», – 1998. – 145 с.
4. Айзикович Л.Е., Хорцев Б.Н. Технология производства муки. – М.:«Колос» – 1968.
5. Д. Жигунов, Р. Давыдов Энергетическая характеристика процесса первичного измельчения зерна.- FOOD SCIENCE, ENGINEERING AND TECHNOLOGIES, – 2008, Plovdiv C.107-111.

УДК 664.788.3.085:005.336.3

ВПЛИВ РЕЖИМІВ ПІДГОТОВКИ ЗЕРНА ГРЕЧКИ НА ЯКІСТЬ КРУПИ

Моргун В.О. д-р техн. наук, професор, Соц С.М. канд. техн. наук, доцент, Донець А.О. аспірант
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Наведені результати дослідів при обробці зерна гречки полем надвисокої частоти (НВЧ). За рахунок використання НВЧ - поля покращуються біохімічні властивості крупи, загальний вихід круп суттєво не змінюється.

Presentation results of experiments at treatment of corn of buckwheat by the field of super h igh frequency (SHF). Due to the use of SHF - field beater of bio-khimichs property of groats, the general output of groats does not change substantially.

Ключові слова: крупа, гречка, воднотеплова обробка, білок, режими.

Метод надвисокочастотної (НВЧ) обробки харчових продуктів у промисловості вважається перспективним. Ідея використовувати надвисокочастотну енергію для нагріву харчових продуктів уперше була запропонована у США ще в 1945 році. Обробка продуктів НВЧ-енергією дозволяє створити високоефективні технологічні процеси завдяки перевагам, що поєднуються в одному методі. До його переваг можна

віднести високу швидкість, безконтактність, об'ємність нагрівання, що дозволяє забезпечити рівномірне або задане нагрівання, безінерційність, високу концентрацію енергії в одиниці об'єму, вибірковість, можливість створення "м'якого" режиму термообробки та імпульсного нагрівання, високий коефіцієнт корисної дії перетворення енергії НВЧ у тепло тощо. Цей метод дозволяє підвищити швидкість процесу обробки, покращити якість продукту, зменшити його втрати при термообробці. Це підтверджується першими успішними практичними застосуваннями цього методу в промисловості і швидким ростом використання побутових НВЧ-печей, які в деяких країнах випускаються у великій кількості. В той самий час прилади НВЧ-енергії у промисловості України поки що широко не використовуються.

Одним із завдань є – дослідження впливу вдосконалених режимів на хімічний склад продуктів лущення. Оскільки гречка є продуктом дієтичного харчування, як показали попередні дослідження, вона має сприятливе співвідношення білкових фракцій, кількість ферментів, жирів та вуглеводів. Також до її складу входять органічні кислоти (лимонна, яблучна, щавлева), які сприяють кращій засвоюваності організмом живильних речовин. У ядрі гречки велика кількість фосфору, заліза та кальцію. Білок гречки містить підвищену кількість лізину і за біологічною цінністю вище за білок зернових злакових культур.

Найважливіша властивість білків гречки- їх хороша розчинність. Водорозчинні білки (альбуміни) та солерозчинні (глобуліни) найпоживніші для організму, завдяки сильно розвиненому зародку, що розташований у середині ядра. Він повністю залишається в крупі. Тому вона відрізняється великим вмістом вітамінів: тіаміну, рибофлавіну і ніацину.

На кафедрі технології переробки зерна Одеської національної академії харчових технологій були проведені дослідження, спрямовані на покращення якості та зменшення експлуатаційних витрат на виробництво крупи гречаної за рахунок впровадження обробки зерна в підготовчому відділенні полем надвисокої частоти та вдосконалення існуючих видів обробки. Для обґрунтування режимів обробки НВЧ полем необхідно було визначити зміни хімічного складу та біохімічних властивостей зерна гречки. Для визначення ефективного режиму підготовки було застосовано математичне моделювання технологічного процесу. Після аналізу процесу і визначення впливаючих факторів вибрана математична модель Хартлі (4/18). Вона показує дію факторів на критерій оптимізації, оскільки одним з основних показників ефективності технологічного процесу є вихід крупи, параметром оптимізації виділено саме його.

Факторами впливу визначено: вологість зерна гречки, час відволоження продукту, потужність магнетрона в камері НВЧ, експозиція гречки в НВЧ- камері.

Попередньо проведені досліди дали можливість визначення варіювання величин факторів та часткового впливу дії факторів на параметр оптимізації. Вологість гречки змінювалась у діапазоні від 20 % до 30 %, з кроком 5 %. Час відволоженння продукту перед обробкою змінювався в межах від 5 до 15 год. з кроком 5 год. Потужність магнетрона в камері обробки мала значення від 100 Вт до 900 Вт з кроком 400 Вт. Експозиція в камері змінювалась у межах від 5 хв до 15 хв з кроком 5 хв. Також у математичній моделі використовувалась міжфакторна взаємодія. Паралельно з цією моделлю була досліджена така сама модель з використанням пропарювання, деякі результати були представлені для порівняння. Обробка моделі проводилась за допомогою програми «Turbo» на ЕОМ. За найбільшим значенням виходу крупи були отримані оптимальні значення факторів: вологість 25 %, час відволоженння 12,5 год, потужність 700 Вт, експозиція 10 хв.

У табл. 1 наведені дані зміни вмісту крохмалю і білка в залежності від виду та режиму обробки. Вміст крохмалю зменшується з 70,3 % до 68 % в залежності від виду та часу обробки, при потужності НВЧ- поля 500 Вт зміна крохмалю складала від 70,29 % до 68,5 %, при потужності НВЧ- поля 900 Вт зміна 70,08 % – 68,34 %, при пропарюванні тиском 0,2 МПа температурою 150°С і експозицією 5-15 хв зниження було від 70,11 % до 68,7 %. Ці зміни пояснюються тим, що при обробці зерна гречки при наявності вільної води відбувається часткова клейстеризація крохмальних гранул. Втрати білка при обробці гречки парою більші в порівнянні з НВЧ-обробкою.

Білкові речовини є однією з головних складових частин зерна гречки та продуктів його переробки і характеризують харчову цінність крупи. Зміни істотно впливають на технологічні, харчові і споживчі властивості зерна. Одержані дані про зміну фракційного складу білка гречаних круп наведені в табл. 2.

При обробці крупи НВЧ-полем потужністю 500 Вт спостерігається зниження вмісту водно-солевої фракції в порівнянні зі зразком, обробленим парою, на 18,5 % менше, збільшується лужна фракція і нерозчинний осад.

При обробці крупи НВЧ-полем потужністю 900 Вт спостерігається зниження вмісту водно-сольової фракції від 58,2 % до 49,6 %, влив пропарювання на кількість альбумінів і глобулінів порівняно з НВЧ-полем більший, оскільки зниження складало від 58,2 % до 38,5 %, збільшення лужної фракції при НВЧ обробці від 19,3 % до 21,5 % при 500 Вт, і від 19,3 % до 22,6 % при потужності 900 Вт.

Таблиця 1 – Вплив виду та режимів обробки на зміну вмісту білка та крохмалю

Тип та режим ГТО	**Вміст, %**	
	крохмалю	**білка**
Необроблена	70,3	12,5
Пропарювання, Р=0,2 МПа		
Т= 5	70,1	12,4
Т=10	69,0	11,8
Т=15	68,7	11,6
Обробка полем надвисокої частоти		
Потужність-500 Ватт		
Т= 5	70,3	12,5
Т=10	69,2	12,9
Т=15	68,5	12,9
Потужність-900 Ватт		
Т= 5	70,1	12,5
Т=10	68,9	13,0
Т=15	68,3	13,1

При обробці зерна гречки полем СВЧ і парою зменшується вміст водно-сольова фракції та збільшується кількість лужної фракції і нерозчинного осаду, але втрати водно-сольової фракції при обробці НВЧ на 18-20 % менші в порівняні з пропарюванням зерна гречки. Про це свідчать і дані (рис. 1) перетравності білків крупи гречаної.

Таблиця 2 – Зміна фракційного складу білків гречаної крупи,%

Тип та режим ГТО	Водно-сольова фракція	Спиртова фракція	Лужна фракція	Нерозчинний осад
Необроблена	58,2	2,1	19,3	15,2
Пропарювання				
Р=0,2 МПа				
Т=5	58,2	0,0	19,3	15,2
Т=10	46,5	0,0	27,8	28,3
Т= 15	38,5	0,0	28,2	34,6
Поле - НВЧ Потужність-500 Ватт				
Т= 5	58,2	0,0	19,3	15,2
Т= 10	53,1	0,0	20,7	24,6
Т=15	49,8	0,0	21,5	30,6
Потужність-900 Ватт				
Т= 5	58,2	0,0	19,3	15,2
Т= 10	50,1	0,0	21,0	24,3
Т= 15	49,6	0,0	22,6	29,3

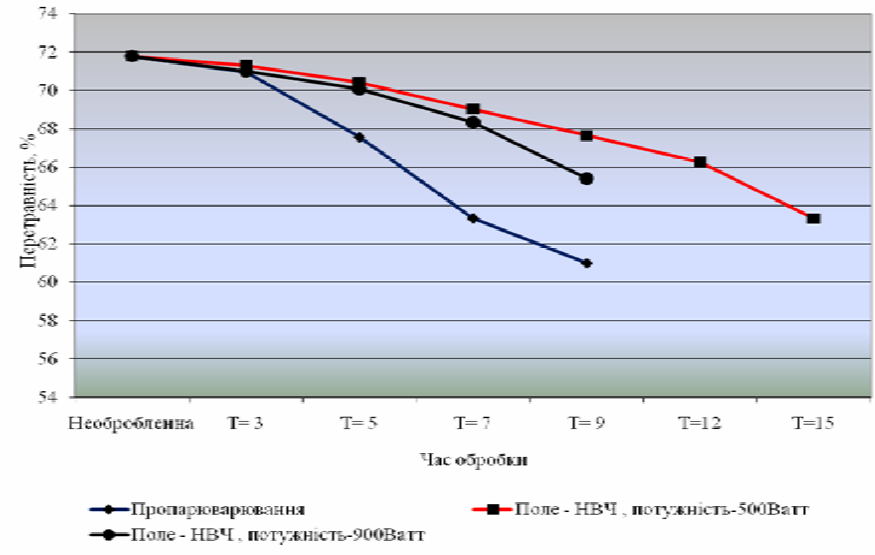


Рис. 1 – Перетравність білків крупи гречаної при різних видах обробки

Перетравність білків гречаної крупи, обробленої паром, зі збільшенням часу обробки зменшувалась від 70,9 % до 60,9 %,при обробці полем НВЧ протягом 5-15 хв та потужності 500 Вт спостерігається спад від 71,3 % до 63,3 %, що на 11 % краще, ніж при обробці паром. Коли проводився аналіз при потужності поля 900 Вт зниження складало від 71,1 % до 58,3 %.

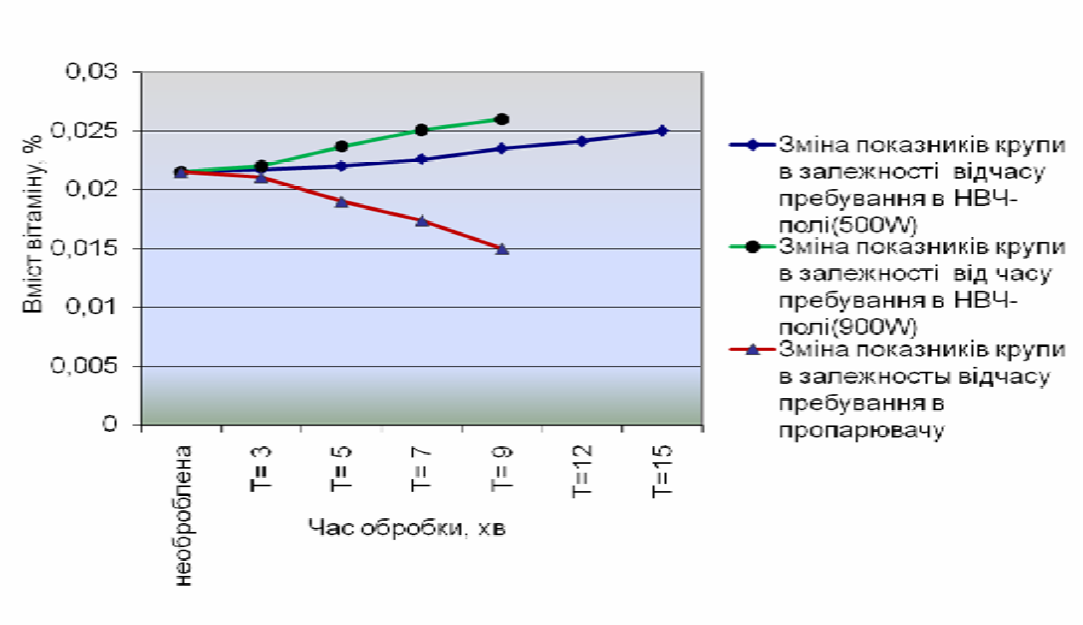


Рис. 2 – Вмісту вітаміну B_2, в крупі гречаній при різних видах обробки крупи

Вміст вітаміну В2 при обробці зерна гречки парою значно зменшується щодо крупи, отриманої з необробленого зерна. При обробці зерна полем НВЧ вміст вітаміну В2 у крупі збільшується за рахунок міграції білків і вітамінів з периферичних частин зернівки до ядра (рис. 2).

На основі проведених досліджень можна зробити висновок, що використання НВЧ-поля приводить до менших втрат біологічно активних речовин у крупі в порівнянні з обробкою зерна парою.

Література

1. Моргун В.А. Использование муки из зерна крупяных культур при производстве муки хлебопекарной / В.А. Моргун, Д.А. Жигунов, О.С. Крошко // Зерновые продукты и комбикорма. – 2004. – № 1. – с.13-15.
2. Созинов А. А. Полиморфизм белков и его значение в генетике и селекции. – М.: Наука, 1985. – 297 с.
3. Никитенко Н.И. Теория тепломассопереноса. – Киев: Наукова думка, 1983. – 352 с.
4. Кришер О. Научные основы техники сушки // Пер. с нем. под ред. А.С. Гинзбурга. – М.: Издательство иностранной литературы, 1961. – 539 с.
5. Гришин М.А., Атаназевич В.И., Семенов Ю.Г. Установки для сушки пищевых продуктов: справочник // Агропромиздат – М. – 1989.

УДК 664.72:579: 628.16.086

ПОЛІПШЕННЯ МІКРОБІОЛОГІЧНОЇ ЧИСТОТИ ЗЕРНА ШЛЯХОМ ОБРОБКИ ЕЛЕКТРОАКТИВОВАНОЮ ВОДОЮ

Колесніченко С.Л., канд. техн. наук, доцент
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

У статті наведені експериментальні дані щодо визначення впливу електроактивованої води на мікробіологічне забруднення зерна пшениці.

In the articles resulted experimental information is on determination of influence of the electro-activated water on microbiological contamination of grain of wheat.

Ключові слова: електроактивована вода, католіт, аноліт, зерно пшениці, мікробіологічне забруднення зерна.

Вирішення проблема забезпечення населення повноцінними та екологічно чистими продуктами харчування є одним із найважливіших завдань сучасності.

Останнім часом стійко зберігається тенденція до збільшення чисельності та розповсюдження багатьох збудників захворювання зернових культур, серед яких значну небезпеку становлять бактеріози, мікроскопічні гриби та мікотоксини, які ними утворюються.

Для знезараження зерна та продуктів його переробки широко використовуються хімічні (окислювачі, фумігатори, інактиватори ферментів і мікотоксинів) методи. Але, незважаючи на їх високу активність проти фітопатогенного комплексу, хімічні речовини здатні накопичуватися в зерні, борошні та хлібі, знижуючи тим їх нешкідливість для споживача. Крім того, галузям харчової і переробної промисловості необхідні саме такі методи, які крім ефекту знезараження забезпечать збереження технологічних властивостей зерна.

Зерно, яке надходить на комбінати хлібопродуктів, має значний ступінь зараженості: загальне мікробне число сягає 8×10^8 КУО/г.

Первинне сухе очищення незначною мірою впливає на мікробіологічне забруднення зерна. Вторинне вологе очищення зерна, яке здійснюється в машинах вологого лущення або в мийних машинах, дозволяє частково змити водою поверхневі мікроорганізми. Водночас відбувається вторинне інфікування здорових зерен під час взаємодії з мийною водою. Тому суттєвого зниження зараження зерна не відбувається. В результаті відволоження зерна в бункерах загальне мікробне число зростає ще більше.

У сприятливих умовах підвищеної вологості і температури мікроорганізми активізуються, а набухлі спори готуються до проростання.

Можливість покращення екологічної чистоти зерна шляхом впливу на нього електроактивованої води було досліджено в лабораторії кафедри Екології харчових продуктів і виробництв Одеської національної академії харчових технологій (ОНАХТ).

Електрохімічна активація привертає все більшу увагу вчених та фахівців різних галузей можливістю безреагентної екологічно чистої зміни кислотно-лужних і окислювально-відновних властивостей води різного ступеня мінералізації. Електрохімічна активація проводиться шляхом катодної або анодної електрохімічної обробки води в діафрагмовому електрохімічному реакторі. Діафрагма у вигляді пористої діелектричної перегородки між електродами реактора перешкоджає змішуванню об'ємів води в анодній і катодній електродних камерах, водночас забезпечує іонний обмін між цими об'ємами. В результаті обро-

бки в катодній камері реактора вода насичується продуктами катодних електрохімічних реакцій, зазвичай гідроксидами металів, що утворилися з розчинених солей, гідроксид-іонами, воднем. Під час та після катодної електрохімічної обробки вода для спрощення позначення характеру наданої на неї дії називається католітом. При анодній обробці вода насичується продуктами окиснення, у тому числі кислотами, синтезованими з розчинених солей, киснем, хлором. У момент і після анодної обробки вода називається анолітом. Активований стан води і розчинів у результаті уніполярної електрохімічної обробки виявляється в аномальній реакційній здатності католіту й аноліту в окислювально-відновних реакціях, в їх каталітичній, біокаталітичній активності, в аномальній физико-хімічній активності при взаємодіях на межі розділу фаз і не жорстко корелює з вимірюваними параметрами, такими, як pH, окислювально-відновним потенціалом (ОВП), поверхневим натягненням, діелектричною проникністю, електропровідністю та іншими.

Літературні джерела відзначають сприятливий вплив католіту на живі організми, аноліт має властивості антисептика: пригнічення мікрофлори, значне зменшення її функціональної активності.

Для досліджень електроактивовану воду одержували за допомогою біоактиватора «Ековод». Окислювально-відновний потенціал католіту складав (–365) мВ, водневий показник pH дорівнював 10,7. ОВП аноліту дорівнював +390 мВ, pH = 1,9.

Електроактивована вода є нестійкою, через деякий час втрачає каталітичну активність та реакційну здатність, перетворюючись у чисту питну воду. Літературні джерела не дають однозначної інформації щодо стабільності електроактивованої води. Стабільність аноліту і католіту досліджувалась за показниками pH і ОВП. В дослідах використовувався пристрій ORP-200, що призначений для вимірювання окислювально-відновного потенціалу (REDOX) води та високоточний бюджетний пристрій PH-035 для вимірювання водневого показника pH.

Зміна ОВП електроактивованої води в залежності від часу представлена в таблиці 1.

Таблиця 1 – Зміна ОВП електроактивованої води в залежності від часу її зберігання.

№ досліду	Значеня окислювально-відновного потенціалу, мВ		Час зберігання електроактивованої води, годин
	католіт	аноліт	
1	–365	386	0
2	–315	386	1,0
3	–265	394	2,5
4	–205	405	4,0
5	–185	414	6,0
6	–134	407	9,0
7	75	404	18,0
8	185	375	30,0
9	185	362	43,0
10	202	348	68,0

Зміна pH електроактивованої води в залежності від часу представлена в таблиці 2.

В залежності від часу зберігання електроактивована вода має властивість змінювати свій окисно-відновний потенціал та показник pH. Якщо зміна ОВП аноліту несуттєва і варіює в межах від +386 до +348 протягом 68 годин, то в католіті спостерігається суттєва зміна ОВП від –365 до +202.

pH католіту змінився з 10,7 до 8,06 за 68 годин досліду, pH аноліту збільшився з 2,23 до 2,53.

У дослідженнях впливу електроактивованої води на мікробіологічний стан зерна пшениці використовували воду, отриману одразу після електроактивації.

Зразки зерна оброблялись окремо анолітом, католітом та анолітом і католітом по черзі. На обробку 100 г зерна витрачали 40 мл електроактивованої води.

Мікробіологічний аналіз зерна було проведено класичним методом посіву на щільне середовище в лабораторії мікробіології ОНАХТ.

Мікробіологічний аналіз проводили через годину та через добу після обробки зерна.

Одержані результати наведено в таблиці 3.

Таблиця 2 – Зміна pH електроактивованої води в залежності від часу зберігання.

№ досліду	Значення pH		Час зберігання електроактивованої води, годин
	католіт	аноліт	
1	10,7	2,23	0
2	10,46	2,36	1,0
3	10,31	2,41	2,5
4	10,21	2,37	4,0
5	9,98	2,45	6,0
6	9,97	2,45	9,0
7	9,60	2,44	18,0
8	9,13	2,45	30,0
9	8,51	2,46	43,0
10	8,06	2,53	68,0

Таблиця 3 – Мікробіологічний аналіз зерна пшениці після обробки водою

Метод обробки	Мікробіологічне забруднення до обробки, КУО/г.		Мікробіологічне забруднення зерна через 1 годину після обробки, КУО/г.		Мікробіологічне забруднення після відволоження 24 год, КУО/г.	
	Загальне мікробне число	Плісняві гриби	Загальне мікробне число	Плісняві гриби	Загальне мікробне число	Плісняві гриби
Водою з водогону	$4{,}60 \times 10^4$	70	$1{,}22 \times 10^4$	30	$3{,}70 \times 10^4$	70
Анолітом	$5{,}40 \times 10^4$	60	$2{,}40 \times 10^4$	40	$5{,}60 \times 10^4$	0
Католітом	$5{,}40 \times 10^4$	60	$4{,}00 \times 10^4$	30	$1{,}70 \times 10^4$	10
Послідовно анолітом і католітом	$7{,}70 \times 10^4$	70	$5{,}95 \times 10^4$	60	$7{,}00 \times 10^2$	0

При зволоженні зерна:

— водою з водогону загальне мікробне число знижується, а після відволоження практично досягає початкового рівня;

— анолітом – тенденція зберігається, але дія аноліту найбільш згубно впливає на цвілі зберігання;

— католітом- загальне мікробне число незначно зменшується, а після відволоження дає зниження загального мікробного числа і цвілей зберігання на 60-70 %;

— послідовно анолітом та католітом – спостерігався найкращий результат, а після відволоження загальне мікробне число знизилося в 100 разів та не спостерігалося цвілей зберігання.

Електроактивовану воду можна застосовувати на стадії підготовки зерна до помелу при вологотепловій обробці.

Найбільш ефективну дію електроактивованої води представляє послідовна дія на зерно аноліту та католіту, що дозволяє зменшити загальне мікробне число на 2 порядки та практично усунути існуючі цвілі зберігання.

Висновки: електроактивована вода дозволяє покращити мікробіологічну чистоту зерна пшениці, не знижуючи його безпечність. Після обробки зерна значно зменшується загальна зараженість зерна та зараженість цвілями зберігання.

Література

1. Куртов В.Д. и др. Способ получения питьевой и лечебной воды. Патент Украины № 49551, кл. C02F 1/46, 2003.
2. Бахир В.М. и др. Електрохимическая активация: очищение воды и получение полезных растворов. – М.: ВНИИМТ, 2001.– 176 с.

УДК 664.641.12-935.5 :664.236

ПОЛІПШЕННЯ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МУКИ ПРИ ЗБАГАЧЕННІ ЇЇ СУХОЮ КЛЕЙКОВИНОЮ

Жигунов Д.О., канд. техн. наук, доцент, Колесніченко І.М., студент ОНАХТ
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Досліджено вплив добавок сухої клейковини в муку вищих сортів різної якості, на зміну їх хлібопекарських властивостей.

Influence of additions of dry gluten is investigational in the flour of superfine of different, quality on the change of them bakery properties.

Ключові слова: мука, клейковина, хліб, суміш, якість, вартість.

Пшениця являється основною сировиною для виробництва муки. Нажаль якість вирощуваного в Україні зерна за останні 10 років значно погіршилася: знизився вміст мінеральних речовин, білка, клейковини із-за кліматичних і агрономічних умов його вирощування, що і обумовлює погіршення хлібопекарських властивостей муки.

За даними Одеського селекційно-генетичного інституту тільки (20-30) % вирощуваних пшениць 3,4 класу відповідають за властивостями для виробництва хлібобулочних виробів. Покращити технологічні властивості зерна пшениці можливо за рахунок методів його підготовки: фракціювання зерна, воднотеплова обробка та формування помельних партій. Однак не завжди це призводить до бажаних результатів, а для складання помельних партій треба мати на підприємстві різне за якістю зерно в достатній кількості. Тому за останні роки за кордоном і в Україні використовують різні поліпшувачі для муки як натуральні, так і хімічні. Одним з натуральних поліпшувачів є суха клейковина, яка виробляється на спеціалізованих підприємствах за кордоном, в Україні не виробляється.

Роботи В.І. Дробот [1] свідчать, що муку з низькими хлібопекарськими властивостями доцільно збагачувати сухою клейковиною, але в літературних джерелах з'явилися і протиріччя, тому метою роботи є обгрунтування можливості і необхідності збагачення муки різної якості сухою клейковиною.

Для дослідження використовували муку вищого сорту різної якості: зразок № 1 – вміст клейковини 21,6 %, ІДК 90 умовних одиниць, зразок № 2 – вміст клейковини 19,4 %, ІДК 111 умовних одиниць, зразок № 3 – клейковина не відмивалась. Збагачували муку сухою клейковиною в кількості від одного до чотирьох відсотків, яка вироблялась в Казахстані та Нідерландах. Якість сухої клейковини наведена в табл. № 1.

При добавках 1% сухої клейковини вихід «сирої» клейковини в сумішах збільшувався на (1,7-2,1) %, якість клейковини незначно покращувалась (табл. № 2), для зразків № 1 і № 2 . Для муки, клейковина якої не відмивається, збагачення сухою клейковиною від 1 до 8 % не призвело до утворення сирої клейковини в мучних сумішах, тому таку муку неможливо використовувати для виготовлення хлібопекарських виробів.

Таблиця 1 – Показники якості клейковини

Показники	Клейковина із Казахстану	Клейковина із Нідерландів
Вологість %	5,0	4,8
Білок, %	74,8	75,1
Зольність, %	0,74	0,70
Водопоглинальна здібність, %	150,0	160,0
ІДК, умов.од.	60,0	58,0
Жири, %	1,52	1,46
Залишок на ситі №27, %	0,18	0,25

Дані табл. 3 свідчать про те, що збільшується об'єм хліба та його пористість у збагаченій муці. При добавках 2% сухої клейковини об'єм хліба збільшується на (18-20) $см^3$, а при добавках 3 % – (40-45) $см^3$. Подальше збільшення добавок сухої клейковини в муку суттєво не змінило її хлібопекарські властивості.

Таблиця 2 – Вплив добавок сухої клейковини на вихід «сирої» клейковини сумішей (мука в/с + клейковина)

Вміст сухої клейковини в суміші, %	Вихід клейковини, %						Показники ІДК клейковини, ум. од.					
	Нідерланди			Казахстан			Нідерланди			Казахстан		
	Зразок №1	Зразок №2	Зразок №3	Зразок №1	Зразок №2	Зразок №3	Зразок №1	Зразок №2	Зразок №3	Зразок №1	Зразок №2	Зразок №3
0	21,6	19,4	Не відмивалась	21,6	19,4	Не відмивалась	90	111	Не відмивалась	90	111	Не відмивалась
1	23,4	21,5		23,7	21,3		85	105		90	105	
2	25,2	23,6		25,6	23,0		80	100		85	105	
3	27,2	25,5		27,5	25,0		80	95		80	100	
4	29,3	27,2		29,4	26,9		80	95		80	100	

Таблиця 3 – Хлібопекарські властивості мучних сумішей (мука в/с + клейковина) від вмісту добавок сухої клейковини

Вміст сухої клейковини в суміші, %	Об'єм хліба, $см^3$				Пористість хліба, %			
	Нідерланди		Казахстан		Нідерланди		Казахстан	
	Зразок №1	Зразок №2	Зразок №1	Зразок №2	Зразок №1	Зразок №2	Зразок №1	Зразок №2
0	480	380	480	380	74	68	74	68
1	495	425	490	420	76	69	76	69
2	498	450	500	440	76	72	76	72
3	525	470	520	460	78	74	77	74
4	525	470	520	460	78	74	78	74

Висновки

1. Рекомендується для поліпшення хлібопекарських властивостей муки використовувати суху клейковину в кількості від 1 до 3 %, подальше збільшення добавок сухої клейковини значно підвищує собівартість готової продукції.

2. Собівартість муки, виробленої із зерна 5 класу і збагаченою сухою клейковиною прирівнюється до вартості муки, виробленої із зерна 3 або 4 класу.

Література

1. Дробот В.І. Суха пшенична клейковина – ефективний поліпшувач якості борошна. / В.І. Дробот // Хранение и переработка зерна. – 2005. – №2. – С. 44-45.
2. Смоляр В.І. Фізіологія і гігієна харчування [Текст] / В.І. Смоляр– К..: Здоров'я, 2000. – 334 с.
3. Шмалько Н.А. Пищевые волокна злаковывх культур как компоненты хлебобулочных изделий функционального назначения / Н.А. Шмалько, Л.К. Бочкова // Хранение и переработка зерна. – 2004. – №3. – С. 60-61.
4. Модич П. Продукты для Cargil Foods хлебопеков / П. Модич // Хлебопечение России. – 2000. – №2. – С. 28-29.

УДК 633.844-021.4:631.563

ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ДИХАННЯ НАСІННЯ ГІРЧИЦІ РІЗНИХ СОРТІВ

Овсянникова Л.К., канд. техн. наук, доцент, Євдокимова Г.Й., канд. техн. наук, доцент, Черній В.О., канд. техн. наук
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Досліджено фізіологічні властивості насіння гірчиці як об'єкта зберігання, а саме інтенсивність дихання. Встановлено залежність між вмістом алілгірчичної олії, кількістю мікроорганізмів та інтенсивністю дихання.

Investigational physiology properties of seed of mustard seeds as an object of storage. The directly proportional dependence between intensity of breath, quantity of microflora of seeds and the allilo-mustard oil

Ключові слова: гірчиця, інтенсивність дихання, алілгірчична олія.

Вивчення інтенсивності дихання насіння має пряме відношення до теорії та практики зберігання. Процес дихання насіння при вільному доступі повітря звичайно протікає у відповідності з рівнянням аеробного дихання і виражається реакцією $C_6H_{12}O+ 6O_2 = 6CO_2 + 6H_2O$ + енергія. Під час дихання використовуються сухі речовини. Втрати сухої речовини при зберіганні не відновлюються. Тому дихання — це важливий фізіологічний процес, який лежить в основі обміну речовин у живих організмах. Інтенсивність дихання є показником біологічної активності насіннєвих мас, що зберігаються [1-3].

Жири, вилучені з доброякісної олійної сировини з дотриманням нормального технологічного режиму, мають властиві кожному з них специфічні смак і запах, які можуть змінюватися при тривалому зберіганні [4]. Такі зміни звичайно зумовлені утворенням у жирах з їх гліцеридів нових специфічних речовин. Подібні зміни смаку і запаху жирів іноді приводять до того, що вони стають непридатними до споживання. Вид харчового псування жиру залежить від його жирокислотного складу та від умов зберігання. Якщо жир псується під впливом дії молекулярного кисню, то швидкість цього процесу значною мірою залежить від наявності в жирі прискорювачів окиснення або антиоксидантів [5-6]. Під час зберігання насіння гірчиці спостерігаються зміни жирнокислотного складу насіння – за рахунок зниження вмісту ненасичених жирних кислот, як позитивний ефект, підвищується вміст олеїнової кислоти, однак, це підвищення не призводить до втрати насінням своєї продовольчої якості [7].

Метою роботи було визначення інтенсивності дихання насіння гірчиці різних сортів в залежності від вологості, вмісту алілгірчичної олії та обсіменінності мікроорганізмами.

Методика дослідження. Для дослідження використовували сухе насіння гірчиці сортів Талісман, Тавричанка, Мрія, Світлана.

Інтенсивність дихання визначали за загальноприйнятою методикою [8]. В насінні гірчиці, як пряної культури, великий інтерес постав до вмісту ефірної олії, а саме алілгірчичної, яку визначали за ГОСТ 13979.7-78. Вміст сирого жиру визначали екстракційним методом за ГОСТ 10857-64.

Результати. Жирокислотний склад – це ботанічна та сортова особливість кожної культури. В складі гірчичної олії переважають п’ять жирних кислот – ерукова, олеїнова, лінолева, ліноленова та ейкозанова, які складають 98 %. Жирокислотний склад тригліцеридів вітчизняних сортів гірчиці, який було досліджено раніше [7], наведено в табл. 1.

Як видно з табл. 1, жирокислотний склад різних сортів гірчиці відрізняється між собою. В порівнянні з літературними даними [5, 6] при дослідженні жирокислотного складу тригліцеридів насіння гірчиці різних сортів нами не виявлено вміст таких кислот як ейкозанова та бегонова, що також підтверджується даними Інституту олійних культур Української академії аграрних наук. Серед досліджуваних сортів найбільш цінною є гірчиця сорту Світлана, вона містить найбільше олеїнової кислоти 46,58 % та найменше ерукової – 0,45 %.

У харчовій промисловості для консервування більше використовується біла гірчиця, крім того, з неї виготовлюють «лагідну» гірчицю. Однак за жирокислотним складом гірчиця біла сорту Талісман займає не провідну позицію, оскільки насіння містить 32,91 % ерукової кислоти та всього 34,7 % олеїнової кислоти. Сарептська гірчиця за жирокислотним складом має вищу поживну цінність, ніж біла, тому для виготовлення олії та консервування є більш перспективною.

Результати визначення інтенсивності дихання різних сортів наведені в табл. 2.

Таблиця 1 – Жирокислотний склад різних сортів гірчиці

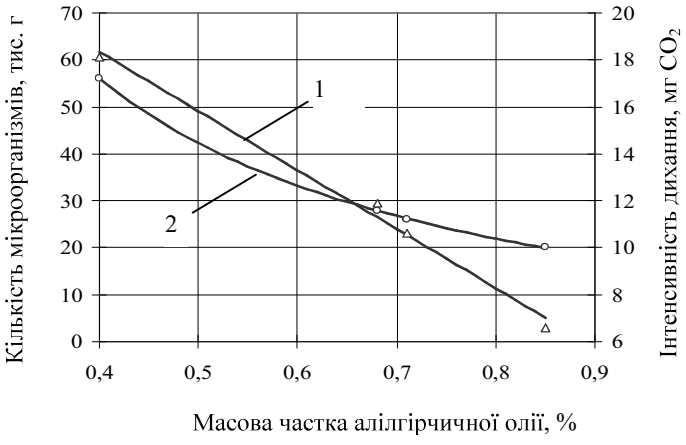
Сорт	Вміст олії, %	Вміст гліцеридів жирних кислот, % до суми					
		пальмітинова	стеаринова	олеїнова	лінолева	ліноленова	ерукова
Мрія	42,5	3,05	0,55	45,93	30,16	18,51	1,81
Світлана	41,6	3,12	0,38	46,58	35,96	13,51	0,45
Тавричанка	41,9	2,99	0,18	43,56	31,68	19,6	2,09
Талісман	29,45	3,54	0,46	34,7	11,17	17,23	32,91

Інтенсивність дихання залежить від багатьох факторів, а саме – від рівня вологості, від хімічного складу та передусім наявності мікроорганізмів. Однак, інтенсивність дихання різних сортів гірчиці різна, хоча вміст насичених і ненасичених жирних кислот приблизно однаковий і практично немає залежності між інтенсивністю дихання та вмістом олії, що підтверджується даними табл. 2.

Таблиця 2 – Залежність інтенсивності дихання від хімічного складу та мікрофлори насіння

Сорт гірчиці	Масова частка жиру, %	Масова частка алілгірчичної олії, %	Кількість МАФАнМ, тис./г	Інтенсивність дихання, мг CO_2
Талісман	29,45	0,40	56	18,07
Тавричанка	41,90	0,68	28	11,91
Мрія	42,50	0,71	26	10,59
Світлана	41,60	0,85	20	6,63

Отримані дані щодо вмісту алілгірчичної олії та кількості бактерій підтверджують те, що алілгірчична олія пригнічує розвиток мікроорганізмів, як і будь-яка інша ефірна олія. Як видно з рис. 1, чим вищий вміст алілгірчичної олії в насінні гірчиці, тим нижча обсіменінність мікроорганізмами і відповідно нижча інтенсивність дихання.



1 – інтенсивність дихання; 2 – кількість мікроорганізмів

Рис. 1 – Вплив вмісту алілгірчичної олії на інтенсивність дихання та кількість мікроорганізмів

Отже, отримані результати підтверджують те, що процес дихання насіння – це насамперед мікробіологічний та біохімічний процеси.

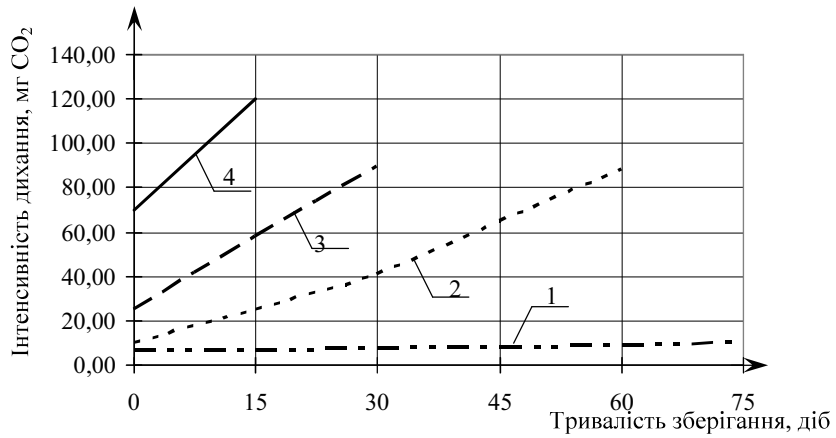
Також досліджена інтенсивність дихання насіння гірчиці білої сорту Талісман з найбільшим вмістом алілгірчичної олії різної вологості під час зберігання при температурі 25 °С, насіння зберігалось до появи явних ознак псування (рис. 2).

З отриманих результатів видно, що насіння перебуває у стані анабіозу лише при вологості 8,0 %, при підвищенні вологості на кожні 2 % інтенсивність дихання зростає і термін зберігання скорочується до 15...30 днів. Аналіз отриманих результатів та попередніх результатів досліджень мікрофлори [9] під час зберігання і зміни вмісту алілгірчичної олії ще раз підтверджує безпосередню залежність між вмістом алілгірчичної олії, кількістю мікроорганізмів та інтенсивністю дихання.

Висновки

Насіння гірчиці має високу інтенсивність дихання в залежності від вмісту алілгірчичної олії (6,63…18,07 мг CO_2).

Показана пряма залежність між інтенсивністю дихання, кількістю мікрофлори насіння та вмістом алілгірчичної олії.



1 – вологість 8 %; 2 – вологість 10 %;
3 – вологість 12 %; 4 – вологість 14 %

Рис. 2 – Вплив вологості та тривалості зберігання на інтенсивність дихання

Література

1. Технология хранения зерна: учеб. для вузов. [Текст] / Е.М. Вобликов, В.А. Буханцов, Б.К. Маратов и др. – СПб.: Лань, 2003. – 448 с.
2. Dey, G. Deterioration of maize and mustard seeds: changes in phospholipids and tocopherol content in relation to membrane leakiness and lipid [Text] / G. Dey, R. K. Mukherjee // Peroxidation Agrochimica. – 1988. – Vol. 32, № 5/6. – P. 430-440.
3. Трисвятский, Л.А. Хранение зерна [Текст] / Л.А. Трисвятский. – М.: Колос, 1975. – 400 с.
4. Нечаев, А.П. Липиды зерна [Текст] / Нечаєв А.П., Ж.Я. Сандлер. – М.: Колос, 1975. – 157 с.
5. Лобанов, В.Г. Оптимальный жирокислотный состав пищевых растительных масел [Текст] / В.Г. Лобанов, В.В. Щербин // Изв. вузов. Пищевая технология. – 2003. – №4. – С. 21-23.
6. Щербаков, В.Г. Биохимия и товароведение масличного сырья: учеб. для вузов [Текст] / В.Г. Щербаков. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Пищ. пром-сть, 2003. – 336 с.
7. Овсянникова, Л.К. Жирокислотний склад триацилгліцеридів насіння гірчиці [Текст] / Л.К. Овсянникова, В.О. Черній, Г.Й. Євдокимова // Хранение и переработка зерна. – 2009. – №8 (122). – С. 36-38.
8. Стародубцева, А.И. Практикум по хранению зерна [Текст]: учеб. пособие для вузов / А.И. Стародубцева, В.С. Сергунов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 192 с.
9. Єгорова, А. За правильного зберігання насіння гірчиці немає умов для розвитку мікроорганізмів [Текст] / А. Єгорова, Г. Євдокимова, С. Орлова, В. Тіора // Зерно і хліб. – № 1. – 2007. – С. 27.

УДК 664.788.017

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ДРІБНОНАСІННЄВИХ КРУП'ЯНИХ КУЛЬТУР

Овсянникова Л.К., канд. техн. наук, доцент, Кац А.К., канд. техн. наук, доцент,
Червінська Н.О., магістрант
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Робота присвячена вдосконаленню технологічних схем і технології післязбиральної обробки та зберігання зерна дрібнонасіннєвих круп'яних культур на хлібоприймальних підприємствах, елеваторах та перевантажувальних терміналах.

The work is devoted to improvement of technological schemes and technology of primary preprocessing and the processes of storage storages of the sorghum and soriz on grain purveyance enterprises and reloading terminals

Ключові слова: сорго, сориз, дрібнонасіннєві культури, післязбиральна обробка, технологічні лінії.

Аграрна політика на сучасному етапі та її конкретно сформульовані завдання спрямовані на створення необхідного продовольчого фонду і сировинних ресурсів нашої країни для задоволення потреб населення і народного господарства. У тісному зв'язку із цими завданнями стоять питання підвищення якості, усунення втрат на всіх стадіях виробництва, транспортування, зберігання і переробки зерна. Тому післязбиральна обробка є обов'язковою ланкою процесу виробництва зерна, особливо насіннєвого призначення. Без післязбиральної обробки отриманий врожай зерна не можна ні зберегти без значних втрат, ні використовувати на продовольчі або насіннєві цілі [1-4].

Для організації високоефективного процесу післязбиральної обробки і зберігання деяких видів сорго необхідно вдосконалити технологію їх післязбиральної обробки. До одного з видів сорго належить нова круп'яна культура – сориз (сорго рисозерне), яка стає все більш популярною в українських сільськогосподарських виробників. Сориз (або сорго рисозерне) створений селекціонерами шляхом гібридизації хлібного сорго з дикими склоподібними формами. Він характеризується не тільки цінними властивостями зернового сорго, а й стабільно високою продуктивністю, засухо- і жаростійкістю, невибагливістю до ґрунтів і дозволяє одержувати зерно з високими споживчими властивостями, здатне задовольнити потреби круп'яної галузі України. Сориз, який об'єднує біологічні особливості сорго і продовольчу цінність рису, створено шляхом гібридизації екзотичних зразків хлібного та ефіопського сорго з дикими формами, що мають високу склоподібність. Нами були вивчені анатомо-морфологічні, фізико-механічні властивості сорго, а також соризу з метою обґрунтування й розробки сучасних способів і режимів очищення й сушіння, що впливають на технологічні та продовольчі якості зерна.

Процес обробки зерна сорго та соризу досить трудомісткий. Сориз, як і сорго, доводиться збирати в період випадання дощів при зниженій температурі повітря. Це обумовлює підвищену вологість насіння при надходженні на хлібоприймальні підприємства.

Принципова схема післязбиральної обробки зернових мас дрібнонасіннєвих культур (у тому числі сорго та соризу) і подальшої роботи з ними наведена на рис. 1.



Рис. 1 – Принципова схема післязбиральної обробки видів сорго як дрібнонасіннєвих круп'яних культур (пунктиром показано маршрут руху зерна при його сушінні в рециркуляційних зерносушарках)

Приймання зерна та насіння різних культур на елеваторах або на хлібоприймальних підприємствах починається з визначення стану і якості зерна тієї або іншої автомобільної партії. Після визначення якості зерно проходить двократне зважування на автомобільних вагах (до і після розвантаження). Завершальна операція приймання зерна – його розвантаження з автомобілів.

У формуванні партій зерна при прийманні (розміщенні) враховують технологічні достоїнства і цільове призначення зерна, що приймається, відповідно до технічних вимог стандартів на культуру. Правильно організоване приймання зерна і формування партій з урахуванням культури, якості і стану за вологістю та засміченістю визначають весь подальший процес роботи із зерном не тільки при його організації, але й значною мірою при проведенні різних операцій із зерном [3, 5-9].

Технологічна схема первинної обробки насіння сорго та соризу не відрізняється суттєво від загальної схеми прогресивної технології обробки насіння традиційних зернових культур. Але морфологічні особливості досліджуваних видів обумовлюють одержання після збирання врожаю не вирівняного за розмірами і вологістю насіння [10-12].

На основі проведених нами досліджень та аналізу літературних даних [2-5] запропоновано принципову схему технології первинної обробки дрібнонасіннєвих круп'яних культур (сориз, сорго тощо) насіннєвого призначення, яка наведена на рис. 2.

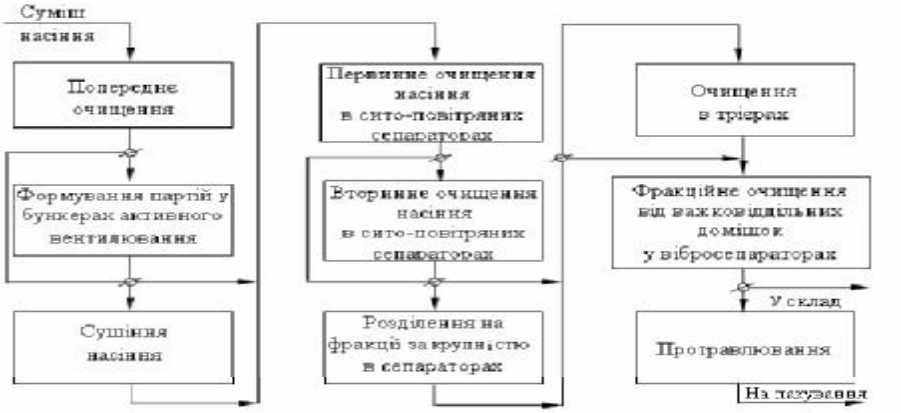
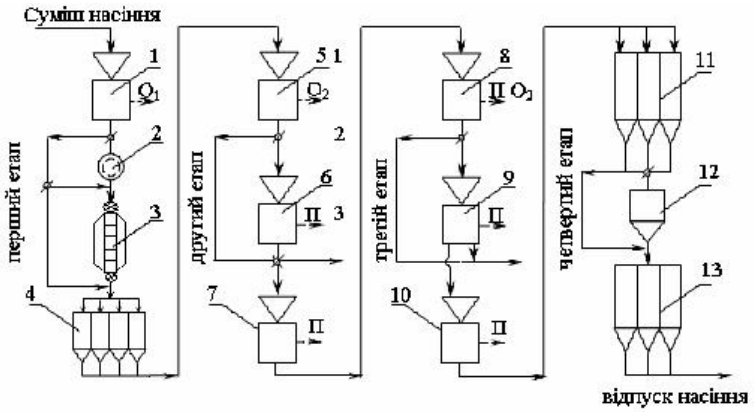


Рис. 2 – Універсальна схема технологічного процесу обробки насіння дрібнонасіннєвих круп'яних культур (сориз, сорго тощо)

Відповідно до універсальної схеми розроблено принципову схему прогресивної технології обробки насіння дрібнонасіннєвих зернових культур, що наведена на рис. 3.



1 – ворохоочищувач; 2 – бункер активного вентилювання; 3 – сушарка; 4 – накопичувальний бункер для тимчасового зберігання; 5,6 – повітряно-ситові сепаратори первинного і вторинного очищення; 7 – ситовій сепаратор; 8 – трієр; 9 – зерноситовійна машина А1-БЗГ; 10 – пневмосортувальний стіл; 11 – вентильований бункер для очищеного насіння; 12 – приміщення для протравляння та упакування насіння; 13 – насіннєсховище; O_1 – непридатні відходи; O_2 – відходи III категорії; П – побічні продукти

Рис. 3 – Принципова схема прогресивної технології обробки насіння дрібнонасіннєвих круп'яних зернових культур (сорго, соризу)

На першому етапі проводять попереднє очищення у період надходження насіння від господарств та фермерів. На цьому етапі тривалістю 20..25 діб приймають насіння, попередньо очищають їх у ворохоочищувачах *1*, формують партії зерна в бункери активного вентилювання *2* (тимчасова консервація), сушать насіння вологістю більше ніж 14 % у сушарці *3,* зберігають попередньо оброблені партії насіння в накопичувальному бункері *4*. Попереднє очищення має профілактичний характер проти самозігрівання насіння, підвищує чистоту зернових мас до кондицій переробних підприємств і поліпшує умови подальшого зберігання в зерносховищах. При попередньому очищенні виділяють невикористовувані відходи. Втрати малоцінного насіння у відходах не повинні перевищувати 0,05 %. З урахуванням вихідної вологості насіння партії, що надходять, варто формувати: при вологості до 14 % – у партії, які не потребують сушіння; 14...17 % – в партії, що вимагають одноступеневого режиму сушіння; вище 17 % – у партії, що

вимагають багатоступеневого режиму сушіння. Крім того, одержання зернових відходів у сухому вигляді дозволяє зберегти їх без псування.

Для формування і тимчасового консервування насіння застосовують вентильовані бункери БВ-25, БВ-40, К-878, а також силоси і сховища з установками для активного вентилювання, склади силосного типу з аерожолобами.

Другий етап обробки насіння включає первинне і вторинне очищення насіння у повітряно-ситових сепараторах *5* і *6* і розподіл насіння на фракції в сепараторах *7*.

Головне призначення первинного очищення – звільнити суміш насіння основної культури від дрібних і малоцінних зерен, а також бур'янистих рослин, одержувані при цьому відходи не повинні вміщувати більше 2 % повноцінного зерна. Для первинного очищення застосовують в основному повітряно-ситові сепаратори загального призначення, а також зерноочисні машини, що входять до складу зерноочисних агрегатів типу ЗАВ. Для цього встановлюють підсівні сита з великими розмірами отворів і збільшують швидкість повітряного потоку в аспіраційних каналах сепараторів. Одержувані при цьому цінні відходи (побічні продукти) можуть містити до 85 % зернової суміші.

Третій етап обробки насіння пов'язаний із фракційним очищенням насіння від довгих і коротких домішок у трієрах *8* , сортуванням і очищенням насіння від важковідокремлюваних домішок у зерноситовійній машині *9* і на пневмосортувальному столі *10*. Необхідність поділу насіння на фракції перед трієрною обробкою продиктована підвищенням ефективності виділення домішок у трієрах, якщо суміш насіння вирівняна за товщиною і шириною.

Четвертий етап обробки насіння включає протравляння (за необхідності) і упакування насіння у тару в приміщенні *12*, зберігання насіння у насіннєсховищі *13*.

На другому – четвертому етапах насіння обробляють протягом більш тривалого терміну, ніж на першому.

На підставі аналізу фракційного складу зерна установлено, що для забезпечення базисних кондицій соризу його необхідно піддавати очищенню в кілька етапів при таких режимах: попереднє очищення на ворохоочищувачах для відділення купи і частково великих домішок; первинне очищення на вібровідцентрових сепараторах. Проходом з верхнього і середнього підсівних сит (2,2×20 і 2,2...3,0×20 мм) витягають дрібні домішки і щуплі зерна соризу, проходом сортувального (∅5,5...6,0 мм) – очищене зерно, а сходом з цього сита – великі домішки. При важковіддільних бур'янистих домішках у зерні сориз направляють на повторне очищення на сепараторах з такими ситами: сортувальне – діаметром 4,5...5,5 мм; підсівні – з довгастими отворами розмірами 1,7×20 мм і 2,0...2,2×20 мм.

Таким чином, характерною рисою технологічного процесу обробки зерна дрібнонасіннєвих круп'яних культур (сорго, соризу) насіннєвого і продовольчого призначення є фракційне сепарування для наступного роздільного очищення крупної і дрібної фракції насіння.

Виробництво круп'яних дрібнонасіннєвих зернових культур значною мірою залежить від АПК. Але при вирішенні цього завдання не менш важлива роль належить питанням зберігання зерна, як для внутрішнього споживання (продовольчі цілі), так і для вирішення комерційних завдань – експорт зерна. Насіння з поля може надходити на хлібоприймальні підприємства (ХПП), заготівельні елеватори, а також на перевантажувальні термінали.

Тому необхідно також розглянути особливості приймання і первинної обробки насіння як на елеваторах та ХПП, так і зернових перевантажувальних терміналах.

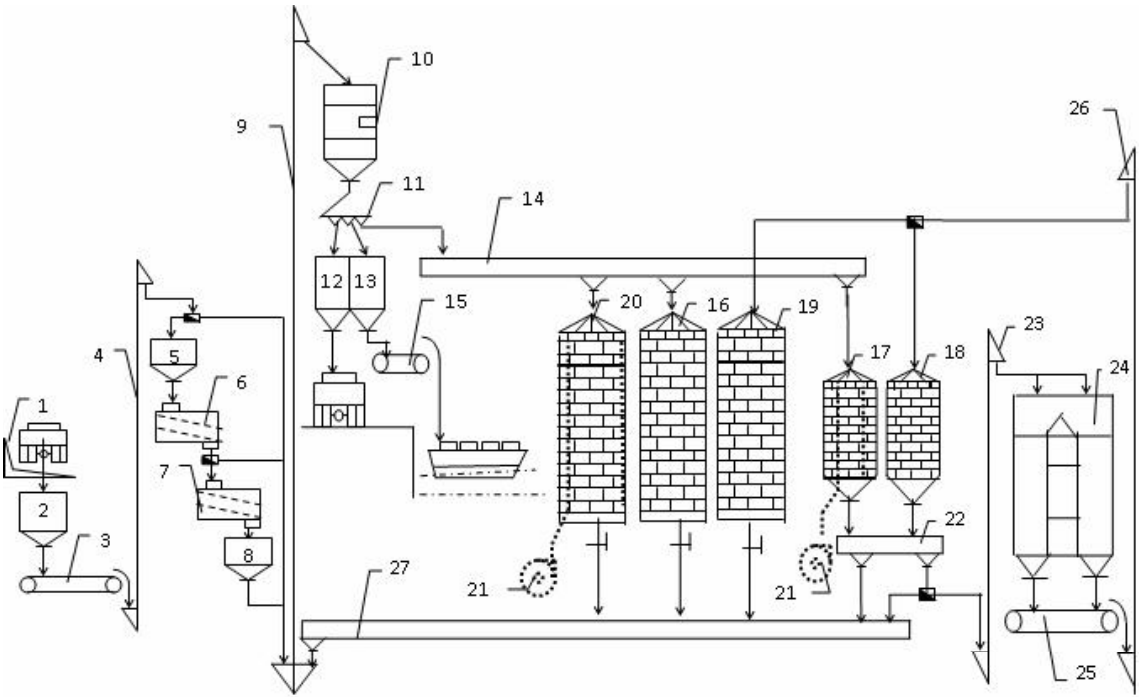
Сьогодні більшість портових терміналів та елеваторів здійснює приймання зерна з автомобільного транспорту, що більш характерно для заготівельних елеваторів. Зерно, що надходить автомобільним транспортом, постачається фермерськими господарствами відразу з поля без первинної обробки та не відповідає базисним кондиціям.

Очищення зерна сорго та соризу можна проводити на існуючому в галузі зерноочисному обладнанні. Розміри отворів сит обирають за допомогою ситового аналізу в залежності від розмірів насінин партії, що очищується.

У високотехнологічних лініях приймання на зернових перевантажувальних терміналах рекомендовано встановлювати високопродуктивні сепаратори.

На рис. 4 наведена вдосконалена нами технологічна схема перевантажувального терміналу з використанням конвективно-мікрохвильового сушіння, яка дозволяє підвищити ефективність приймання та зберігання зерна дрібнонасіннєвих круп'яних культур.

Зерно, що не відповідає базисним кондиціям, після розвантаження направляється в зерноочисну башту, де відбувається його очищення на сепараторах типу БСХ. На сепараторі першого пропуску відбувається очищення насіння від грубих домішок. На другому сепараторі відбувається остаточне очищення з доведенням до базисних кондицій за смітними домішками.



1 – автомобілерозвантажувач; 2 – приймальний бункер; 3 – приймальний конвеєр; 4 – норія приймального пристрою; 5 – надсепараторний бункер; 6 – сепаратор попереднього очищення; 7 – сепаратор основного очищення; 8 – підсепараторний бункер; 9 – основна норія елеватора; 10 – автоматичні порціонні ваги з над- і підваговими бункерами; 11 – розподільчий пристрій; 12,13 – відпускні накопичувальні бункери; 14 – надсилосний конвеєр; 15–- відпускний конвеєр на водний транспорт; 16 – силоси силосного корпусу; 17 – досушильний бункер (силос) із системою активного вентилювання; 18 – бункер (силос) для відлежування зерна після сушіння до охолодження (тепломасообмінник); 19 – післясушильний бункер (силос); 20 – силос із системою активного вентилювання; 21–- вентилятор активного вентилювання; 22 – реверсивний конвеєр; 23 – норія для сирого зерна; 24 – зерносушарка; 25 – конвеєр для переміщення зерна з-під сушарки; 26 – норія для сухого зерна; 27 – підсилосний конвеєр

Рис. 4 – Схема технологічного процесу перевантажувального терміналу

Технологічна схема перевантажувального терміналу із застосуванням технології післязбиральної обробки та зберігання зерна сорго, соризу як дрібнонасіннєвих круп'яних культур додатково включає конвективно-мікрохвильове сушіння сирого та вологого насіння, тимчасове зберігання в металевих силосах та відпуск на водний та автомобільний транспорт. За даною схемою можливо довести свіжозібране зерно до базисних показників для формування експортних партій. Крім перевантажувальних терміналів, цю схему можна використовувати також на заготівельних елеваторах та хлібоприймальних підприємствах.

Висновки

1. Технологія обробки обмолоченого зерна сорго, соризу тощо, як дрібнонасіннєвих круп'яних культур, може бути така: попереднє очищення – тимчасове зберігання – сушіння до вологості до 13 %.

2. Розроблена принципова схема технологічного процесу обробки зерна сорго насіннєвого і продовольчого призначення.

3. Запропоновано вдосконалену технологічну схему та технологію післязбиральної обробки і зберігання зерна дрібнонасіннєвих круп'яних культур на перевантажувальних терміналах. Впровадження нової технології дозволить підвищити обсяги приймання зерна дрібнонасіннєвих круп'яних культур за рахунок обробки некондиційного зерна.

Література

1. Зерновий та хлібопродуктовий товарообіг в Україні [Текст]: енциклопедичний довід. / В.Т. Александров, М.В. Гладій, Є.М. Лавров та ін. – К.: АртЕк, 2000. – 500 с.
2. Самойленко, В.В. Сорго зернофуражне і харчове [Текст] / В.В. Самойленко, А.Т. Самойленко // Хранение и переработка зерна. – № 2. – 2001. – С. 30-31.

3. Сориз – перспективна круп'яна культура [Текст] / Г.К. Дремлюк, Г.М. Станкевич, Л.К. Овсянникова та ін. // Удосконалення існуючих і розробка нових технологій для харчової та зернопереробної промисловості. – О.: ОДАХТ, 1997. – Вип. 17. – С. 9-15.
4. Мельник, Б.Е. Технология приемки, хранения и переработки зерна [Текст] / Б.Е. Мельник, В.Б. Лебедев, Г.А. Винников. – М.: Агропромиздат, 1990. – 367 с.
5. Дремлюк, Г.К. Сорго та сориз: селекція і виробництво [Текст] / Г.К. Дремлюк, В.Л. Гамандій // Реалізація потенційних можливостей сортів та гібридів Селекційно-генетичного інституту в умовах України. – О.: СГІ, 1996. – С. 61-72.
6. Справочник по заготовкам, хранению и качеству зерна и маслосемян [Текст] / С.П. Ефимов и др. – М.: Колос, 1977.
7. Фізико-технологічні властивості і теплофізичні характеристики сориза / А.К. Друз'єва, Г.М. Станкевич, В.І. Науменко, Л.К. Овсянникова // Наукові праці ОДАХТ / Мін. освіти України. – Вип.1. – О.: ОДАХТ, 1998. – Вип. 18: Удосконалення існуючих і розробка нових технологій для харчової та зернопереробної промисловості. – С. 48-49.
8. Совершенствование процесса очистки сои [Текст] / Л.К. Овсянникова, Л.Ф. Будюк, О.Б. Демчук и др. // Хранение и переработка зерна. – 2005. – № 10. – С. 36-37.
9. Технология хранения зерна: учеб. для вузов. [Текст] / Е.М. Вобликов, В.А. Буханцов, Б.К. Маратов и др. – СПб.: Лань, 2003. – 448 с.
10. Порівняльні дослідження фізико-технологічних властивостей деяких видів сорго [Текст] / Л.К. Овсянникова, А.К. Кац, О.Г. Соколовська та ін. // Наук. праці. – Вип. 34. – Т.1. – О., 2008. – С. 55-59.
11. Овсянникова, Л. Первинна обробка дрібнонасіннєвих олійних культур [Текст] / Л. Овсянникова // Зерно і хліб. – 2006. – №1. – С. 30-31.
12. Друзьева, А.К. Технология первичной обработки зерна сориза [Текст]: дис...канд. техн. наук: 05.18.03 / А.К. Друзьева. – О., 1999. – 197 с.

УДК 633.854–026.8:621.796

ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ТА ГІГРОСКОПІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАКУ – ВАЖЛИВИЙ ФАКТОР ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ЙОГО ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ТА ЗБЕРІГАННЯ

Соколовська О.Г., аспірант, Орлова С.С., канд. техн. наук,
Овсянникова Л.К., канд. техн. наук, доцент
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Фізико-технологічні та гігроскопічні властивості насіння маку мають важливе значення для обґрунтування методів його післязбиральної обробки та зберігання. Встановлено залежність геометричних показників та фізико-технологічних властивостей від вологості. Наведено ізотерми сорбції насіння маку при різних значеннях вологості зерна та температури повітря.

Physical and hygroscopic properties of poppy seed have the important value for the ground methods of his heat treatment. Dependence of indexes of physical-technological properties is set on humidity. The sorption isotherms of poppy seed are resulted at different values of humidity of corn and temperature of air.

Ключові слова: мак, зерно, фізико-технологічні властивості, гігроскопічні властивості, рівноважна вологість.

В умовах сучасних економічних відносин зернопереробні господарства змушені шукати нові форми та методи господарювання. Багато господарств, особливо ті, що не мають власної переробки, повністю зорієнтовані на продаж усієї продукції. У цих умовах особливого значення набуває пошук нових нетрадиційних культур, які були б рентабельними. Господарства все частіше стали звертати увагу на мак та ін. Останніми роками в багатьох європейських країнах селекційна робота направлена на отримання низькоморфійних сортів маку й удосконалення технології їх вирощування. В Україні в рамках боротьби з наркоманією посівні площі маку олійного практично повністю знищені та заборонені (з 1986 р.), а культура, на жаль, незаслужено забута. Абсолютне знищення макових промислових посівів в агрогосподарствах, а також відсутність зерна маку вітчизняного виробництва привели до панування на внутрішньому ринку експортного товару: щорічно в країну завозиться мак з понад 50 країн світу. За найскромнішими підрахунками, ринок України має потребу сьогодні в більше ніж 100 тис. т зерна маку щорічно. В Україні

культивують тільки олійний мак з метою отримання насіння й олії для харчової промисловості. Достатньо високі ціни на продукцію маку роблять його високорентабельною культурою [1].

Український уряд затвердив Національну програму протидії зловживанню наркотичними засобами та їх незаконному обороту і доручило Українській академії аграрних наук створити нові, низьконаркотичні сорти маку олійного. Так, учені Інституту хрестоцвітих культур УААН (нині Івано-франківський інститут агропромислового виробництва) створили сорт олійного маку Беркут (занесений до Реєстру сортів рослин України, 1996 р.), в якому міститься 0,07…0,08 % наркотичних речовин, що в декілька разів менше, ніж у сортах, які вирощували в Україні до 1986 р. (наприклад, Новинка 196 – 0,6 %).

Однак, нині важливими залишаються питання вдосконалення післязбиральної обробки насіння маку, яка б могла забезпечити його надійне зберігання та наступну технологічну переробку.

Показники фізико-механічних та технологічних властивостей зерна дозволяють вирішувати велику кількість прикладних задач, що мають практичне значення. Так, вибір засобів механізації та автоматизації, транспортування, обробки і зберігання зернових мас в сховищах (силосах сучасних елеваторів, металевих бункерах і сховищах) базуються на фізичних властивостях зерна. Основними з них є сипкість і самосортування зерна.

Геометричні розміри зерна також дозволяють моделювати процеси сепарування, вентилювання, сушіння, підбирати режимні параметри здрібнювальних та ін. машин [3]. За показниками, що визначають сипкість, можна моделювати поводження зернової маси при її переміщенні по ситах, самопливом, ємностям тощо [4].

Важливим фактором, що має істотний вплив на стан зернової маси є вологість. Лише досконале вивчення цього питання може забезпечити оптимальні умови для зберігання зерна без погіршення якості [5,6]. Однак до цього часу гігроскопічні властивості маку вивчені недостатньо.

Тому визначення фізичних та гігроскопічних властивостей та обґрунтування на їх основі раціональних методів і режимів термічної обробки і зберігання маку, як дрібнонасіннєвої культури, є актуальними завданням.

Метою роботи є дослідження фізичних, механічних та гігроскопічних властивостей маку як об’єкта післязбиральної обробки та зберігання.

Методика дослідження. Фізичні, механічні показники визначали за допомогою стандартних методів і методами, що використовуються у науково-дослідницькій роботі та ДСТУ [4-6]. Гранулометричний склад зернової маси визначали на підставі геометричних розмірів зернин вимірюванням вибірки із 100 зерен. Гігроскопічні властивості маку визначили за [7] при температурі повітря +0, +20, +30 ºС та відносній вологості зовнішнього повітря від 20 % до 90 % з інтервалом у 10 %.

Найбільш надійним і швидким методом визначення рівноважної вологості є динамічний метод. Сутність методу у тому що крізь зразок зерна проходить потоком повітря певної відносної вологості. Для цього досліджуваний зразок насіння поміщують у U –подібну трубку, через яку протягують повітря з певною відносною вологістю за допомогою водоструминного насоса з об’ємними витратами 1,5…2,0 $м^3$/хв. Нагрівання повітря до заданої температури відбувається за допомогою нагрівача і контролюється термометром. Повітря проходить ряд послідовно з’єднаних склянок Тищенко, наповнених розчином сірчаної кислоти відповідної концентрації. U-подібну трубку за допомогою затискачів від’єднують від установки та періодично зважують на технічних вагах до постійного значення маси наважки і визначають рівноважну вологість насіння.

При визначенні рівноважної вологості динамічним методом тривалість досліду в порівнянні з тензометричним методом значно скорочується і дає можливість визначати рівноважну вологість при більшому діапазоні температур.

Результати дослідження. На першому етапі роботи було досліджено фізико-механічні властивості маку в діапазоні зміни його вологості від 6 % до 22 %. Результати дослідження наведено у табл. 1.

Відомо, що шпаруватість (відношення об’єму міжзернового простору до всього об’єму зернової маси) суттєво впливає на теплопровідні та сорбційні властивості сипкої зернової маси, що особливо важливо при зберіганні. Чим менше шпаруватість, тим більша щільність укладання, тобто більша насипна маса одиниці об’єму .

Сипкість зернової маси характеризується коефіцієнтами зовнішнього і внутрішнього тертя, що визначається шляхом вимірювання кутів тертя і природного відкосу. Досліджувані зразки маку можна віднести до добре сипких продуктів, оскільки в них кут природного укосу не більше 29 градусів. Збільшення вологості насіння призводить до зменшення його сипкості [2].

Для вибору ефективних режимів термічної обробки зерна (сушіння, активного вентилювання) необхідно враховувати аеродинамічні властивості зерна, що характеризуються швидкістю витання, яка для маку складає 4,05…4,69 м/с і при збільшенні початкової вологості збільшується.

Таблиця 1 – Фізико-механічні властивості насіння маку

Найменування показника	Зразок № 1	Зразок № 2	Зразок № 3	Зразок № 4	Зразок № 5
Масова частка вологи, %	6,0	10,0	14,0	18,0	22,0
Натура (об'ємна маса), кг/м^3	606	594	586	578	574
Маса 1000 зерен, г	0,46	0,46	0,48	0,49	0,50
Шпаруватість, %	47,4	48,3	49,7	52,8	54,1
Швидкість витання, м/с	4,05	4,20	4,36	4,53	4,69
Кут природного відкосу, град.	25	25	27	28	29
Коефіцієнти зовнішнього тертя спокою:					
по пластмасі	0,2460	0,2464	0,2478	0,2510	0,2518
по сталі	0,2462	0,2464	0,2482	0,2518	0,2522
по гумі	0,2462	0,2466	0,2480	0,2518	0,2526
Коефіцієнт зовнішнього тертя в русі	0,2460	0,2428	0,2502	0,2516	0,2517

З наведених даних (табл. 1) видно, що підвищення вологості маку приводить до зменшення натури та збільшення маси 1000 зерен, шпаруватості, швидкості витання, кута природного відкосу.

При визначенні розмірів місткостей, діаметрів самопливів, матеріалопроводів пневмотранспорту, а також при розрахунках термодинамічного характеру використовуються такі показники: форма, об'єм і поверхня одиничних зерен [5].

Зерно маку за формою відрізняється від шару. Ступінь цієї відмінності оцінюється сферичністю ψ, що представляє собою відношення площі поверхні кулі $F_к$, що дорівнює за об'ємом зернині, до дійсної поверхні зернини $F_з$. Зміни в розмірах впливають на такі показники як об'єм зернини $V_з$, площу зовнішньої поверхні $F_з$, сферичність ψ і питомої поверхні (відношення $V_з/F_з$) зернини, відображається на вирівняності за крупністю, а останнє, як відомо, визначає ефективність ведення технологічного процесу [4, 5].

Геометричні параметри зразків, що вивчались у порівнянні з іншими культурами [3], наведено у табл. 2.

Для характеристики гранулометричного складу дисперсного матеріалу, що складається з часток неправильної форми, звичайно вводять поняття еквівалентний діаметр d_e, що визначається як діаметр шару з об'ємом, який дорівнює об'єму зернівки. Визначення питомої поверхні a_0 (м^2/м^3), тобто відношення поверхні зернини $F_з$ до їх об'єму $V_з$, для частинок неправильної форми становить значні труднощі через складність визначення зовнішньої і внутрішньої поверхні зерен і залежності від шпаруватості [2-4].

Таблиця 2 – Геометричні показники насіння маку

Показники	Масова частка вологи (вологість), %				
	6	10	14	18	22
Довжина l, мм	1,05	1,05	1,11	1,11	1,12
Ширина a, мм	0,41	0,42	0,44	0,44	0,44
Товщина b, мм	0,40	0,41	0,42	0,42	0,42
Об'єм зернини $V_з$, мм^3	0,08	0,08	0,10	0,10	0,11
Площа зовнішньої поверхні $F_з$, мм^2	1,06	1,10	1,18	1,18	1,19
Сферичність ψ	0,30	0,30	0,29	0,28	0,27
Еквівалентний діаметр d_e, мм	0,53	0,54	0,57	0,58	0,59
Питома поверхня a_0, (м^2/м^3)	13,45	13,11	12,21	12,21	10,99

Геометричні розміри зерна дозволяють моделювати процеси сепарування, вентилювання, сушіння, підбирати режимні параметри транспортувальних і здрібнювальних та інших машин.

В процесі переробки зерна важливе значення має сорбція (десорбція) парів води, оскільки маса сорбованої води визначає вологість продукту, від якої в свою чергу, суттєво залежать фізичні і технологічні властивості зерна і зернопродуктів [5].

На другому етапі досліджень визначали рівноважну вологість $w_р$, яка є однією з основних характеристик гігроскопічних властивостей зерна. Зернини всіх культур, як гігроскопічні речовини, поглинають пару води з навколишнього середовища. Кількість вологи, що поглинається, залежить від таких основних факторів, як температура t та відносна вологість φ зовнішнього повітря, вид зернової культури та її вологість w.

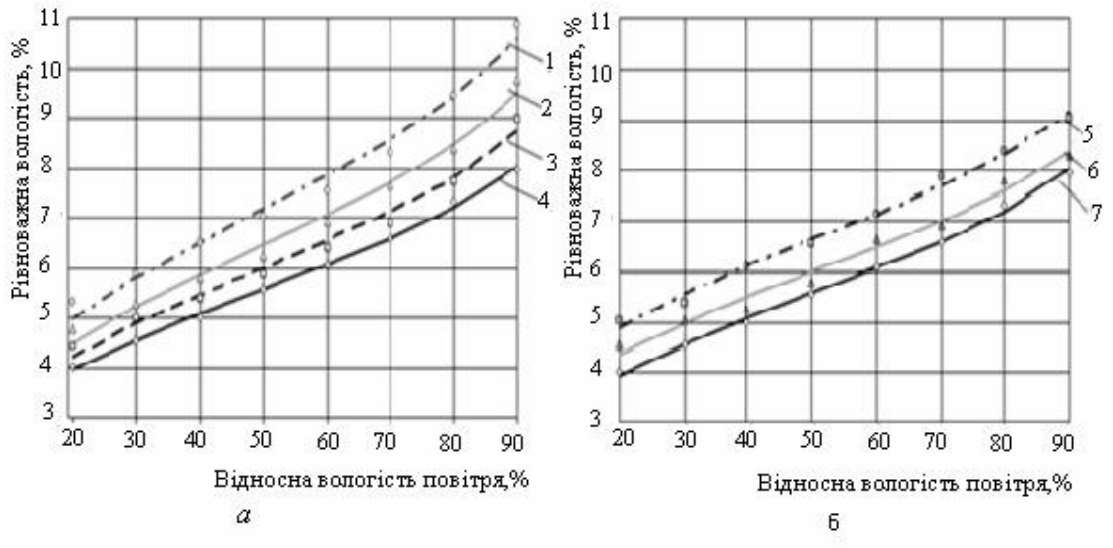
Результати визначення рівноважної вологості насіння маку динамічним методом наведено у табл. 3.

Таблиця 3 – Рівноважна вологість насіння маку

Параметри повітря		Початкова вологість насіння маку w, %			
		6,0	12,0	16,0	22,0
температура t, ºС	відносна вологість φ, %	Рівноважна вологість $w_р$, %			
30	20	3,95	4,21	4,49	4,97
	30	4,56	4,88	5,21	5,78
	40	5,08	5,45	5,85	6,49
	50	5,57	6,00	6,45	7,16
	60	6,07	6,54	7,06	7,84
	70	6,59	7,12	7,71	8,56
	80	7,20	7,79	8,46	9,39
	90	8,02	8,71	9,49	10,54
20	20	4,37	4,31	4,96	5,37
	30	4,98	5,00	5,68	6,19
	40	5,51	5,59	6,30	6,89
	50	5,99	6,15	6,88	7,55
	60	6,48	6,72	7,46	8,22
	70	6,99	7,32	8,07	8,92
	80	7,58	8,02	8,78	9,73
	90	8,37	8,97	9,74	10,84
0	20	4,90	4,86	5,08	5,46
	30	5,55	5,55	5,87	6,33
	40	6,11	6,15	6,56	7,08
	50	6,63	6,72	7,21	7,80
	60	7,14	7,27	7,86	8,52
	70	7,68	7,86	8,55	9,28
	80	8,30	8,54	9,35	10,17
	90	9,14	9,46	10,45	11,39

Аналізуючи дані табл. 3., видно, що з підвищенням вологості зерна рівноважна вологість зростає, також вона зростає із підвищенням відносної вологості повітря та його температури.

Найбільш повною характеристикою гігроскопічних властивостей є ізотерма сорбції – залежність рівноважної вологості насіння $w_р$ від відносної вологості повітря φ. Дослідні ізотерми сорбції насіння маку при різних температурах представлені на рис. 1.



Початкова вологість маку: 1 – 22 %; 2 – 16 %; 3 – 12 %; 4 – 6,3 %:
Температура насіння маку: 5– 0 ºС; 6 –20 ºС; 7 – 30 ºС.

Рис. 1 – Ізотерми сорбції маку при різних значеннях вологості (*а*) та температури (*б*) насіння

Встановлено, що при всіх досліджуваних значеннях вологості насіння маку рівноважна вологість при температурі повітря 0 ºС має найбільше значення, найменше значення при температурі 30 ºС.

Висновки

1. Визначені основні фізико-технологічні властивості маку – маса 1000 зерен, натура, масова частка вологи, кут природного укосу, коефіцієнти зовнішнього тертя в стані спокою і руху, сипкість, шпаруватість, які впливають на зберігання і первинну обробку зерна. Встановлені можливі діапазони їх змін.

2. Встановлено, що з підвищенням вологості зерна рівноважна вологість зростає, також вона зростає із підвищенням відносної вологості повітря та його температури.

3. Дослідження фізико-механічних та гігроскопічних властивостей насіння маку дозволять обґрунтувати раціональну технологічну схему і режими його післязбиральної обробки.

Література

1. Носенко, Ю. Мак масличный – прибыль гарантирована [Текст] / Ю. Носенко // Зерно. – № 12. – 2007. – С. 46-52.
2. Вобликов, Е.М. Послеуборочная обработка и хранение зерна: учебник. [Текст] / Е.М. Вобликов, В.А. Буханцов, Б.К. Маратов, А.С. Прокопе. – Ростов н/ Д: издательский центр «МарТ», 2001. – 240 с.
3. Овсянникова, Л.К. Порівняльний аналіз дрібнонасіннєвих культур на основі статистичних характеристик їх розмірів [Текст] / Л.К. Овсянникова, С.С. Орлова, О.Г. Соколовська // Наук. праці ОНАХТ. – Вип. 36, т. 1. – О., 2009. – С. 72-76.
4. Зверев, С.В. Физические свойства зерна и продуктов его переработки: учебник [Текст] / С.В. Зверев, Н.С. Зверева. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 176 с.
5. Егоров, Г.А. Влияние тепла и влаги на процессы переработки и хранения зерна [Текст] / Г.А. Егоров. – М.: Колос, 1973. – 264 с.
6. Анискин, В.И. Гигроскопические свойства зерна различных культур [Текст] / В.И. Анискин, Г.С. Окунь, А.Г. Чижиков. – М.: ЦИНТИ Госкомзаг, 1967. – 86 с.
7. Старобудцева, А.И. Практикум по хранению зерна: учебник. [Текст] / А.И. Старобудцева, В.С. Сергунов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 192 с.

УДК 664.726

ОГЛЯД УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ПІСЛЯЖНИВНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА

Гросул Л.Г., д-р техн. наук, професор; Гапонюк О.І., д-р техн. наук, професор;
Яцкова Т.Й., канд.. техн. наук
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Стаття містить порівняльний аналіз устаткування для очищення свіжо- зібраного зерна та напрямки його удосконалення з метою зниження непродуктивних витрат теплової та електричної енергії, скорочення витрат на експлуатацію та підвищення якості післязбиральної обробки оберемків.

The article contains a comparative analysis of equipment for rectification of just harvested grain. It contains also directions of improvement of equipment. The aim is the reduction of unproductive heat and electric energy consumption; a reduction of expenses for exploitation; an increase of the quality of treatment of grain after harvesting.

Ключові слова**:** зерно, ворох, домішки, сепарування

Однією з головних умов підвищення рівня сільськогосподарського виробництва є ріст ефективності використання техніки для післязбиральної обробки врожаю на базі застосування сучасних методів і засобів інтенсифікації відповідних технологічних процесів. У зв'язку з цим все більшої актуальності набуває проблема вдосконалення зерноочищувальних сушильних комплексів (КЗС, ЗАВ і т.ін.) .

Ці методи і засоби вимагають удосконалення виробництва шляхом впровадження енергозбережної технології післязбиральної обробки зерна, зниження частки зерна, яке надходить на фураж, і поліпшення техніко-експлуатаційних показників. Перш за все необхідно вдосконалити технологічні схеми комплексів, у яких необхідно враховувати:

— виділення мілких смітних домішок із зернового вороху і поділ його на фракції (продовольчу, насіннєву, фуражну) до сушки, що дозволяє знизити частку зерна на фураж і споживання теплової енергії на сушіння;

— збільшення добової продуктивності комплексів за рахунок використання в них устаткування, яке виконує одночасно чи послідовно декілька операцій. Це підвищить експлуатаційні показники, зменшить споживання палива та електроенергії на сушіння;

— включення до складу лінії техніки і устаткування (особливо сушильного) відкритого виконання з установленням їх на позначці «нуль». Завдяки цьому зменшиться трудомісткість, матеріалоємність і потреба в будівельних матеріалах при монтажі машин та устаткування;

— підвищення якості зерна за рахунок поділу зернового вороху на фракції до сушіння і обробка їх при різних температурних режимах, сушіння фракцій за один прохід при мінімальній кількості перевалок транспортними механізмами, застосування каскадної установки машин в лініях, що буде сприяти зниженню використання палива й електроенергії на післязбиральну обробку зерна, а також скорочення трудозатрат при монтажі та експлуатації комплексів, зниження собівартості обробки зерна на них та зменшення потреби в сушарках великої продуктивності в зоні збирання зерна підвищеної вологості [1].

Ефективна робота потокових ліній (з урахуванням зазначеного) багато в чому залежить від місця розташування господарства, що виробляє зерно, його спеціалізації і наявності фахівців з післяжнивної обробки.

Лінії обробки зерна основного призначення включають:

— устаткування для тимчасового зберігання і консервації зерна перед сушінням з накопиченням, дозуванням і вирівнюванням теплофізичних властивостей зерна за температурою і вологістю;

— сушарку для сушіння зерна будь-якої вихідної вологості за один пропуск;

— устаткування для накопичення зерна перед остаточним очищенням (відлежування, охолоджування і вирівнювання теплофізичних властивостей зерна за температурою і вологістю після сушіння);

— комплекс машин для остаточного очищення зерна, після якого відходи направляють у фуражну лінію;

— машини для здобуття кондиційного насіння по класності [2].

Для зниження енерговитрат на післяжнивну обробку зернового матеріалу є сенс передбачити в лініях обдування зернового оберемка відпрацьованим у сушарках теплоносієм. Обдування найбільш раціональне при транспортуванні оберемка до сушарки, оскільки в цьому випадку одночасно відбуваються підвищення текучості та прогрівання матеріалу.

Функціонально-технологічна схема ліній для післяжнивної обробки зерна в господарствах багатогалузевого призначення відрізняється від розглянутої наявністю додаткового устаткування для обробки зерна продовольчого призначення. В цьому випадку на стадії попередньої обробки зернового оберемка передбачається виділення з нього фракції зерна продовольчого призначення. Її можна відразу ж направити на тривале зберігання або реалізацію, а при необхідності – обробити на лінії, ідентичній лінії для зерна основного призначення. Така технологія післяжнивної обробки комбайнового оберемка у виробника дозволяє при безперервній роботі лінії одночасно отримати насіння, продовольче (товарне) зерно і фуражний матеріал. За наявності в комплексі двох точок прийому зернового оберемка з’являється можливість розподіляти його на п'яти лініях (по дві для насіння і продовольчого зерна і одна – для фуражного). Якщо точка прийому одна, то кожна фракція зерна обробляється на своїй лінії.

Машина первинного очищення має пневмосепараційну і розвинену решітну системи. Швидкість повітря у пневмоканалах вища, ніж у машині попереднього очищення, за рахунок чого відбувається повніше розділення суміші. При цьому відділяються не лише легкі домішки, але й ті, швидкість витання яких близька до швидкості витання основної культури або навіть частково перекриває її. У пневмоканалах машини первинного очищення виділяється легке (порожнє і недорозвинене) насіння основної культури. Проте виділення деяких домішок відбувається досить важко. Наприклад, швидкості витання часток стебел з вузлами майже збігаються із швидкістю витання насіння основної культури, і тому частки ці не можуть бути повністю виділені пневмосистемою машини первинного очищення.

Отвори решіт машини первинного очищення можуть бути круглої і довгастої форми. Діаметр круглих отворів менший за довжину зерен основної культури. Зерна можуть пройти в отвір, якщо їх ширина менша за діаметр останнього. Таким чином, решета з круглими отворами сепарують суміш по ширині часток її фракцій.

Довжина довгастих отворів решіт перевершує довжину насіння основної культури і більшості домішок, що надходить на первинне очищення. Частки можуть пройти в такі отвори, але під решето (у проходову фракцію) попадуть лише ті частки, товщина яких менша за ширину отвору.

Проведемо невеликий огляд сепараторів, що є сьогодні на ринку.

Сепаратор СВУ-60 універсальний. застосовується для попереднього, первинного і вторинного очищення зернового оберемка різних сільськогосподарських культур до продовольчого зерна і насіння. Сепаратор розроблений з урахуванням особливостей виробництва зерна по вологості та засміченості і призначений для всіх кліматичних зон. Він може бути використаний для установлення в існуючі агрегати і комплекси (типу ЗАВ, КЗС) без істотної зміни силової конструкції цих споруд. Оптимальне поєднання амплітуди і частоти коливань, кута нахилу решітних станів та величини повітряного потоку сприяє якісному очищенню зерна в сепараторі СВУ-60, який задовольняє вимоги охорони довкілля і техніки безпеки.

Сепаратор СВТ-30 призначений для первинного (товарного) очищення зернового оберемка колосових, круп'яних, зернобобових, технічних і олійних культур, а також насіння трав від легких, крупних і дрібних засмічень і зернових домішок, відділених повітряним потоком і решетами, з метою доведення вмісту домішок у зерні, що заготовляється, до базисних кондицій. Сепаратор також може використовуватися і для попереднього очищення оберемка, що надходить від комбайнів або інших молотильних пристроїв зернового оберемка вищевказаних культур від легких, крупних і дрібних домішок, відділених повітряним потоком і решетами, з метою кращого збереження насіння і зерна, підготовки їх до сушіння й активного вентилювання та підвищення ефективності подальшого очищення. Сепаратор встановлюється в технологічні лінії післяжнивної обробки насіння і зерна (зерноочищувальні агрегати і зерноочищувально-сушильні комплекси), а також у складські приміщення у складі спеціальних ліній у всіх сільськогосподарських зонах.

Сепаратор СВТ-40, як і попередній, призначений для первинного (товарного) очищення зернового оберемка колосових, круп'яних, зернобобових, технічних і олійних культур, а також насіння трав від легких, крупних і дрібних засмічених і зернових домішок. Сепаратор установлюється в технологічні лінії післяжнивної обробки насіння і зерна на зерноочищувальних агрегатах.

Сепаратор СПС-10 призначений для остаточного безрешітного очищення зернового оберемка колосових, круп'яних і зернобобових культур та насіння трав від домішок, відділених повітряним потоком, з метою доведення їх якості за один пропуск до норм класу ЕС за вмістом насіння основної культури, а за вмістом насіння інших, у тому числі насіння засмічуючих рослин – до норм класу РС і РСТ. Сепаратор також може використовуватися для підготовки товарного (продовольчого) зерна з доведенням його до базисних кондицій. Сепаратор може працювати самостійно і в комплексі з пристроями, що транспортують домішки та проміжну фракцію очищення, і встановлюватися в технологічні лінії післяжнивної обробки зернового оберемка (зерноочищувальні агрегати і зерноочищувально-сушильні комплекси), а також у складські приміщення у складі спеціальних ліній у всіх сільськогосподарських зонах.

Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що впровадження отриманих рекомендацій відкриває суттєві можливості зниження непродуктивних витрат теплової та електричної енергії, значного скорочення капітальних вкладень та витрат на експлуатацію, технічне обслуговування та ремонтні роботи лінії приймання оберемка та кондиціонування зернопродуктів. Це забезпечить підвищення ефективності післязбиральної обробки вороху та покращення якості готової продукції у вигляді товарного, продовольчого та фуражного зерна.

Література

1. Жемков В.С., Павлихин Г.И., Соловьёв В.М. Механизация послеуборочной обработки зерна. Справочник. – М.: Колос, 1973.– 255 с.
2. Машины для послеуборочной обработки зерна. Учебники и учебные пособия для подготовки кадров массовых профессий / В.С. Оснин, И.В. Горбачев, А.А. Терехин, В.М. Соловьёв.- М.: Агропромиздат, 1987.– 238 с.
3. Демин Г.С., Павловский Г.Т., Теленгатор М.А., Цециновский В.М. Очистка зерна на хлебоприемных предприятиях. – М.: Колос, – 1968. – 288 с.

УДК [633.853.494:581.48]-021.4

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ НАСІННЯ ОЗИМОГО І ЯРОВОГО РІПАКА

***Данилова О.І., канд. хім. наук, ст. наук. співр., *Гаро В.Є., канд. техн. наук, доцент,**
****Карпюк Ю.М., канд. біол. наук**
***Одеська національна академія харчових технологій**
****ТОВ «ProControl»**

Порівняльна характеристика основних показників якості товарних партій ріпаку, вирощеного в Україні в період з 2005 по 2010 рр., дозволила з'ясувати, що за основними показниками всі партії насіння відповідають основним вимогам до харчових сортів каноли.

Comparative description of basic quality indexes of commodity parties of rape, grown in Ukraine in a period from 2005 to 2010, allowed to find out that on basic indexes all parties of seed suit to the food sorts of canola.

Ключові слова: товарні партії насіння ріпака озимого і ярового, споживчі властивості, якість.

Розвиток виробництва олійних культур і олії має значні перспективи для аграрного сектора економіки України. Відродження виробництва ріпака як промислової олійної культури почалося в Україні з 1995 року. Ріпак належить до рослин сімейства *Хрестоцвітних (капустяних) (Cruciferae (Brasicaceae)*), і його олія містить, на відміну від інших жирів, значну кількість (до (50 – 80 %) від кількості олії) ерукової (цис-13-докозаенової, 22 : 1) кислоти, що має формулу: $CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_{11}COOH$. Останнім часом в Україні вирощують ріпак яровий (*Brassica napus var. oleifera*) та ріпак озимий (*Brassica napus var. napus*). Виробництво ріпака має гарні перспективи розвитку, що пояснюється ринковою привабливістю цієї культури та більш сприятливими, ніж для соняшника умовами вирощування. Нинішні сорти ріпака мають потенційну врожайність 35-45 ц/га [1-4]. Стратегія розвитку виробництво ріпака спрямована на створення регіональних зон концентрованого вирощування озимого і ярового ріпака – від 10 до 30 тис. га. Це дасть можливість науково забезпечити процес вирощування ріпака й оптимально використовувати наявні ресурси: централізувати сушіння, зберігання товарного ріпака, зменшити питому вагу накладних витрат, організувати відправлення оптових партій більшого розміру покупцям насіння. Проте, як свідчать статистичні дані, виробництво ріпака в Україні має тенденцію до зменшення. Основною причиною цього є занижені ціни на ріпак через неструктурованість його виробництва за категоріями якості (харчовий, технічний), відсутність заходів державного впливу на формування внутрішнього ринку ріпака [2].

"У короткостроковій перспективі ринок ріпака як і раніше буде демонструвати певну стабільність. Більше значних цінових коливань при торговельній активності, що поступово знижується, навряд чи варто очікувати", – указують аналітики "KS Agrar"[3]. Попит на біодизель у ЄС в 2010 році виросте до 11,5 млн. тонн (в 2009 р. – 9,9 млн. тонн), переробка рослинних масел – з 22 млн. тонн до майже 23 млн. тонн в 2010/11 маркетинговому році (МР). «Майже весь вирощений в 2009 р. в Україні ріпак був вивезений за кордон у вигляді насіння, хоча його можна було переробити й продати не сировину, а кінцевий продукт його переробки – біопаливо» – про це заявив на прес-конференції в Києві директор ТОВ "НДІ альтернативного палива" (Харків) Володимир Семенов. За його словами, в Україні в 2009 р. виростили 3,2 млн. т ріпака. Ціна тонни ріпака була 2,9 тис. грн., і сільгоспвиробники охоче його продавали [1]. Виробництво насіння ріпака у 2008/2009 МР в Україні склало 2,3 млн. т. Середня урожайність озимого ріпака в Південному регіоні у 2009 році склала 15 ц/га. Прогноз виробництва на 2009/2010 МР становить 1,9 млн. т. У Тернопільській області на початок липня 2010 року озимий ріпак обмолочений на 8,143 тис. га при врожайності 18,5 ц/га. В Одеській області збиранню підлягає 183,1 тис. га ріпака. Ріпак на середину липня 2010 року зібраний із 86 % посівних площ, урожайність становить 14,1 ц/га, валовий збір – 221,6 тис. тонн. У цілому на світовому ринку насіння ріпака спостерігається позитивна цінова динаміка [2,6].

Метою роботи є моніторинг основних показників якості товарних партій ярового і озимого ріпака, які потрапляють на перевізні комплекси портів Одеського регіону для вдосконалення технології їх переробки, зберігання й відвантаження.

Усього в України для впровадження в сільськогосподарське виробництво до реєстру сортів внесено 18 сортів озимого і 16 сортів ярого ріпака. Серед них Галицький, Світоч, Горизонт, Свєта, Аріон та ін., які відзначаються підвищеною врожайністю (35-45 ц/га), високим виходом олії (42-45 %), значним вмістом білка [4]. Необхідно відзначити, що вміст жирів в озимому ріпаку складає (40 – 50 %), а в яровому – (35 – 47 %) [6-8]. В усьому світі яровий ріпак відіграє більшу роль у порівнянні з озимим. Основні регіо-

ни вирощування – південно-східна Азія (Китай) і Північна Америка (Канада),а також його обробляють в Австралії й Південній Америці. У Європі має важливе значення озимий ріпак. Найбільші площі ріпака – у Шотландії, Швеції, країнах Балтії й Польщі. У менших обсягах яровий ріпак вирощують в південних регіонах Європи, де м'який клімат узимку не дає можливості обробляти озимий ріпак, тому що озимому ріпаку для цвітіння, а отже й для формування врожаю, потрібно досить тривале впливу подразника у вигляді холоду, так звана яровизація. Яровий ріпак, навпаки, навпроти не вимагає яровизації, тому він не зимостійкий. У центральній Європі яровий ріпак має другорядне значення і, як правило, використовується в якості «запасу» на випадок сильного вимерзання культури озимого ріпака. За вмістом жиру насіння перспективних сучасних сортів ярового ріпаку має олійність більше 49 % [2,4,6].

Динамічне розширення посівних площ ріпака, а також стрімке зростання виробництва ріпакової олії стали можливі, тому що були створені високоврожайні сорти ярового й озимого ріпака, що не містять в олії ерукової кислоти, а в шроті їх виявляється незначна кількість глюкозинолатів. Ріпак став джерелом збільшення виробництва важливого харчового продукту для людини і поживного корму для тварин [6]. Останнім часом переваги надаються низьколінолевому насінню озимого ріпака.

Вміст глюкозинолатів у насінні і кормах із ріпака коливається від 0,5 до 4 %, а ерукової кислоти в жирі 1-54 %. Більш високий вміст ерукової кислоти – в олії озимого ріпака. В наш час виведено сорти ріпака зі зниженим вмістом ерукової кислоти (0,1 %) і глюкозинолатів (0,3 %), а також канолові сорти ріпака без антипоживних речовин.

Тіоглікозиди або глюкозинолати – це природні сполуки, що містяться в харчових рослинах, які розщеплюються при гідролізі з утворенням ізотіоціанатів – сполук із токсичними властивостями, що викликають подразнення слизових оболонок травного тракту, дихальних шляхів і порушення діяльності щитовидної залози. Сполуки сірки, що утворюються із глюкозинолатів, не тільки негативно впливають на діяльність життєво важливих органів живих організмів (зокрема серця, печінки, нирок), вони також викликають корозію обладнання, при гідруванні олії знижують ефективність і термін дії каталізатора [4-6].

Селекція ріпака на якість – яскравий приклад спрямованого формування жирнокислотного складу відповідно до концепції харчування. У свій час був установлений ризик виникнення серцевих захворювань при вживанні сортів ріпака, що містять у олії (40 – 50 %) ерукової кислоти від загальної маси жирних кислот [7-9].

Впровадження Україною нових міжнародних систем сертифікації насіння (OECD і ISTA) розмежує експорт посадкового матеріалу і продовольчого насіння. У виграші від нововведення будуть великі міжнародні компанії, які виробляють насіння на території України: вони істотно розширять географію своїх поставок за рубіж.

Продукт, що одержують в Україні за назвою ріпак, часто складається із суміші ріпака і суріпиці. Суріпиця є широко розповсюдженим бур'яном і значно засмічує посіви товарного ріпака. Зараз ведуться суперечки таксономістів про, те чи є це одним видом або підвидом. Взагалі партії зерна, вирощені, наприклад, з перших репродукцій сортів німецького походження, мають однакову морфологію насіння – одного розміру, синювато-чорного кольору. У більш пізніх репродукціях з'являється значна кількість насінин суріпиці червонясто-коричневого кольору, більш дрібних за розміром. Якість урожаю насіння ріпака в значній мірі залежить від використовуваного сорту, якості посівного матеріалу (репродукція) і агротехніки, застосовуваної в господарстві. Найбільше на ринку насіння продаються сорти вітчизняної та сорти і гібриди закордонної селекцій, які відповідають вимогам до "00" сортів.

Відповідно до вимог, запропонованих до вмісту ерукової кислоти, насіння ріпака в міжнародній практиці підрозділяють на дві категорії: насіння із низьким вмістом ерукової кислоти – не більше 5 % від масової частки жирних кислот відповідно до ISO 7557 – LEAC (low erucic acid content); насіння із високим вмістом ерукової кислоти – 40 % і більше від масової частки жирних кислот відповідно до ISO 7756 - HEAC (high erucic acid content) /Industrial rapeseeds. Ріпак із зменшеним вмістом антипоживних речовин – канола – Canola (Canadian oil low acid) – у відповідності до стандартів USDA насіння ріпаку із вмістом ерукової кислоти не більше 2 % від загального змісту жирних кислот і вмістом глюкозинолатів 30 мкмоль/г (μmol/g).

У міжнародній практиці залежно від вмісту ерукової кислоти і глюкозинолатів насіння ріпака буває [7,8]:

— "0" (single-low /single-zero (0) rapeseeds) – насіння ріпака із вмістом ерукової кислоти не більше 2 %, вміст глюкозинолатів не обмежується;

— "00" (double-low /double -zero (00) rapeseeds) – відповідно до припису Комісії Європейського співтовариства (ЄС) № 824/2000 (Commission Regulation (EC) No1035/2003) насіння ріпака з максимальним вмістом глюкозинолатів 25 мкмоль/г (μmol/g) у перерахуванні на вологість 9 %, визначену за ISO 9167-1:1995, і вмістом ерукової кислоти не більше 2 % від загальної кількості жирних кислот, визначених за ISO 5508:1995;

— "000" (tripple-low /tripple-zero (000) rapeseeds).

У борошні з насіння ріпака міститься 23-25 % протеїну, до 40 % жиру, (9-10) % клітковини, (18-20) % БЕВ, (5–5,5) % золи, (0,6-0,7) % кальцію, (0,9-1,00 % фосфору. Білок ріпака багатий лізином, метіоніном і цистином [6]. Необхідно відмітити, що насіння "00" сортів характеризуються зменшеним вмістом клітковини.

Показники якості зразків озимого і ярового ріпака у порівнянні із базисними нормами, відповідно до яких роблять розрахунок якості насіння, зазначені в табл. 1 [10,11]. Необхідно зазначити, що у свіжозібраному ріпаку загальний вміст домішок становить до (24 – 25) %, причому зазвичай основну частину їх складають олійні домішки. Після доопрацювання і сушіння кількість домішок завдяки використанню необхідних технологічних прийомів зменшується.

Таблиця 1 – Показники якості насіння ріпака для промислової переробки

Найменування показника	Норма	Досліджені зразки насіння ріпака	
		озимого	ярового
Вологість, %	7,0	6,5-7,0	6,8-7,2
Вміст сміттєвої домішки, %	2,0	1,4-2,1	1,3-2,2
Вміст олійної домішки, %	6,0	5,4-6,1	6,-6,2
Зараженість шкідниками хлібних запасів	Не допускається	—	—

Визначення складу домішок (табл. 2) у товарних партіях насіння ріпака свідчить, що в насінні з південного регіону з вологістю (6,5 – 7,2) % переважають олійні домішки, тобто, биті, проростілі, щуплі, дефектні насінини ріпака, в насінні північного та східного регіонів відмічений підвищений вміст сміттєвих домішок у порівнянні із насінням з інших регіонів.

Таблиця 2 – Склад домішок у товарних партіях ріпака південного регіону (2007/2010 рр.)

Вид домішок	Масова частка, %			
	у товарній партії		від загальної кількості домішок	
	озимого	ярового	озимого	ярового
Мінеральні домішки	0,25	0,27	3,5	3,2
Крупні сміттєві домішки	1,24	1,41	17,3	18,2
Олійні домішки	5,61	5,98	78,1	77,2
Насіння сторонніх культур	0,08	0,09	1,1	1,2

Таблиця 3 – Структурно-механічні властивості товарних партій ріпака південного регіону

Роки	Показник						
	Вага 1000 зерен, г	Середній діаметр, d, мм	Насипна щільність, γ, кг/м^3	Кут природного укосу, α	tg α	Щільність укладання, %	Шпаруватість, %
2005	3,0-3,9	1,9	600	31°20’-31°40’	0,608-0,610	56,5	43,3-43,6
2006	2,9-3,8	1,6	670	31°12’-31°43’	0,582-0,618	58,5	40,8-41,3
2007	3,0-3,7	1,8	620	31°18’-31°42’	0,605-0,618	57,8	43,1-43,5
2008	2,8-3,5	1,7	675	30°10’-30°20’	0,580-0,609	59,2	40,3-41,5
2009	3,5-3,9	2,01	590	29°80’-31°40’	0,580-0,610	59,3	42,4-43,8
2010	2,6-3,4	1,6	670	31°12’-31°42’	0,582-0,618	57,8	40,8-41,5

Технологічна придатність насіння ріпака для переробки в харчові та кормові продукти залежить від його фізико-хімічних характеристик, особливо від вмісту основних компонентів, антипоживних факторів, форми і лінійних розмірів насіння. Визначення основних структурно-механічних властивостей насіння ріпака різних товарних партій показало, що вони певною мірою варіюють за вагою 1000 насінин і вмістом компонентів хімічного складу. Фракції великого насіння (2,0-3,0 мм), що мають більшу вагу, звичайно містять більшу кількість олії, білка, целюлози і глюкозинолатів у порівнянні з дрібним насінням (до 2,0 мм). Дуже важливими є фізико-механічні властивості, зокрема механічна стійкість насіння та його вологість, що має практичне значення при розрахунках елеваторів та складів. Маса 1000 насінин характеризує біологічні особливості сортів і коливається у «00» сортів у невеликих межах. Отримані результати можуть бути використані як при розрахунках у товарних виробництвах, так і при обґрунтуванні технологічних процесів переробки цієї культури.

Результати дослідження хімічного складу насіння ярового і озимого ріпака двонульових сортів урожаю 2005 –2010 рр., вирощених у південному регіоні, наведені в таблицях 5, 6. Основними показниками

якості насіння ріпака, крім олійності, вмісту ерукової кислоти та глюкозинолатів, є вміст білків, целюлози, зольних речовин. Протягом 2005–2010 рр. ці показники значною мірою залежали від природних умов та від того, який саме ріпак складав товарні партії – яровий (табл. 5), чи озимий – (табл. 6.). За вмістом жиру і білка насіння озимого ріпаку має більш високі показники, вміст клітковини коливався незначною мірою, оскільки вона міститься переважно в насіннєвих оболонках. Крохмалю в насінні мало, серед цукрів переважає сахароза. Насіння ріпака містить природні антиоксиданти – токоферол (вітамін Е), фенольні сполуки і таніни.

Таблиця 5 – Біохімічний склад товарних партій насіння ярового ріпака

Показник	Роки					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Білки, %	20,1 – 21,3	21,8-23,1	21,3-22,9	21,3-22,4	20,5-21,8	20,1-21,6
Олія, %	43,8-45,6	42,9-44,2	40,1-42,8	41,7-43,4	41,8-43,6	42,0-43,1
Ерукова кислота, %	0,54-0,87	0,56-0,98	0,46-0,90	0,48-0,92	0,42-0,81	0,44-0,86
Глюкозинолати, ммоль/г	19,1-38,6	29,4-41,3	25,8-47,1	29,7-43,0	27,4-49,1	25,3-46,1
Клітковина, %	11,3-12,5	11,7-12,6	11,6-12,7	11,8-12,5	11,8-12,5	11,2-12,4
Зола, %	4,5-5,1	4,4-5,3	4,2-4,8	4,6-5,1	3,6-4,4	3,7-4,3

Таблиця 6 – Біохімічний склад товарних партій насіння озимого ріпака

Показник	Роки					
	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Білки, %	20,5 – 21,8	22,0-23,2	22,5-23,7	21,6-22,8	21,2-22,3	20,5-22,5
Олія, %	44,2-46,7	43,6-44,8	40,2-43,0	42,1-44,2	42,5-44,2	42,5-43,8
Ерукова кислота, %	0,51-0,78	0,52-0,94	0,42-0,86	0,45-0,90	0,41-0,82	0,42-0,84
Глюкозинолати, ммоль/г	18,4-36,2	28,6-40,5	24,5-46,8	28,5-42,4	26,3-48,8	25,5-46,8
Клітковина, %	11,2-12,8	11,8-12,5	11,2-12,4	11,4-12,7	11,6-12,4	11,4-12,6
Зола, %	4,2-4,8	4,1-5,2	4,0-4,5	4,3-5,0	3,8-4,6	3,8-4,5

Були здійснені дослідження якості товарних партій ріпака з різних регіонів України (табл. 7, рис. 1), які довели, що за найважливішими показниками якості олії і насіння всі досліджені партії ярового і озимого ріпака є безеруковими і низькоглюкозинолатними («00»).

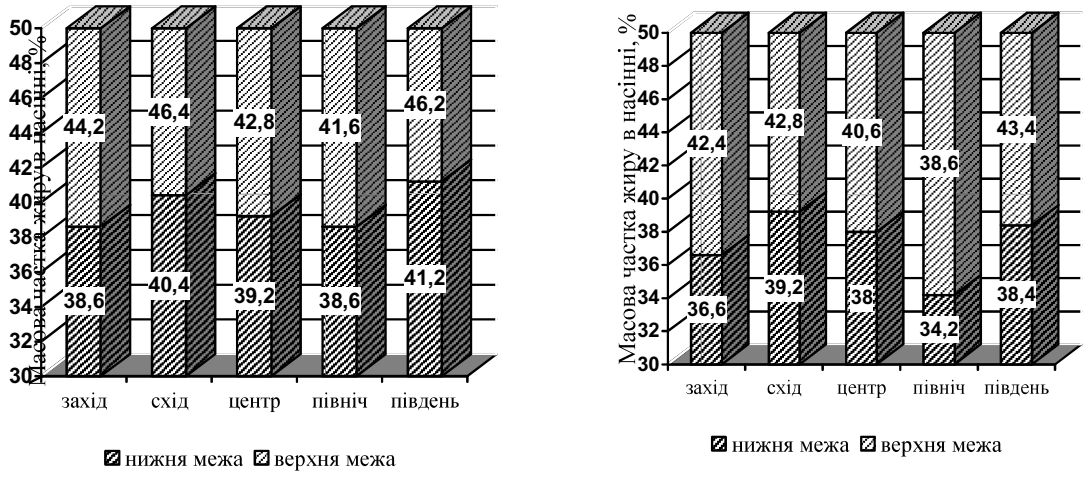
Таблиця 7 – Якість перевірки товарних партій ріпака у 2007/2010 роках

Регіони України	Показники якості					
	Вологість, %	Сміттєві домішки, %	Олійність, %	Кислотність, %	Ерукова кислота, %	Глюкозинолати, ммоль/г
Південний	6,5-7,2	1,9-3,0	38,9-46,2	0,93-1,4	0,45-1,8	22-38
Північний	7,1-8,0	1,6-2,0	34,2-41,6	0,85-1,3	0,65-1,6	29-34
Центральний	7,3-8,0	2,4-3,2	38,0-42,8	0,87-1,2	0,71-1,8	28-46
Західний	7,5-7,8	1,6-2,2	36,6-44,2	1,0-1,4	0,52-1,2	26-38
Східний	7,4-8,0	2,2-3,4	39,2-46,4	0,9-1,1	0,81-1,5	32-48

Серед досліджених партій насіння найменше глюкозинолатів містилося у зразках південного і західного регіонів. Окремі зразки як ярового, так і озимого ріпака з північного і східного регіонів мали підвищений вміст глюкозинолатів – до (42–46) ммоль/г. Найменший вміст глюкозинолатів відмічений у партіях насіння озимого ріпака з південного регіону – (15,8–22,3) мкмоль/г. У деяких зразках – насінні ярового ріпака з північного, центрального, східного регіонів, наявний підвищений вміст олеїнової кислоти – (70,3 – 71,8) % від загальної суми жирних кислот. Крім того, в зразках із північного і центрального регіонів відмічений низький вміст ліноленової кислоти – (2,9 – 4,0) %. Як відомо, олія із низьким вмістом ліноленової кислоти і високим вмістом олеїнової більш стійка до окислювального псування і тому має значну фізіологічну і харчову цінність.

З наведених у табл. 5, 6 даних видно, що партії насіння відрізняються за своїми показниками якості, але кількість ерукової кислоти в усіх партіях знаходилася у межах норми для використання у харчових цілях. В окремих партіях з південного та центральних регіонів кількість сміттєвих домішок перевищувала норму. Кислотність і вміст вологи в усіх партіях були в межах норми. В окремих партіях з південного, центрального, східного регіонів кількість глюкозинолатів перевищувала норму. Таким чином, в основному партії насіння ріпака відносяться до 1 класу і за основними показниками відповідають вимогам до ріпака, який ви-

користовують для харчових цілей. Порівняння даних табл. 3 та табл. 5, 6. дозволяє зробити висновок, що більше за розміром насіння містить більшу кількість олії, що збігається з даними літератури [4-9].



а) б)

Рис. 1 – Олійність а) озимого та б) ярового насіння ріпака в товарних партіях із різних регіонів України

Із наведених на рис. 1 даних випливає, що олійність насіння озимого ріпака вище, ніж олійність ярового, що дуже важливо враховувати при формуванні товарних партій насіння ріпака.

Проведені дослідження основних показників якості товарних партій ярового і озимого ріпака, які потрапляють на перевізні комплекси портів Одеського регіону, довели, що насіння, вирощене в різних регіонах України, може бути використане для харчових цілей. Після доопрацювання всі партії насіння відповідають сучасним вимогам, але необхідним є вдосконалення технології їх виробництва, зберігання й відвантаження, впровадження енергозбережних технологій та застосування комплексних підходів при формуванні товарних партій. Таким чином, оскільки світовий ринок ріпака інтенсивно розвиватиметься й надалі, в найближчому майбутньому подальше зростання обсягів виробництва його в Україні є реальним, тим більше, що в Україні є всі передумови для отримання якісного насіння, а збільшення продажу тільки якісного ріпака (як озимого, так і ярового) можливо досягти тільки шляхом застосування сучасних технологій на всіх етапах – від вирощування до переробки.

Література

1. http://www.oilworld.ru/
2. http://geo.1september.ru/
3. http://www.agro-sk.ru/information/raps-yarovoiy-naznachenie-i-ispolzovanie
4. Нікітін М.С. Технологія приготування кормів з використанням ріпака Дис. на набуття. ступ. к.т.н. спец. 03.00.23 біотехнологія. – О.: ОНАХТ, 1994.
5. Лисицын А.Н., Быкова С.Ф., Давиденко Е.Н., Минасян Н.М. Биологические особенности сортов рапса и физиологическая ценность жмыхов и шротов // Масложировая пром-сть. – 2007. – № 6. – С. 18-20.
6. http://raps.ru/
7. Кононова Р.В. Совершенствование методов анализа токсичных веществ рапсового сырья, используемого в технологии комбикормов Дисс. на соиск. степ. к.т.н. – О.: ОНАПТ, 1986. – 203 с.
8. Арделян Д.В. Особливості розвитку світового ринку ріпаку // Економіка АПК.– 2009. – № 2. – С.126-129.
9. http://www.apk-inform.ru/showart.php?id=95319
10. Горпинченко Т.В Актуальные вопросы продовольственного и кормового использования рапса (обзор) // Хранение и переработка сельхозсырья.– 2003. – №7. – С.54–63.
11. ГОСТ 10583-76: Рапс для промышленной переработки. Технические условия.

УДК 664.723.047.37

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКЕ ЗЕРНА

Сорочинский В.Ф., д-р техн. наук, ст.науч.сотр.
Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки Российской академии сельскохозяйственных наук, г. Москва, Россия

Приведены результаты анализа энергозатрат при сушке зерна с применением различных схем утилизации сушильного агента и охлаждающего воздуха. Проведена оценка удельных затрат теплоты на сушку зерна и коэффициентов полезного действия зерносушилок.

Results of the analysis of power inputs are resulted at drying of grain with application of various schemes of recycling сушильного the agent and cooling air. The estimation of specific expenses of warmth on drying of grain and efficiency of devices for grain drying is spent.

Ключевые слова: зерно, сушка, теплота, топливо, утилизация, охлаждение, энергозатраты, анализ.

Сушка зерна является одним из наиболее энергоёмких процессов сельскохозяйственного производства. При валовом сборе зерна в России на уровне 80 – 100 млн. тонн в год в сушке нуждается обычно 50 – 55%, т.е. от 40 до 55 млн. тонн зерна со снижением влажности в среднем от 20 до 14%, хотя в отдельные годы количество влажного и сырого зерна увеличивается. Зерносушильный парк России насчитывал около 9 тыс. сушилок, из них в сельском хозяйстве около 6 тыс. сушилок производительностью от 5 до 10- 15 пл.т /ч и около 3 тыс. сушилок на элеваторах и хлебоприёмных предприятиях производительностью в основном от24- 30 до 50 пл.т/ч. Это, как правило, зерносушилки советского производства со средними показателями расхода топлива 12,2 кг.усл.топл./пл.т и электроэнергии 3,0 кВт.ч/пл.т.

По экспертным оценкам из общего количества энергоресурсов, затраченных на производство зерна, прямые затраты на сушку достигают 30-35%, а доля энергозатрат в себестоимости сушки составляет 75-80%. Таким образом, для сушки зерна требуется не менее 0,5-0,7 млн. тонн натурального топлива и 120-165 млн. кВт.ч электроэнергии. Зерносушильный парк страны существенно устарел, 25-30% зерносушилок изношены и требуют замены. Переоснащение и замена зерносушилок отечественными производителями осуществляется медленно, примерно по 200 штук в год, неустановленное количество блочно-модульных сушилок с низким влагосьёмом поставляется из-за рубежа.

За последние 3-5 лет энергоресурсы значительно подорожали и имеют тенденцию к дальнейшему увеличению стоимости. Особенно сильно подорожал природный газ – в 2,5 – 3 раза, электроэнергия в 1,5 – 2 раза, дизельное топливо на 15 – 35%.Поэтому разработка новых технологий и оборудования, направленных на снижение затрат топлива и электроэнергии на сушку имеет определяющее значение для снижения энергозатрат при производстве зерна.

Цель настоящей статьи провести краткий анализ удельных энергозатрат на сушку зерна для различных зерносушилок и определения их коэффициента полезного действия. В настоящее время большинство зерносушилок как советского производства, так и зарубежных имеют низкий коэффициент полезного действия - на уровне 45-50%. Вместе с тем, в конце 80-х и 90-х годах рядом научно-исследовательских организаций – ВНИИЗом с его филиалами, Институтом тепломассообмена (Республика Беларусь), ОТИППом (Украина), МТИППом, Институтом теплофизики СО АН РФ и другими были проведены значительные исследовательские работы по развитию технологии и техники в элеваторной промышленности. Были созданы, а в большинстве случаев реконструированы шахтные зерносушилки с предварительным нагревом и рециркуляцией зерна, изотермическими режимами сушки, зонами промежуточной отлежки, утилизацией теплоносителя, сушильного агента и охлаждающего воздуха, технологическими схемами, обеспечивающими прямоточную и рециркуляционную сушку в зависимости от влажности, культуры и назначения зерна.

То есть на мировом уровне создана технология, базирующаяся на современных способах интенсификации процесса сушки зерна, обеспечивающая сушку зерна любой начальной влажности за один прием до сухого состояния. Для создания новых конструкций зерносушилок были привлечены предприятия Минсудпрома, при этом предполагалось, что сушилки производительностью до 20-25 т/ч должны быть прямоточными, а свыше 30 до 50 т/ч в одном агрегате – рециркуляционными. Но эту программу осуществить не удалось.

В настоящее время новые зерносушилки, поступающие в агропромышленный комплекс, в том числе в элеваторную промышленность, являются по конструкции блочно-модульными с производительностью

модуля 5-10-15 т/ч, а по технологической схеме прямоточными и рассчитаны в основном на снижение влажности на 4-5 %. Наращивание мощности этих сушилок осуществляется как за счет установки модулей по высоте, так и блокированием модулей в ряд в единый зерносушильный комплекс.

В качестве недостатка этих конструкций необходимо отметить снижение производительности и увеличение удельных энергозатрат при сушке высоковлажного зерна, вследствие необходимости уменьшения температуры сушильного агента во избежание возможного перегрева зерна и сложности формирования из блочно-модульных прямоточных зерносушилок агрегата производительностью 40-50 т/ч для замены изношенных сушилок большой производительности по условиям их размещения и привязки на элеваторе. В качестве преимуществ можно отметить простоту конструкции, высокую степень автоматизации и монтажной готовности.

В Российской Федерации производителями зерносушилок являются ЗАО «Кировагропромтехника», ООО «ОКБ по теплогенераторам, г.Брянск, ОАО «Мельинвест» г. Нижний Новгород, ОАО «Тверьсельмаш», ОПКТБ СибИМЭ, г.Краснообск, ОАО «Брянсксельмаш» и некоторые другие перешедшие на выпуск блочно-модульных зерносушилок, в том числе и по лицензиям с иностранными фирмами.

Несмотря на жесткую конкуренцию на рынке зерносушильной техники между отечественными производителями, в Россию поступают импортные сушилки производства США, Германии, Франции, Бельгии, Аргентины, Финляндии, Италии, Украины, Польши и других стран, как на предприятия сельхозпроизводителей, так и на элеваторы и хлебоприемные предприятия.

Всего для России свою зерносушильную технику представили около 17 иностранных фирм и большинство этих зерносушилок уже работают в агропромышленном комплексе. Вместе с тем, как отечественные, так и поставляемые в Россию иностранные зерносушилки имеют разный технический уровень, который определяет разные энергозатраты на сушку. в рекламном описании ряда сушилок часто не приводятся удельные затраты топлива и электроэнергии, а указывается только диапазон расхода топлива, отличающийся в $1,5 \div 2$ раза от среднего расчетного значения, приводится только установленная электрическая мощность, не приводятся значения расходов сушильного агента и охлаждающего воздуха, начальной температуры зерна и охлаждающего воздуха, температуры нагрева зерна, режимы сушки и т.д.

Вместе с тем, для ряда сушилок на основании приведенных данных удается оценить коэффициент полезного действия и в отдельных случаях он оказывается несоразмерным с технологией сушки зерна применяемой на этой сушилке.

Условно, по использованию различных технических средств для утилизации теплопотерь, зерносушилки, в которых сушка и охлаждение зерна осуществляются в одном блоке, а предварительный нагрев зерна отсутствует, можно разделить на несколько групп (варианты использования НЧ, ВЧ, СВЧ, тепловых насосов и т.д. здесь не рассматриваются):

1.Зерносушилки, не использующие утилизацию охлаждающего воздуха и сушильного агента;

2.Зерносушилки, использующие только утилизацию охлаждающего воздуха;

3.Зерносушилки, использующие утилизацию охлаждающего воздуха и, частично, утилизацию отработавшего ненасыщенного сушильного агента из нижних зон сушки;

4.Зерносушилки, использующие утилизацию охлаждающего воздуха и сушильного агента, в том числе насыщенного из верхних зон сушки.

В общем случае, в зависимости от технологии сушки и типа зерносушилки, можно привести следующие средние значения затрат тепла на конвективную сушку зерна (по пшенице) без теплообменника, приведенные к температуре атмосферного воздуха 5^0С и снижению влажности зерна с 20 до 14%.

По первой группе удельные затраты теплоты составляют 5110 кДж/кг.исп.вл., а расход натурального топлива (дизельное) 8,4 кг/пл. т., т.е. 1,4 кг/т·% при коэффициенте полезного действия сушилки равном 49,2%. Использование утилизации охлаждающего воздуха приводит к снижению удельных затрат теплоты до 4800 кДж/кг.исп.вл., увеличению коэффициента полезного действия до52,4%, снижению расхода натурального топлива до 7,9 кг/пл. т., т.е. 1,3 кг/т·%.

Для зерносушилок третьей группы удельные затраты теплоты составляют 4418 кДж/кг.исп.вл., коэффициент полезного действия 56,9%, расход натурального топлива 7,2 кг/пл. т., т.е. 1,2 кг/т·%. В настоящее время с такой схемой утилизации теплоты работают большинство современных зерносушилок. Коэффициент полезного действия зерносушилки может достигнуть значений 77,5% при затратах на сушку 3244 кДж/кг.исп.вл., расходе топлива 5,3 кг. нат. топл./пл.т, т.е.0,88 кг/т% с дополнительной утилизацией теплоты насыщенного отработавшего сушильного агента. При этом используются специальные теплообменники для отбора тепла при конденсации водяного пара из сушильного агента и передачи его с использованием промежуточного теплоносителя для подогрева атмосферного воздуха, поступающего в топку сушилки.

Приведенные значения удельных затрат тепла на сушку для прямоточных зерносушилок являются средними значениями для каждого способа сушки и зависят от начальной и конечной влажности зерна,

начальной температуры зерна и атмосферного воздуха, температуры сушильного агента и конструкции зерносушилки. Возможность применения различных способов экономии затрат на сушку определяется технико-экономическими расчетами при сопоставлении снижения затрат на сэкономленное топливо и ростом стоимости самой сушилки для их реализации. При использовании теплообменника для нагрева сушильного агента коэффициент полезного действия зерносушилок снижается на 5-8%.

Следует отметить, что значительно снизить затраты на сушку до 20 % и повысить КПД сушилки до 61,5 % при удельных затратах тепла 4090 кДж/кг.исп.вл. можно с использованием способа двухстадийной сушки с применением активного вентилирования при медленном охлаждении зерна в вентилируемых бункерах, охладителях непрерывного действия, либо в хранилищах по методу «драйэрации»[1,2], который широко применяется при сушке зерна колосовых культур, кукурузы и бобовых культур. Экономия топлива в этом случае достигается за счет полезного использования тепла, ранее прошедшего на нагрев зерна, интенсификации процесса сушки за счет увеличения температуры сушильного агента на 15-20^{0}С и сокращения потерь тепла с отработавшим в нижней части сушильной зоны ненасыщенным влагой сушильным агентом. Применение этого метода позволяет наряду с улучшением качества зерна также существенно повысить производительность прямоточных зерносушилок. Сушилки, работающие по этому методу, должны иметь гибкую технологическую схему и позволять переводить охладительную зону на сушку без реконструкции зерносушилки.

При прямом нагреве сушильного агента и сочетании метода драйэрации и утилизации охлаждающего воздуха и ненасыщенного отработавшего сушильного агента удельные затраты на сушку снижаются на 33,5 %, а расчетный КПД сушилки может увеличиться до 73,9 % при удельных затратах тепла 3400 кДж/кг.исп.вл.

Приведенные данные в целом согласуются с расчетами [3,4], показывающими достижение максимально возможных КПД, рассмотренных конвективных высокотемпературных сушилок соответственно на уровне 80-83 %.

Для конвективной высокотемпературной сушки зерна в соответствии с принципами и методами обезвоживания материалов [5] основные направления интенсификации заключаются в его предварительном нагреве до предельно допустимой температуры, обеспечивающей увеличение коэффициента диффузии влаги и рециркуляции части зерна, позволяющей использовать его как промежуточный теплоноситель и влагопоглотитель для повышения эффективности сушки. Эти положения легли в основу разработки целого ряда высокотемпературных прямоточных, а также рециркуляционных зерносушилок с предварительным нагревом зерна. До последнего времени до 40 % зерносушильного парка хлебоприемных предприятий России составляли рециркуляционные зерносушилки, использование которых рационально для зерносушилок значительной производительности при массовом поступлении влажного и сырого зерна и необходимости высушивания его за один пропуск через зерносушилку.

Эффективность работы рециркуляционных зерносушилок, как и прямоточных, также будет определяться степенью утилизации тепловых потерь. Самый простой способ предварительного нагрева сырого зерна осуществляется в тепломассообменнике зерносушилки при его контакте с нагретым рециркулирующим зерном. При этом, КПД сушилки возрастает до 52,6% при удельных затратах теплоты 4777 кДж/кг.исп.вл.

В рециркуляционных зерносушилках, где нагрев зерна осуществляется в камерах нагрева, сушка проводится в шахтах либо в процессе его охлаждения атмосферным воздухом, либо при подаче в шахты нагретого сушильного агента. При использовании в качестве сушильного агента атмосферного воздуха, эффективность сушки в значительной степени зависит от параметров атмосферного воздуха. При этом сушилка работает как бы по методу драйэрации с той только разницей, что охлаждение зерна происходит при скорости фильтрации воздуха, значительно превышающей его скорость фильтрации при активном вентилировании нагретого зерна, что снижает возможность использования для сушки теплоты нагретого зерна, особенно при низких температурах атмосферного воздуха.

В полной мере преимущества предварительного нагрева и рециркуляции зерна реализуются при рециркуляционно-изотермическом способе сушки, когда в зоны сушки вместо атмосферного подается нагретый воздух. Это позволяет поддерживать в процессе сушки температуру зерна на значениях близких к предельно допустимой температуре нагрева. За счет интенсификации процесса сушки удалось достигнуть значения коэффициента полезного действия равного 59,4 % при удельных затратах на сушку 4232 кДж/кг.исп.вл.

Дальнейшее снижение удельных затрат на сушку до 3897 кДж/кг.исп.вл. при коэффициенте полезного действия сушилки равном 64,5 % получено при дополнительной утилизации отработавшего теплоносителя из камеры нагрева в сушильную зону, а также организации промежуточных зон отлежки для предотвращения перегрева зерна при его сушке. По сравнению с прямоточной зерносушилкой экономия тепла на сушку составила 23,8 %. Максимальные значения коэффициента полезного действия равные

74,0 % получены по результатам испытаний рециркуляционно-изотермических зерносушилок, в которых осуществляется предварительный нагрев зерна, утилизация отработавшего сушильного агента и охлаждающего воздуха при осциллирующих режимах сушки.

Как и при оценке удельных затрат тепла на сушку в прямоточных зерносушилках, в рециркуляционных зерносушилках метод двухстадийной сушки зерна для их сокращения также имеет большое значение. По результатам испытаний зерносушилки РД2х25-70 на зерне риса с выпуском из охладительной шахты нагретого до 37-42^{0}С зерна, его отлежкой с дальнейшим активным вентилированием в силосах элеватора удельные затраты на сушку сократились на 28,2 % и составили 3670 кДж/кг. исп.вл., а коэффициент полезного действия сушилки 68,5 %, при этом производительность сушилки возросла на 40,8 %.

Из сравнения удельных энергозатрат шахтных прямоточных и рециркуляционных зерносушилок при различных способах сушки следует, что действующие зерносушилки могут достигнуть коэффициента полезного действия равного 74 - 80 %, однако на практике для большинства зерносушилок эти значения не реализуются.

Современные прямоточные высокотемпературные зерносушилки имеют, как правило, технические средства для утилизации охлаждающего и ненасыщенного сушильного агента и работают на газовом топливе без теплообменника при коэффициенте полезного действия сушилки 55-57 %. Рециркуляционные зерносушилки с камерами нагрева эффективны при подаче в сушильные зоны нагретого воздуха, утилизации теплоносителя выходящего из камеры нагрева и осциллирующих режимах сушки, при этом коэффициент полезного действия зерносушилок достигает 60-65 %.

Выводы

1. Установлено, что степень утилизации теплоты, пошедшей на сушку зерна, существенно влияет на энергозатраты как прямоточных, так и рециркуляционных зерносушилок, может повысить их коэффициент полезного действия на 25-31%, и отражает современный уровень развития зерносушения. При этом, возможность применения различных способов экономии затрат на сушку определяется технико-экономическими расчетами при сопоставлении снижения затрат на сэкономленное топливо с ростом стоимости самой сушилки для их реализации. При использовании теплообменника для подогрева сушильного агента коэффициент полезного действия зерносушилок снижается на 5-8%.
2. Современные прямоточные блочно-модульные зерносушилки обеспечивающие съем влаги не более 4-5% имеют, как правило, простую конструкцию и высокую степень автоматизации, однако возможности утилизации теплопотерь в них ограничены. Увеличение их производительности до 30-50т/ч приводит к существенному увеличению модулей по высоте, либо необходимости наращивания модулей в параллельном ряду, что не всегда удобно по условиям привязки при замене действующих зерносушилок.
3. Для климатических условий Российской Федерации, где средняя влажность сырого зерна составляет 22,5%, перспективным направлением следует считать развитие зерносушильной техники на базе современных способов интенсификации процесса сушки: применении предварительного нагрева и осциллирующих режимов сушки; утилизации теплоносителя, сушильного агента и охлаждающего воздуха; гибкой технологической схеме зерносушилок, в которых сочетаются прямоточная и рециркуляционная схемы движения зерна.

Литература

1. Сорочинский В.Ф. Эффективный способ двухстадийной сушки зерна [Текст] //Комбикормовая промышленность,1996, №4.- с.17-18.
2. Lasseran J.C. New developments in enerqy preservation for maize dryinq. Maize: Recent Proqress in Chemistry and Technoloqy[Текст], New Jork, USA. – 1992. – pp.53-76.
3. Алейников В.И. Пути снижения удельных затрат топлива и электроэнергии при сушке зерна[Текст] // Обзорная информация: серия «Элеваторная промышленность». – М.: ЦНИИТЭИ Минзага СССР. – 1979. – 70 с.
4. Бурдо О.Г., Воскресенська О.В., Донкоглов В.Н. Тенденції розвидку зерносушильной техніки[Текст] // Зернові продукты і комбикорми, 2006, № 2. – с.48-53.
5. Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов[Текст].- М.: Пищевая промышленность, 1973. – 528 с.

УДК 631.576.331.2:535

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕРНА И ЕГО АНАТОМИЧЕСКИХ ЧАСТЕЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЭКСПРЕССНЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МУКИ И ЗЕРНА

Штейнберг Т.С., канд. техн. наук
Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт зерна и продуктов его переработки Россельхозакадемии, г. Москва

Представлены результаты фундаментальных исследований спектрофотометрических и цветовых характеристик зерна пшеницы и продуктов его размола, на базе которых разработаны: широко внедряемые методы и средства измерений для оценки качества муки по показателю «белизна»; инструментальный метод «цифрового изображения зерна».

Presents the results of basic research of spectrophotometric, color characteristics of the grain, products of its grinding, on the basis of which developed: widely introduced methods and measurement tools for assessing the quality of flour for white, the instrumental method of the «digital image the grain».

Ключевые слова: зерно, мука, спектрофотометрические характеристики, цвет, цифровое изображение, сканирующий анализатор.

Разработка и внедрение современных методов и средств измерений для экспрессной оценки качества зерна и готовой продукции, для оперативного контроля технологических процессов переработки и хранения зерна являются одной из задач повышения эффективности производства, выработки качественной продукции, безопасной для человека. Надежная и объективная оценка качества муки и зерна в настоящее время приобрела особое значение в связи с развитием рыночных отношений в зерновом комплексе России и выходом России на международный рынок зерна.

В первой части статьи представлены результаты исследования продуктов размола зерна пшеницы (измельченное зерно, эндосперм, отруби, мука). Во второй – результаты исследования зерна пшеницы в нативном состоянии (без разрушения его структуры) – соисполнители НИЦ «Интеллектуальные сканирующие системы» и Государственный центр эталонов, метрологии Республики Беларусь.

На основании многолетних исследований фотометрических и цветовых характеристик анатомических частей зерна и продуктов его переработки в институте коллективом авторов (С.Е. Мамбиш, Т.С. Штейнберг) [1] разработаны теоретические основы фотометрического анализа зернопродуктов:

— цветовые характеристики – координаты цветности (***x, y***) эндосперма, цельносмолотого зерна и отрубянистых частиц белозерной и краснозерной пшеницы на стандартной диаграмме цветности МКО находятся вблизи «белой» точки в узкой области, относимой к одному цвету – белому (рис.1 а,б). Специфическая вытянутость области цветности объекта характеризует его хроматичность;

— характерным для зерна и зернопродуктов (эндосперма и отрубянистых частиц) является близкая к функциональной линейная связь между координатами цветности (коэффициент корреляции = 0,96 – 0,99 + 0,004); координаты цветности линейно связаны с коэффициентом отражения при $\boldsymbol{\lambda}$ = 522 нм. Связь тесная, надежная (***r*** = 0,94 – 0,99 + 0,01);

— отрубянистые частицы зерна пшеницы II и III типов по цветовому тону отличаются от отрубянистых частиц краснозерной пшеницы (соответственно 579, 4 нм и 581,1-581,6 нм);

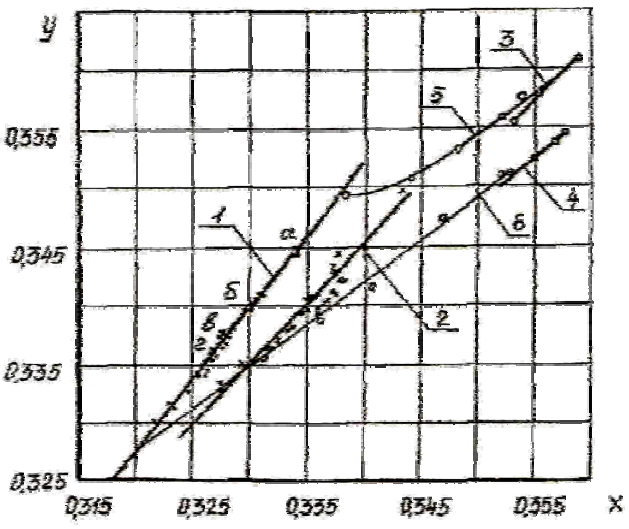
— спектральные коэффициенты отражения эндосперма по всему видимому спектру (380-700 нм) значительно выше коэффициента отражения отрубянистых частиц зерна пшеницы (рис. 2);

— наибольшие различия в отражательной способности эндосперма и отрубянистых частиц зерна наблюдаются в сине-зеленом участке спектра, из чего следует, наибольшая чувствительность к содержанию отрубянистых частиц может быть достигнута измерением отражательной способности муки в сине-зеленом участке спектра (рис. 2);

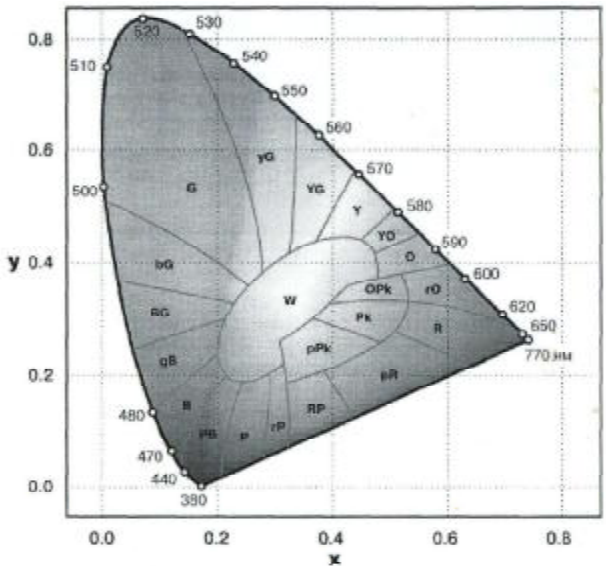
— на основе сопоставления инструментальных оценок (по коэффициентам отражения в разных участках спектра, показателю разноттенночности, цветовым характеристикам – светлоте, белизне по Вышецкому) (табл.1) с визуальной оценкой, обоснован метод одномерной оценки цветовых различий (вместо трехмерной) по коэффициенту отражения, что значительно упрощает и ускоряет процесс измерения муки.

На основании установленных закономерностей разработан инструментальный фотометрический метод оценки сортности муки по показателю белизна, средства измерения и комплекс организационно-

методических мероприятий, включая нормы белизны, разработанные совместно с Институтом хлебопекарной промышленности и систему метрологического обеспечения средств измерения (рис. 3).



а) 1 – эндосперм; 2 – цельносмолотое зерно; 3 – отруби зерна III типа; 4 – отруби зерна I и IV типов; 5,6 – зависимости изменения координат цветности от содержания отрубянистых частиц



б) диаграмма цветности МКО
W – белый

Рис. 1 – Координаты цветности измельченных продуктов

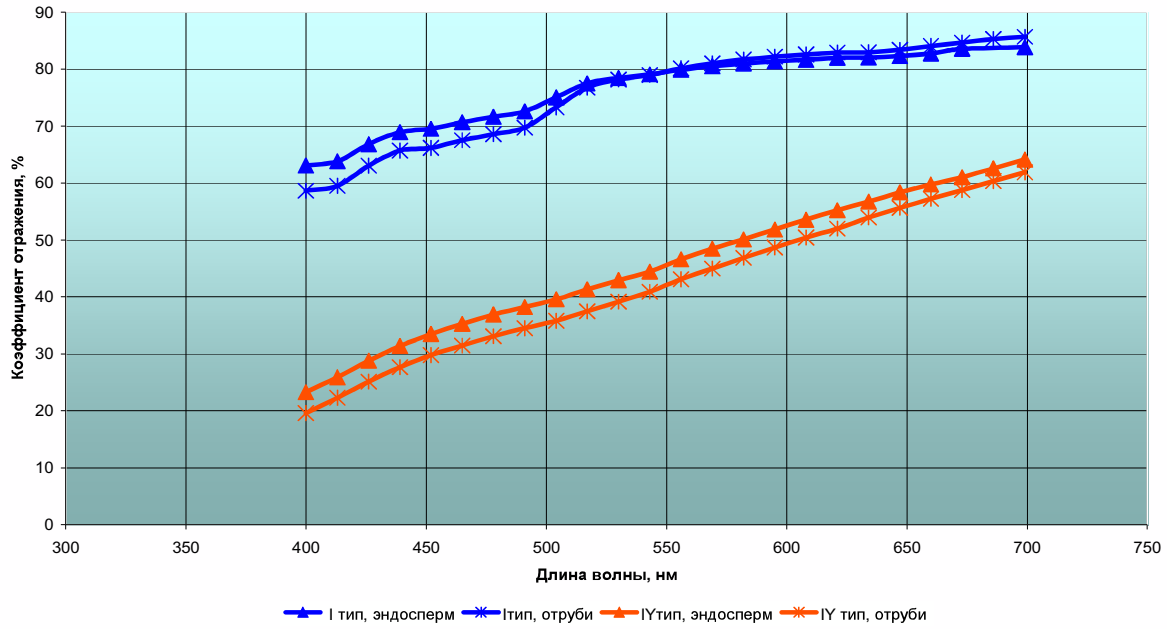


Рис. 2 – Спектральные кривые отражения эндосперма и отрубянистых частиц

Разработанный метод повсеместно внедряется на мукомольных, хлебопекарных предприятиях, на предприятиях торговли, организациях по контролю качества муки. Около пяти тысяч приборов – белизномеров разных марок – используются для оценки сорта муки, оперативного контроля и управления технологическим процессом производства.

За последние годы нами совместно с ООО «НИЦ Интеллектуальные сканирующие системы» созданы две модели белизномеров: СКИБ-М, малогабаритный, переносной, серийно выпускаемый, хорошо известный специалистам отрасли, и СКИБ-Л (лабораторный) – новейший прибор, организован выпуск малыми сериями [7].

Таблица 1 – Сопоставление результатов инструментальных оценок, выполненных на различных приборах, с визуальной

Наименование показателя	Средний ранг визуальной оценки 10 наблюдателей	Фильтрофотометр				Лейкометр	Компаратор цвета	Белизномер РЗ-БПЛ, усл.ед.
		Разноотеночность, ΔE	Координата цвета (светлота), Y	Координата цвета, Z	Белизна по Вышецкому, (W)	Коэффициент отражения при λ522	Светлота, Y	
Коэффициент конкордации	0,839	0,916	0,923	0,862	0,835	0,900	0,903	0,899
Опытное значение критерия Пирсона	117,5	51,3	51,7	48,3	46,8	50,4	50,5	51,6

Примечание: Опытное значение критерия Пирсона превышает теоретическое, равное 29,1



Рис. 3

Экспрессность определения показателя белизны, малая трудоемкость, возможность использования переносных белизномеров непосредственно в цехе, позволяют оперативно контролировать и управлять технологическим процессом производства муки. При этом обеспечивается выпуск продукции более ста-

бильной по качеству, исключается выпуск нестандартной по белизне муки. Также наблюдается увеличение выхода муки (общего на 0,5 % и высоких сортов на 1,5-2,0 %) за счет лучшего использования различных анатомических частей зерна. Предприятия же, располагающие возможностью осуществлять подбор зерна для переработки с учетом его фотометрических характеристик и формировать помольную смесь с учетом этих показателей, имеют дополнительное повышение выхода муки [3]. В Институте разработаны физическая и математическая модель формирования помольных смесей с учетом белизны компонентов.

Получаемый экономический эффект подтвержден справками с предприятий об увеличении выхода и повышении качества готовой продукции.

В первой части статьи коротко представлены исследования, по результатам которых идет широкое внедрение.

Результаты фундаментальных исследований цветовых и геометрических характеристик зерна пшеницы (без разрушения его структуры), проведенных в Институте в рамках НИР, изложены ниже.

В настоящее время, время активного внедрения в нашу жизнь новейших высоких технологий (цифровые фотокамеры, видеокамеры, сканеры, томографы и многое др.), все более остро встает вопрос о создании простых универсальных и экспрессных методов и средств измерения для объективной оценки качества зерна, взамен визуальных оценок.

Цвет пшеницы – сортовой признак. Его учитывают в стандартах при классификации зерна на типы, подтипы. Цвет зерна пшеницы – это признак свежести зерна, его доброкачественности, соблюдения режимов послеуборочной обработки и хранения. Неблагоприятные условия созревания зерна, его уборки, хранения вызывают потемнение оболочек, их обесцвеченность, различные заболевания.

Для характеристики цвета зерна пшеницы принята описательная форма, например, «темно-красная». Отсутствие количественной характеристики цвета зерна пшеницы приводит к субъективности его определения. Объективные инструментальные методы и средства оценки ряда важных показателей качества зерна, например, типового состава, степени поражения зерна распространенными заболеваниями (фузариозом – около 4-5 млн. тонн больного зерна в отдельные годы), степени обесцвеченности зерна, наличия потемневших, проросших зерен с явно измененным цветом оболочек, зеленых и т.п. – отсутствуют.

И объясняется это довольно просто. Зерно пшеницы в нативном состоянии – чрезвычайно сложный объект для измерения цветовых (колориметрических) и спектрофотометрических характеристик. Форма зерновки, ее строение, малые размеры, отсутствие насыщенных тонов – вот неполный перечень мешающих факторов.

Целью работы являлось исследование фотометрических и колориметрических характеристик зерна пшеницы в нативном состоянии без разрушения его структуры для разработки перспективных методов и средств экспрессной оценки качества зерна, базирующихся на оптических свойствах зерна.

Исследования проведены на пробах зерна озимой и яровой пшеницы I, II, III и IV типов основных почвенно-климатических зон произрастания, пяти лет урожая и на пробах сортовой пшеницы (Мироновская 880, Саратовская-29, Безостая 1 и др.), также полученных с опытных полей Научно-исследовательского института сельского хозяйства Центральных районов Нечерноземной зоны (НИИСХ ЦРНЗ) – Немчиновки и Центрального Ботанического Сада России – например, таких сортов, как Памяти Федина, Инна, Галина, Московская 39, Московская низкостебельная, Немчиновская 24 и др.

Исследования проведены на здоровом зерне, а также на зерне различной степени обесцвеченности, на зерне с желтыми бочками, зерне 3 стадий по стекловидности, фузариозном. Фузариозное зерно выделено на основе визуальной оценки специалистами высочайшей квалификации из зерна IV типа Краснодарского края.

Изучение фотометрических и цветовых характеристик зерна пшеницы проводили методами спектрофотометрирования и фотоэлектрического компарирования с использованием общепромышленных и специализированных приборов и специально разработанных в составе работы методик экспонирования зерна, а также на спектрофотометре «SPECORD-M40», входящем в состав национального эталона Республики Беларусь [4,5]. Для повышения достоверности и точности измерений на «SPECORD-M40» численные значения координат цвета и цветности определены как среднее арифметическое из 6 циклов измерения. Один цикл измерения включал 10 независимых измерений для каждой пробы зерна. Визуальная оценка малых цветовых различий исследуемых проб зерна проводилась 10 наблюдателями экспертами по зерну при стандартных условиях наблюдения и освещения. При выборе экспертов учитывались их компетентность, деловитость, объективность и психофизиологические возможности.

Анализ полученных результатов показал, что различия в фотометрических характеристиках зерна пшеницы I, II, III и IV типов при измерении его без разрушения структуры не превышают 13-15 % при среднем значении величины повторяемости (сходимости) в 2 % коэффициента отражения. Для надежного разделения зерна пшеницы на типы по фотометрическим характеристикам (без разрушения его структуры) необходимо хотя бы 3G, то есть надежное разделение зерна пшеницы на типы не может быть обеспечено.

Наибольшее различия по характеристикам цвета наблюдаются по координате цвета X – (красный участок спектра) между пробами зерна I и III типа (Австралия), достигающие 17, по пшенице отечественного происхо-

ждения различия по этой же координате составляют 6,6. По другим координатам цвета различия незначительные. Между колориметрическими характеристиками зерна пшеницы I и IV типов различий практически нет.

На основе проведенных исследований цветовых и фотометрических характеристик, полученных на уникальных приборах и общепромышленных отечественных и зарубежных фотометрах при измерении зерна пшеницы в нативном состоянии доказано: классические традиционные методы, средства измерения и опробованные методики экспонирования зерна не дали надежного разделения всего зерна на типы и подтипы и обусловили необходимость использования принципиального иного подхода.

Были опробованы более чувствительные к изменению цвета инструментальные методы.

С целью исследования зерна выбранным методом цифрового изображения нашими соисполнителями изготовлен макет установки, одним из узлов которой был специально разработанный сканер.

Для изучения зерна, его отдельных показателей цвета на макете установки компьютеризированного цифрового анализа зерна проведено уточнение методики экспонирования для получения сформированного цифрового изображения зерна без искажения цветопередачи и размеров зерна. Эксперименты проведены в нескольких направлениях: определение ориентации зерен относительно источников света; выбор цвета фона, исключения теневых эффектов, бликов; определение разрешающей способности установки; определение, какая часть зерновки в больше степени формирует цвет; определение количества зерен, необходимого для измерения, чтобы проба была репрезентативна и измерение обеспечивало достоверность измерения.

Исследование зерна пшеницы различных типов, подтипов, различной степени по стекловидности, различной степени обесцвеченности, зерна здорового и поврежденного, разработанным методом «цифрового изображения зерна» показало, что по цветовым характеристикам и размерам обнаружены значимые различия, но доказано, что найденные различия были более яркими и значимыми при использовании совокупности 16 характеристик цвета, 5 геометрических характеристик и 5 зон цветности. Нашими соисполнителями разработано специальное программное обеспечение, позволяющее оценивать каждое зерно по этим 28 характеристикам, с выдачей отчета по исследуемому образцу [4,5].

Для наглядности и возможности проведения анализа результаты исследования представлены по трем характеристикам – координатам цвета R, G, B – красный, зеленый, синий. В таблице 2 представлены полученные на макете установки цифрового изображения зерна отдельные цветовые характеристики фузариозного зерна и зерна, поврежденного оливковой плесенью, а также геометрические характеристики зерна различной стадии прорастания в сравнении с исходным (табл. 3).

Таблица 2 – К оценке применимости макета установки для анализа зерна, пораженного заболеваниями

Исследуемые пробы	Яркость в цветовом пространстве RGB в диапазоне значений от 0 до 256				Соотношение размеров зерновок
	R красный	G зеленый	B синий	медиана	
Контроль	163	118	78	127	2,04
Фузариозное	189	154	112	160	2,08
Чернь, оливковая плесень	133	100	70	107	2,01

Таблица 3 – Сравнительные данные по геометрическим характеристикам зерен пшеницы различной стадии прорастания. Дата и время формирования: 21.06.2006 23:28

N зерна	Большая ось, мм		Малая ось, мм		Отношение осей		Смещение малой оси, мм		Площадь, кв.мм	
Всего	Средн	Дисп	Средн	Дисп	Средн	Дисп	Средн	Дисп	Средн	Дисп
I тип, Татарстан										
100(И)	7.222	0.313	3.357	0.250	2.160	0.140	0.301	0.125	18.879	2.246
100-(1ст)	7.108	0.321	3.078	0.264	2.322	0.172	0.203	0.187	17.131	2.240
100-(2ст)	6.254	0.480	3.208	0.304	1.958	0.148	0.243	0.206	15.564	2.341

Для фузариозного зерна наибольшие различия (до 42 %) наблюдаются для координаты цвета B в синей области спектра. Для зерна 2-ой стадии прорастания для всех проб наблюдаются явное уменьшение поверхности и других размеров.

Известно, что вследствие многообразия внешних признаков фузариозного зерна, такие зерна достаточно трудно визуально отличить от зерен, аномальных по цвету, т.к. по внешним признакам они совпадают с фуза-

риозными. К подобному зерну относится недозрелое, обесцвеченное, заплесневелое, розовоокрашенное нефузариозное и др. Многообразие внешних признаков, характеризующих то или иное заболевание, требуют значительного статистического материала для подтверждения найденных стабильных различий зерна, поврежденного типичными заболеваниями, и формирования «компьютерных эталонов» такого зерна.

На основе изучения товарных партий зерна пшеницы трех лет урожая в 2005 г. (по определению степени обесцвеченности, типа, подтипа, стекловидности, «желтобочков», различных сортов, зерновой и сорной примесей, зерна, поврежденного погодными условиями и типичными заболеваниями) методом «цифрового изображения», а также проведенного анкетирования специалистов предприятий зернового комплекса России уточнен перечень показателей качества зерна, который может быть определен разработанным инструментальным методом.

На рисунке 4 представлена схема контроля качества зерна с использованием разработанных метода и сканирующего анализатора зерна при хранении зерна для периодического контроля состояния зерна.

Разработаны исходные требования на аппаратно-программный комплекс – сканирующий анализатор зерна. Проведена технико-экономическая оценка использования и внедрения инструментального метода цифрового компьютеризированного анализа зерна на всех этапах производства, приема и хранения зерна. Экономический эффект составил 24,6 руб. на тонну зерна, направляемого на продовольственные нужды. Расчетный эффект получен за счет снижения субъективности органолептической оценки, трудоемкости анализа, а также предполагаемого исключения рисков смешивания зерна различного качества, обеспечения сохранности зерна при хранении, предотвращение использования зерна, поврежденного различными заболеваниями, обеспечит выработку качественной продукции, безопасной для человека.

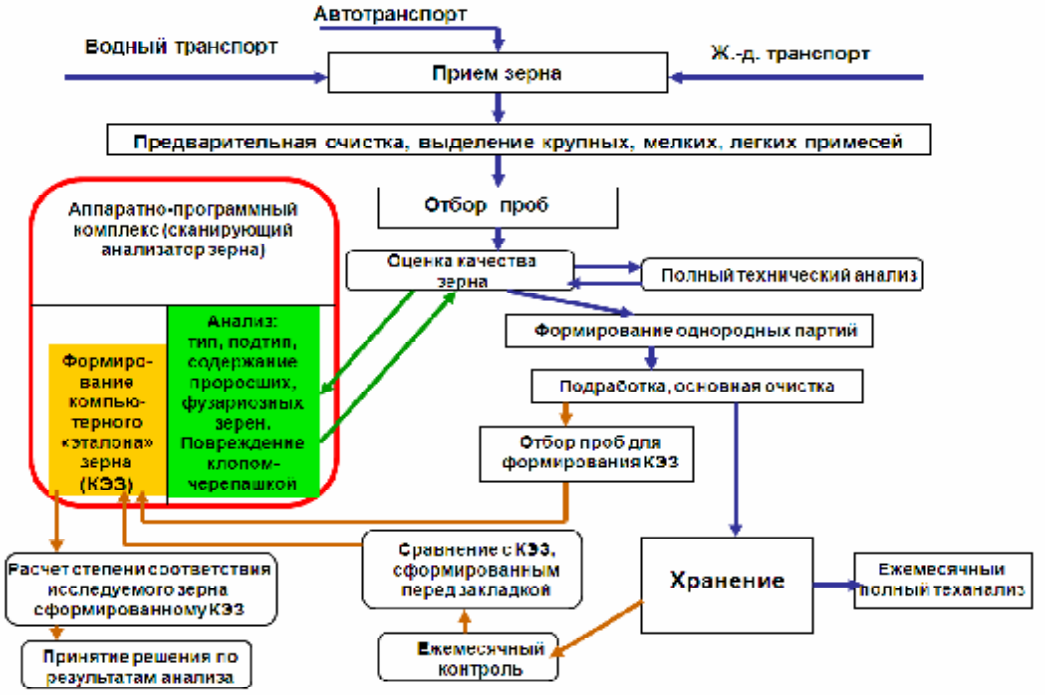


Рис. 4 – Схема контроля качества и состояния зерна при формировании и хранении партий с применением сканирующего анализатора зерна

Выводы

1. Система контроля качества муки по показателю «белизна», взамен показателя «зольность», представляющая собой совокупность стандартизованных нормативов, средств измерения, системы обеспечения единства измерения белизны повсеместно внедряется на предприятиях.
2. Разработан метод «цифрового изображения зерна», в основе которого лежит сопоставление исследуемого зерна с «компьютерным эталоном» зерна.
3. Разработаны (сформированы) компьютерные «эталоны зерна» пшеницы I, IV типов, различных сортов, разной степени обесцвеченности, сорной и зерновой примесей.
4. В результате исследования цветовых и геометрических характеристик более 200 проб зерна пшеницы I, IV типов различных районов произрастания, а также ряда сортов, полученных от сортоиспыта-

тельных станций и НИИ сельского хозяйства, разработанным методом «цифрового изображения зерна», подтверждена возможность разделения на типы с вероятностью 80-85 %.

Разработка и продвижение в экономику новых технологий контроля качества зерна с применением аппаратно-программных средств, чрезвычайно актуально, перспективно и, как показали, проведенные экспериментальные исследования, технически возможно.

Литература

1. Штейнберг Т.С., Мамбиш И.С., Семикина Л.И. Научный и практический вклад лаборатории приборов и метрологии в создание экспрессных методов и средств оценки качества зерна и продуктов его переработки [Текст] // 75 лет развития науки, технологии и техники хранения и переработки зерна. Юбилейный сборник. – М.: Типография Россельхозакадемии, 2005. – С.87-100.
2. Штейнберг Т.С. Фотометрические свойства зерна пшеницы и формирования помольных смесей с учетом белизны [Текст] // Сборник материалов 2-го Всероссийского конгресса зернопереработчиков «Нивы России». – Барнаул, 2003. – С.181-186.
3. Штейнберг Т.С., Аматуни А.Л., Болотов В.И. О перспективах создания аппаратно-программных средств для контроля качества зерна. Экспериментальные исследования [Текст] // Зерно и зернопродукты (КазНИИ). – 2004. – №3(4). С.46-51.
4. Штейнберг Т.С. Исследование оптических характеристик зерна и его анатомических частей с целью разработки экспрессных методов оценки качества муки и зерна [Текст] // Сборник материалов научно-практической конференции «Интеграция фундаментальных прикладных исследований – основа развития современных аграрно-пищевых технологий». – Углич, ВНИИМС Россельхозакадемии, 2007. – С.374.
5. Метрология. III Специализированная выставка-конкурс средств измерений и испытательного оборудования. Официальный каталог [Текст]. – М., 2007. – С.50-51.

УДК 664.723.047

ВПЛИВ ВОЛОГОВМІСТУ ТЕПЛОНОСІЯ НА ПРОЦЕС СУШІННЯ ЗЕРНА

Снєжкін Ю.Ф., д-р техн. наук, професор, Пазюк В.М., мол. наук співробітник,
Петрова Ж.О., канд. техн. наук, ст. наук. співробітник, Михайлик Т.О., наук. співробітник
Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

У роботі наведено результати досліджень впливу вологовмісту теплоносія на кінетику сушіння насіння зерна, як визначний фактор інтенсифікації процесу.

In this article presents the researching of the impact of heat moisture on the drying kinetics of seed corn, like the determinant of intensification process.

Ключові слова: сушіння зерна, вологовміст теплоносія, кінетика сушіння, інтенсифікація процесу.

Дослідження впливу вологовмісту теплоносія на кінетику процесу сушіння насіння зерна має за мету вивчити можливість інтенсифікації процесу сушіння, що в кінцевому випадку визначає значення питомих витрат теплоносія і теплоти (на 1 кг випареної вологи), а також впливає на продуктивність зерносушарки.

При рециркуляції відпрацьованого теплоносія в зерносушарці знижуються енерговитрати на процес сушіння зерна, що є одним із способів економії палива. Але повторне використання відпрацьованого теплоносія приводить до підвищення його вологовмісту, що приводить до сповільнення видалення вологи з зерна і зниження енергофективності зерносушарки [1,2].

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження [3] показують, що вологовміст теплоносія є одним з впливових факторів процесу тепломасообміну при сушінні зерна.

Результати наших досліджень показали, що при сушінні зерна, коли інтенсифікація процесу обмежена величиною гранично допустимої температури, чинником, здатним впливати на інтенсивність сушіння, є вологовміст теплоносія. Це особливо важливо за низькотемпературного сушіння збіжжя насіннєвого призначення.

Дослідження кінетики сушіння проводили на експериментальному стенді при таких параметрах теплоносія: температура – 50 °С, вологовміст від 10 до 12 г/кг с.п., швидкість 1,5 м/с. Дослідження проводили в елементарному шарі. Як об'єкт досліджень використано насіння вівса, пшениці та ячменю.

Експериментальний стенд складається із системи ізольованих повітроводів із пристроями, що забезпечують тепловологу обробку і циркуляцію теплоносія, сушильних камер, системи контролю і підтримання температури теплоносія, автоматичного збору та обробки інформації про перебіг процесу зневоднення матеріалу [4,5].

Ділянка теплової підготовки теплоносія складається з трисекційного електричного підігрівача потужністю 10 кВт. З метою підтримання заданої температури калорифер, підключеного до автоматичної системи регулювання, яка складається з електричного регулятора ЕРТ – 4 і термометрів опору ТСМ-50.

Перед проведенням сушіння зерна визначали початкову вологість вихідного зерна за загальноприйнятою методикою висушуванням до абсолютно сухої маси [6].

Після чого проводили штучне зволоження зернових матеріалів до початкової вологості 20 %.

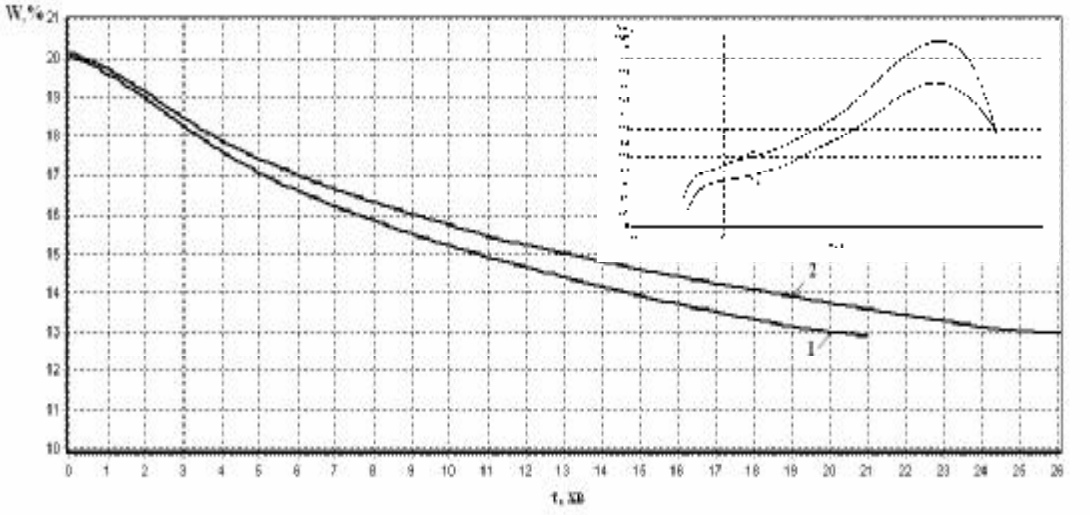
Після встановлення заданого режиму підготовлений шар зерна поміщали в сушильну камеру і висушували. Комп'ютерна програма збору та обробки інформації безперервно реєструвала час досліду, температуру теплоносія та зміну маси наважки.

По закінченні кожного дослідження визначили абсолютно суху масу зневодненого матеріалу, що дозволило визначити початковий вологовміст зерна. За допомогою комп'ютерної програми була визначена поточна вологість матеріалу W під час сушіння і розраховані й побудовані криві сушіння та швидкості сушіння: $W = f(\tau)$, $dW/d\tau = f(W)$.

Отримані результати кінетики сушіння різних зернових культур зведені до однієї початкової та кінцевої вологості.

Результати проведених досліджень кінетики сушіння вівса, пшениці та ячменю в елементарному шарі в залежності від вологовмісту повітря представлено на рис. 1 – 3.

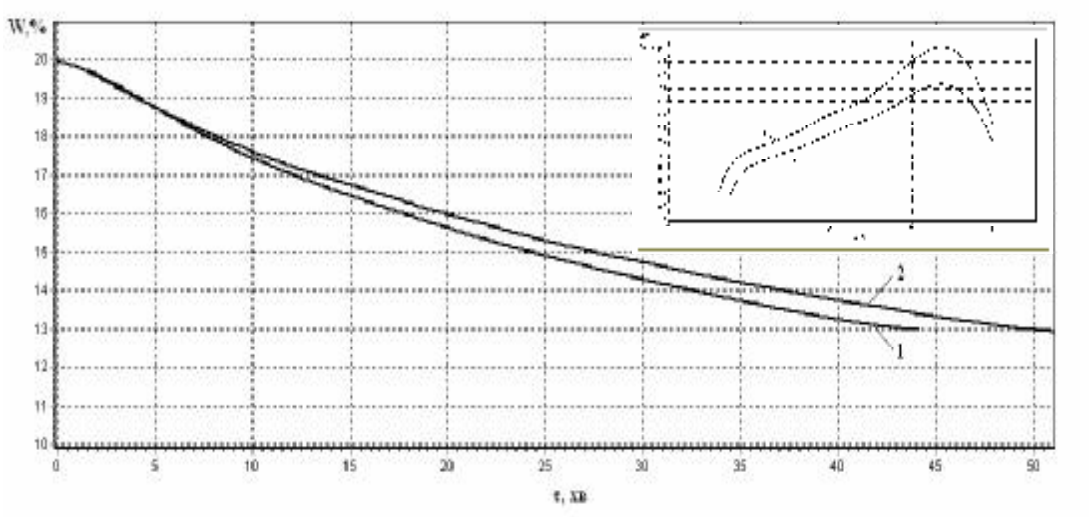
З наведених на рис. 1 даних видно, що при зниженні вологовмісту теплоносія з 12 до 10 г/кг с. п тривалість процесу сушіння вівса зменшується на 23%. Процес сушіння відбувається в періоді падаючої швидкості сушіння з попереднім прогріванням матеріалу до максимальної швидкості сушіння 0,52 та 0,67 %/хв відповідно для вологовмісту теплоносія 10 та 12 г/кг с. п. Період постійної швидкості сушіння не спостерігали.



1 – 10 г/кг с. п.; 2 – 12 г/кг с. п при T = 50°C; W_n = 20%; V = 1,5 м/с.

Рис. 1 – Кінетика процесу сушіння вівса в елементарному шарі від вологовмісту теплоносія

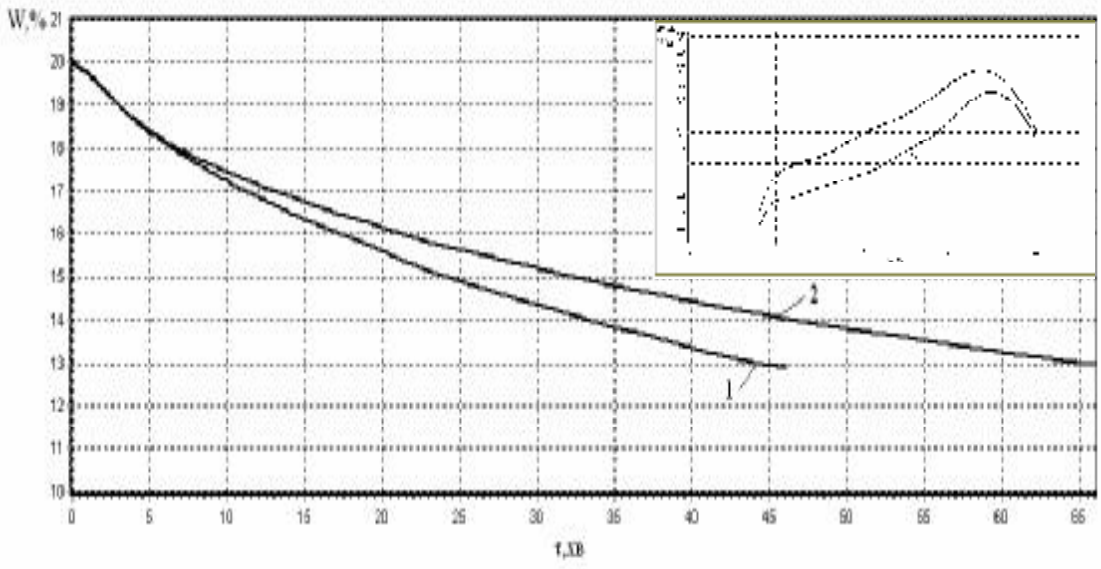
При зменшенні вологовмісту теплоносія з 12 до 10 г/кг с. п під час сушіння пшениці (рис. 2) тривалість процесу зменшується на 18 %. Характер кривих залежності швидкості сушіння від впливу вологовмісту теплоносія для пшениці подібні кривим залежності швидкості сушіння для вівса. Максимальна швидкість сушіння при вологовмісту теплоносія 10 г/кг с.п. становить 0,26 %/хв, що в 2 рази менше за швидкість сушіння вівса.



1 – 10 г/кг с. п.; 2 – 12 г/кг с. п при Т = 50°С; $W_п$ = 20%; V = 1,5 м/с

Рис. 2 – Кінетика процесу сушіння пшениці в елементарному шарі від вологовмісту теплоносія

Тривалість процесу сушіння для насіння ячменю від дії вологовмісту теплоносія зменшується на 30 %, що на (7-12) % більше за тривалість при сушінні вівса та пшениці (рис. 3). Характер кривих залежності швидкості сушіння від впливу вологовмісту теплоносія для ячменю подібні кривим залежності швидкості сушіння для вівса та пшениці. Максимальна швидкість сушіння при вологовмісту теплоносія 10 г/кг с.п. становить 0,22 %/хв, що в 2,5 рази менше за швидкість сушіння вівса.



1 – 10 г/кг с. п.; 2 – 12 г/кг с. п при Т = 50 °С; $W_п$ = 20%; V = 1,5 м/с.

Рис. 3 – Кінетика процесу сушіння вівса в елементарному шарі від вологовмісту теплоносія

Загальну тривалість сушіння зерна в елементарному шарі $\tau_т$ можна розрахувати за методом Красникова В.В.[7], яка складається з тривалості сушіння в період прогрівання τ_1 та в другому періоді τ_2:

$$\tau_T = \tau_1 + \tau_2 \qquad (1)$$

Тривалість сушіння в періоді прогрівання дорівнює:

$$\tau_1 = \frac{W_П - W_{К1}}{N}; \quad (2)$$

де: $W_П$ – початкова вологість зерна,%;
$W_{КІ}$ – кінцева вологість зерна в періоді прогрівання,%;
N – максимальна швидкість сушіння, %/хв.
Тривалість сушіння в другому періоді:

$$\tau_2 = \frac{1}{\chi N} \lg \frac{Wк_1}{Wк} \quad (3)$$

де: $W_К$ – кінцева вологість зерна, %;
χ – відносний коефіцієнт сушіння.
Загальна тривалість процесу сушіння зерна дорівнює:

$$\tau_T = \frac{1}{N}(Wн - Wк_1 + \frac{1}{\chi} \lg \frac{Wк_1}{Wк}) \quad (4)$$

Теоретичні дослідження за наведеним методом розрахунку тривалості сушіння зерна показали гарний збіг результатів досліджень з розрахунковими даними, що знаходиться в межах допустимої похибки 5 %.

Сушіння зерна при температурі 50 °С і різній вологості теплоносія забезпечує високу схожість насіння на рівні (90 – 92) %.

Висновки

1. Експериментальні дослідження показали, що при збільшенні вологості теплоносія від 10 г/кг до 12 г/кг с.п. збільшується тривалість сушіння зерна на (18-30) % (вівса на 23 %, пшениці на 18 %, ячменю на 20 %), як наслідок додаткові енерговитрати на процес і зменшення продуктивності зерносушарки.

2. Тривалість сушіння пшениці в 2 рази довша за тривалість сушіння вівса, а тривалість сушіння ячменю більша в 2,5 рази.

3. Процес сушіння різних зернових культур в елементарному шарі суттєво не відрізняється і проходить в періоді падаючої швидкості сушіння.

4. Теоретичні дослідження тривалості сушіння зерна за методом Красникова В.В. показали гарний збіг результатів досліджень з розрахунковими даними, що знаходиться в межах допустимої похибки 5 %.

5. Сушіння зерна при температурі 50 °С і різній вологості теплоносія забезпечує високу схожість насіння на рівні (90-92) %.

Література

1. Станкевич Г.М., Страхова Т. В., Атаназевич В.І. Сушіння зерна: Підручник – К.: Либідь. – 1997. – 352 с.
2. Окунь Г.К. , Чижиков А.Г. Тенденции развития технологии и технических средств сушки зерна. – М.: ВНШТЭИагропром. – 1987. – 52 с.
3. Снежкин Ю.Ф., Чалаев Д.М., Дабижа Н.А. Обезвоживание коллоидныых капиллярно-пористых материалов в условиях высоковлажной окружающей среды: Труды V Минского международного форума по тепло- и массообмену. – Минск, 2004. – С. 256 – 258.
4. Михайлик В.А., Хавін С.О., Реус І.А. Експериментальне дослідження кінетики сушіння ріпчастої цибулі // Енергетика, економіка, технології, екологія. – 2006. – № 2 (19). – С. 74 – 78.
5. Снежкин Ю.Ф., Пазюк В.М., Шапарь Р.А., Михайлик Т.А., Петрова Ж.А. Исследование кинетики сушки семенного рапса в элементарном слое// Вібрація в техніці та технологіях. – 2008. – № 1. – С. 93 – 95.
6. ДСТУ 4138 – 2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи аналізування вологості насіння. – К.: Держспоживстандарт, 2003. – С. 16 – 17.
7. Красников В.В. Кондуктивная сушка. – М.: Энергия, 1973. – 288 с.

УДК 677.11.021

СУЧАСНИЙ СТАН СТАНДАРТИЗАЦІЇ СТЕБЕЛ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

Тіхосова Г.А., канд. техн. наук, доцент, Князєв О.В., головний інженер дослідного господарства «Асканійське» НААНУ, Надєєва Т.М., аспірант
Херсонський національний технічний університет

У статті проаналізовано, що незважаючи на суттєвий розвиток льонарства, як у світі, так і в Україні відсутня стандартизація для визначення оцінки якості стебел льону олійного з метою визначення придатності його для застосування в різних галузях виробництва.

In article, that looking on essential development of flax cultivation, both in the world and in Ukraine standardization for definition of estimation of quality of stems of oil flax absents with the purpose of definition of its suitability for application in different spheres of manufacture is analysed.

Ключові слова: стандартизація, льон олійний, придатність, оцінка, якість.

За останні роки у всьому світі спостерігається тенденція збільшення посівних площ, відведених під льон олійний. На даний час вони сягають 3,5 млн га.

Великий асортимент сортів, їх різноманітність, висока рентабельність сприяють стрімкому збільшенню посівів льону олійного і в Україні. Діаграму зміни посівних площ льону олійного в Україні подано на рис. 1.

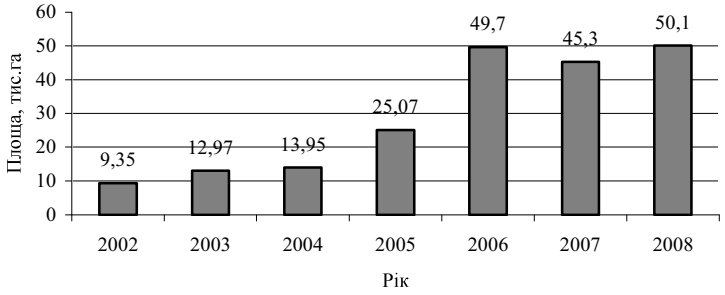


Рис. 1 – Динаміка вирощування льону олійного в Україні у 2002-2008 рр.

З рис. 1. наочно видно, що за період від 2002 до 2008 рр. посівні площі льону олійного збільшилися з 9,35 тис. га до 50,1 тис. га.

Значне збільшення посівних площ льону олійного спостерігається на Півдні України, особливо в Херсонській області посіви льону олійного змінилися з 2002 по 2008 рр. від 0,7 тис. га до 4,8 тис. га. Динаміку зміни посівних площ у Херсонській області подано на рис. 2.

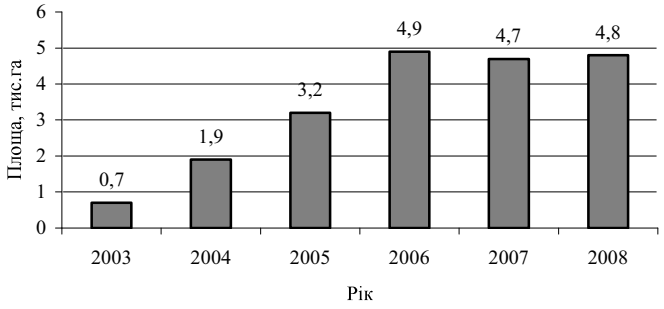


Рис. 2 – Динаміка вирощування льону олійного в Херсонській області у 2003-2008 рр.

Збільшення посівних площ під цією культурою пояснюється тим, що насіння льону олійного на даний час у світі користується великим попитом. Воно знайшло широке використання у харчовій, фармацевтичній лакофарбовій промисловостях. Вартість насіння льону олійного на даний час складає для супереліти – 25-30 тис. грн. за тонну, а товарне насіння – 3-5 тис. грн за тонну [1].

Якщо врахувати площі посіву льону олійного в Україні, можна визначити кількість соломи, яка отримана з цих площ:

$$O = S \cdot Y \tag{1}$$

де, S – площа посівів, тис. га;

Y – врожайність соломи, ц/га;

O – кількість соломи, тис. тонн

$$O = 50{,}1 \cdot 20 = 100 \text{ тис. тонн}$$

При цьому солома льону олійного зовсім не використовується. При такій значній кількості солома льону олійного після збирання насіння здебільшого залишається просто неба або спалюється, що спричиняє великі екологічні проблеми для льоносіючих господарств. Тому важливим і актуальним завданням є розробка рекомендацій з використання стебел льону олійного. Для його вирішення необхідно дослідити анатомічні та морфологічні властивості льону олійного та визначити якісні характеристики стебел цієї культури.

Як було визначено в роботі Тіхосової Г.А. та Горач О.О. [2], стебла льону олійного значно відрізняються за анатомічними, геометричними, морфологічними ознаками від льону-довгунця. Тому існуюча оцінка стебел соломи і трести льону-довгунця непридатна для визначення якості стебел соломи і трести льону олійного.

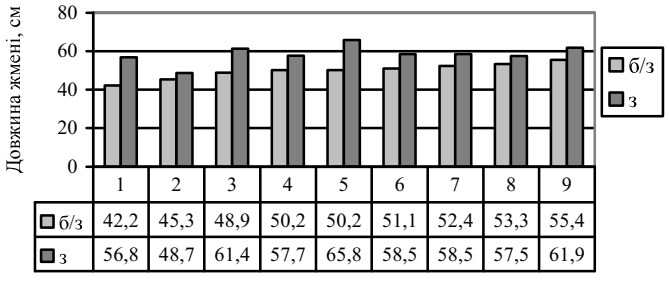
Аналізуючи існуючі ГОСТи та ДСТУ на солому та тресту льону-довгунця: ГОСТ 28285-89 «Солома льняная. Требования при заготовках», ДСТУ 4149:2003 «Треста лляна. Технічні умови», можна зробити висновок, що деякі показники можна буде застосовувати для оцінки якості сировини льону олійного. Це такі, як вологість, вміст лубу, довжина жмені, діаметр та колір стебел, а такі, як розривне навантаження, придатність і визначення номера трести і соломи неможливо визначити за методиками, які застосовуються у вищевказаних нормативно-технічних документах на льон-довгунець [3, 4].

Тому розробка державних стандартів на стеблову продукцію льону олійного є надзвичайно актуальним завданням.

У Херсонському національному технічному університеті для оцінки якості стебел соломи і трести льону олійного, а також волокна, отриманого з цієї сировини проведено, гармонізацію державних стандартів на льон-довгунець, бавовну і котонін: ДСТУ 4015-2001 «Льон тіпаний. Технічні умови», ДСТУ 5015:2008 «Волокно лляне коротке. Технічні вимоги», ГОСТ 3274.0-72 – ГОСТ 3274.5-72 «Волокно хлопковое. Методы испытания», ТУ 17 У 00306710.079-2000 «Котонин из короткого льняного волокна. Технические условия» [5, 6, 7, 8].

В результаті критичного аналізу чинних нормативних документів запропоновано стебла соломи та трести льону олійного оцінювати за показниками: вологості, довжини жмені, діаметр стебел, вміст лубу та розподіл волокон за довжиною, які будуть визначати подальшу розробку технологій механічної обробки.

Результати такої оцінки показали, що обробляти стебла лляної трести льону олійного неможливо через доволі високий вміст волокон 20 – 34 % з довжиною від 150 до 350 мм.

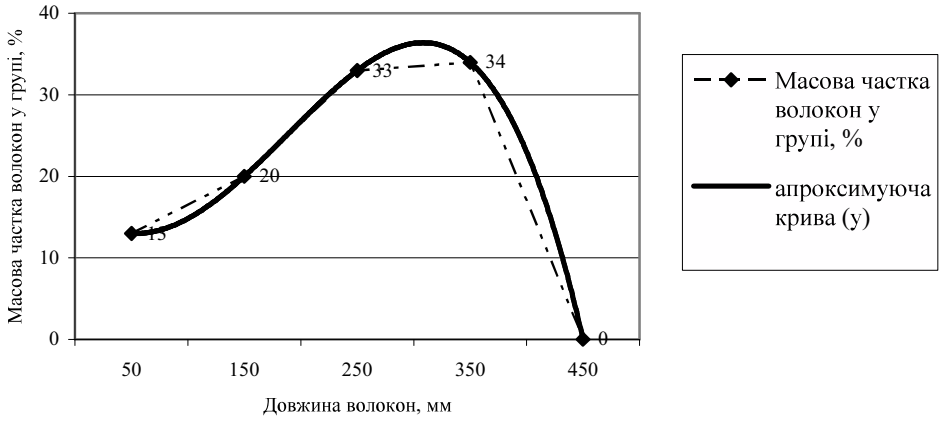


	1	2	3	4	5	6	7	8	9
б/з	42,2	45,3	48,9	50,2	50,2	51,1	52,4	53,3	55,4
з	56,8	48,7	61,4	57,7	65,8	58,5	58,5	57,5	61,9

з, б/з – солома вирощена зі зрощенням і без зрощення посівів

Рис. 3 – Діаграма зміни довжини жмені стебел соломи різних сортів льону олійного

Проведено детальний аналіз та побудовано діаграму зміни довжини жмені стебел соломи різних сортів льону олійного (1 – Ручеек, 2 – ВНІІМК, 3 – Віра, 4 – Золотистий, 5 – Ківіка, 6 – Дебют, 7 – Орфей, 8 – Айсберг, 9 – Південна ніч), яку подано на рисунку 3.



$$y=-0,21x^4 -0,92x^3+13,71x^2-24,58x +25$$

Рис. 4 – Розподіл волокон за довжиною у лубі льону олійного сорту Золотистий

Розподіл волокон за довжиною в тресті та соломі льону олійного, який подано на рисунку 4, свідчить про те, що стебла з такими показниками повинні оброблятися за технологією низькосортної трести, тобто із застосуванням куделеприготувального агрегату та чесальних машин.

Висновки

1. У зв'язку із значним збільшенням посівних площ льону олійного оцінка якості стеблової частини цієї культури потребує негайної розробки державних стандартів. Існуючі стандарти на солому та тресту льону-довгунця не придатні для оцінки якості стеблової частини льону олійного через значні відмінності в анатомічній і морфологічній будові цих груп льону.

2. Запропоновано для оцінки якості стебел льону олійного використовувати такі показники: вологість, довжина жмені, діаметр стебел, вміст лубу та розподіл волокон за довжиною, які дозволяють спрогнозувати технологію подальшої переробки стебел льону олійного в умовах виробництва.

Література

1. Живетин В.В. Масличный лен и его комплексное развитие / В.В. Живетин, Л.Н. Гинзбург. – М.: ЦНИИЛКА, 2000. – 389 с.
2. Горач О.О. Розробка технології одержання трести із соломи льону олійного з використанням штучного зволоження: дис. … кандидата технічних наук:14.05.2009/Горач О.О. – Х., 2009. – 206 с.
3. ГОСТ 28285-89. Солома льняная. Требования при заготовках; введ. –М.: Изд-во стандартов, 1990. – 22 с.
4. ДСТУ 4149:2003. Треста лляна. Технічні умови; введ. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 14 с.
5. ДСТУ 4015:2001. Льон тіпаний. Технічні умови; введ. – К.: Держспоживстандарт України, 2001. – 12 с.
6. ДСТУ 5015:2008. Волокно лляне коротке. Технічні умови; введ. – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 10 с.
7. ГОСТ 3274.0-72-ГОСТ 3274.5-72. Волокно хлопковое. Методы испытаний; введ. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 55 с.
8. ТУ 17 У 00306710.079-2000. Котонин из короткого льняного волокна. Технические условия; розр. проект ВАТ ХБК, зареєстровано Херсонським ДЦСМС №101/000 783 від 01.08.2000.

УДК [633.11-021.4:664.745]:664.724

ЧОМУ ПРИ ЗБЕРІГАННІ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ПОКАЗНИК КЛЕЙКОВИНИ ЗМЕНШУЄТЬСЯ?

Яковенко А.І., канд. техн. наук, доцент; Борта А.В., канд. техн. наук, доцент
Одеська національна академія харчових технологій

Робота присвячена питанням дослідження впливу проростання зерна пшениці на особливості зміни біохімічних властивостей при її зберіганні в різних умовах. За результатами досліджень видно, що для прогнозування можливих змін кількості і якості клейковини при зберігання можна використовувати вміст пророслих зерен, підвищену кислотність по бовтушці та підвищене кислотне число жиру одночасно.

Work is devoted by a question of research of influence of germination of grain of wheat on feature of change of biochemical properties during storage in different conditions. From results of experimental researches it is visible, that for forecasting possible changes of quantity and quality gluten at storage it is possible to use the maintenance of the progrown grains, the raised acidity on the talker and the raised acid number of fat simultaneously.

Ключові слова: пшениця, проросле зерно, сира клейковина, кислотне число жиру.

Зерно являє собою живий організм, у якому протікають різноманітні життєві процеси, інтенсивність яких залежить від умов навколишнього середовища. Відомо, що якість зерна змінюється не тільки в процесі росту, дозрівання і збирання пшениці. Після збирання в ній продовжуються біохімічні перетворення, що полягають у синтезі складних речовин із простих. При дозріванні закінчуються процеси утворення полісахаридів, білків і жирів. Зменшується частка розчинних вуглеводів і небілкового азоту. Білки клейковини ущільнюються, якість її поліпшується. Знижується частка вільних жирних кислот і трохи зростає вміст тригліцеридів та інших ліпідів. При завершенні післязбирального дозрівання зерно вступає в стан спокою. Активність ферментів знижується до мінімального рівня, характерного для добре дозрілого зерна, що повинно гарантувати його зберігання впродовж тривалого часу без зміни якості.

При тривалому збереженні зерна масова частка білка в перерахуванні на суху речовину, його амінокислотний склад і кількість сухої клейковини залишаються незмінними. Тому в ДСТУ 3768 "Пшениця. Технічні умови" одним із показників для визначення класу м'якої пшениці прийнятий показник масового вмісту білка, що визначає харчову цінність пшениці. Однак для борошномельних підприємств визначальним показником є не лише кількість білка, але й кількість і якість клейковини.

Виходячи з даних наукових спостережень відомо, що в процесі нормального збереження зерна може спостерігатися збільшення виходу клейковини і поліпшення її якості. Однак при збереженні врожаю останніх 10 років спостерігалося зниження кількості клейковини і зміцнення її пружних властивостей. Це служило причиною переведення пшениці в більш низький клас, які завдавало матеріальної шкоди підприємствам, що зберігають зерно [1, 2].

Починаючи з 1997 року і дотепер у ОНАХТ надходять численні звернення керівників хлібоприймальних підприємств із проханням розібратися в причинах погіршення якості зерна при збереженні. Тільки у 2006 році подібна ситуація складалася на Золотоношському КХП Черкаської області, Добролюбовському елеваторі Полтавської області, Кальчикському елеваторі Донецької області, Людмилівському елеваторі Миколаївської області (табл. 1) та ін. [3].

Вивчення причин зміни якості зерна при збереженні показало, що найважливішими з них були порушення науково обґрунтованих технологій збирання і післязбиральної обробки.

У період збирання врожаю спостерігалися атмосферні опади, сам процес збирання був розтягнутий у часі до 1,5 – 2-х місяців. Таким чином, процес післязбирального дозрівання зерна відбувався на рослині, на хлібоприймальні підприємства пшениця надходила з пророслим зерном, що проростало ще в колоссі.

При збиральній вологості такого зерна до 40-45 % проростання може відбутися впродовж доби. Таке явище спостерігалося у всіх регіонах України з півночі до півдня. При цьому на півдні процеси збільшувалися через високу температуру, при якій процес проростання зерна прискорюється.

Сушіння зерна до вологості 13-14,5 % не припиняло процесу проростання і вміст пророслих зерен зростав при зберіганні від 2 до 5 %.

Наступні дослідження (табл. 2) показали, що якщо проросле зерно після сушіння при звичайних режимах до 13,6-14,7 % мало вологість ендосперму 12,6-13,2 %, то вологість зародка складала при цьому 30-76 %. Такі показники не забезпечують стійкого зберігання пророслого зерна.

При зберіганні пшениці, що при заготівлі містила до 3 % пророслих зерен і мала вологість 14,5 % (що відповідає нормам ДСТУ), також спостерігалися процеси подальшого збільшення кількості пророслих зерен. Мається на увазі те, що така пшениця не піддавалася сушінню, тому що її вологість відповідає вимогам ДСТУ, але потенційно пророслі зерна, що знаходяться в ній (тобто зерна, у яких паросток ще не вийшов назовні), проростали при зберіганні.

Що ж відбувається із зерном при проростанні? По-перше, зростає активність ферментів, при цьому спостерігається посилення дихання зернівки, супроводжуване значним виділенням енергії і втратою маси сухої речовини в результаті біохімічного розпаду речовин зерна і переходу крохмалю в більш прості сполуки. При сильному проростанні може початися розпад клейковинних білків і відбуватися перекисне окиснювання ліпідів. Установлено, що зерно жита протягом доби втратило 0,7 % сухої речовини, трьох – 2,3 %, п'яти – 4,4%, при цьому суха речовина, що залишилася, зазнала значних змін.

При цьому варто враховувати, що характер та інтенсивність фізіологічних процесів, що відбуваються у пшениці при зберіганні, залежать не тільки від активності ферментативного комплексу зерна – вони визначаються цілою низкою інших факторів. Найважливішими з них є температура і вологість. Дозрівання зерна відбувається тільки тоді, коли синтетичні процеси переважають над гідролітичними, а це можливо тільки при низькій вологості, при цьому в результаті біохімічних процесів поліпшуються технологічні властивості зерна. При високій вологості мають перевагу гідролітичні процеси, що сприяють подальшому росту фізіологічної активності, і дозрівання не відбувається.

Так що ж відбувається з клейковиною при зберіганні пшениці? За нашими спостереженнями, протягом 1997-2008 рр. зменшення виходу клейковини і зміцнення її якості спостерігалися тільки в тих партіях, у яких були пророслі зерна, причому проростання відбувалося в колоссі до збору врожаю і процеси післязбирального дозрівання порушувалися. Підвищена активність ферментів, характерна для пророслого зерна, визначала зниження виходу клейковини і поліпшення її якості. У такому зерні, як згадувалося вище, вологість ендосперму і зародка сильно відрізняються, подальше його проростання впливало на спрямованість біохімічних процесів убік розщеплення, що й приводило в остаточному підсумку до зміни кількості та якості клейковини.

Були проведені дослідження з метою виявлення показників якості пшениці, що давали б можливість прогнозувати подібні процеси до закладання зерна на зберігання. Наявність таких показників давала б можливість вчасно використовувати технологічні методи (сушіння, охолодження, аерація й ін.) для стабілізації якості зерна, або вказувала – зберігати зерно не можна, його необхідно відразу використовувати.

Інструкція зі зберігання зерна регламентує можливість зберігання зерна з різними видами дефектності. Партія зерна пшениці, що містить пророслe зерно, належить до дефектного зерна. Однак, деякі фахівці вважають, що якщо в стандарті на пшеницю для окремих класів допускається вміст пророслих зерен до 3 %, то таке зерно можна зберігати, при цьому не враховується, що ці норми відносяться до технологічних властивостей зерна, тобто з такого зерна можна одержати стандартну за якістю продукцію, що зовсім не означає, що таке зерно можна успішно зберігати при звичайних умовах. Варто не забувати, що в партії зерна, у якій проростання відбулося в колоссі, крім невеликої кількості явно пророслих зерен, міститься зерно, у якому почалися процеси проростання, і його потрібно враховувати, як потенційно пророслe. Крім того, при визначенні якості пшениці не враховується ступінь проростання зерна, що важливо для стійкості зерна при зберіганні.

Наводимо перелік показників якості зерна, що могли б дати можливість прогнозувати зміни кількості та якості клейковини при зберіганні: число падіння, кількість пророслих зерен, ступінь проростання, кислотність зерна і кислотне число жиру.

Досвід показує, що число падіння не завжди може бути використане для прогнозування, тому що при визначенні якості зерна перед закладенням на зберігання (за умови проростання в колоссі) невідомо, яке число падіння було в зерна до проростання. Спостереження показали, що зміни кількості та якості клейковини можливі і при стандартних значеннях числа падіння, однак, якщо число падіння низьке, то в такому зерні при зберіганні обов'язково будуть змінюватися кількість і якість клейковини.

Дослідження на модельних дослідах (табл. 3) і у виробничих умовах показали, що для прогнозування можливих змін кількості та якості клейковини при зберіганні можна використовувати облік трьох показників (одночасно) – вміст пророслих зерен, кислотність по бовтанці і кислотне число жиру.

Якщо в партії свіжозібраного зерна відбулося проростання в колоссі і вміст пророслих зерен більше 1,5 %, кислотність по бовтанці більше 3 градусів, а кислотне число жиру більше 15 мг КІН/м жиру, то в такому зерні при зберіганні може відбутися зменшення виходу клейковини і зміцнення її якості, що, відповідно, вплине на клас зерна, як правило, убік зниження.

За наявності в партіях свіжозібраного зерна пророслих у колоссі зерен у кількості менше 1,5 % однозначно відповісти на запитання про можливу зміну кількості та якості клейковини при зберіганні, за кислотним числом жиру, кислотністю зерна по бовтанці та кількістю пророслих зерен, у даний час не уявля-

ється можливим. Це питання потребує подальшого вивчення, тому що в цьому випадку значення може мати не тільки кількість пророслих зерен, але й ступінь їхнього проростання.

Ці висновки треба розуміти, як результати пошукових досліджень. Для остаточного твердження необхідні широкі дослідження із включенням усіх кліматичних зон України і всіх сортів пшениці, вирощуваної в Україні.

Починаючи з 2002 року, з'явилися свідчення про зміну кількості та якості клейковини в борошні, що була виготовлена із зерна пшениці зі вмістом пророслих зерен від 1 до 3 % (тобто в межах вимог ДСТ). Пояснити це можна тими самими процесами, що відбуваються в зерні при зберіганні, тільки в борошні ці процеси значно підсилюються, тому що збільшується доступ повітря до зруйнованих клітин і тому окисні й гідролітичні процеси значно інтенсифікуються. Так, у борошні протягом 5-10 днів може відбутися значна зміна кількості та якості клейковини.

Виходячи з вищевикладеного, із всією очевидністю постає завдання, як виявити зерно, що може змінювати свої якості при зберіганні, які технологічні прийоми використовувати, щоб стабілізувати його стан, за яких умов і на який термін його можна закладати на зберігання.

Для того щоб розробити чіткі рекомендації, що робити, щоб якість зерна при зберіганні не погіршувалася, необхідне проведення подальшої роботи в цьому напрямку.

Цілком імовірно, у ДСТУ для приймання зерна на зберігання повинні бути введені показники, що характеризують ступінь проростання зерна, показники рівня його ферментативної активності. Необхідно також розробити нові режими сушіння для зерна, що містить проростілі зерна.

Усе це вимагає проведення широкомасштабних досліджень і, відповідно, вкладення необхідних коштів. У таких дослідженнях повинні бути зацікавлені як держава, так і приватні підприємства, що часто несуть великі збитки в результаті зниження якості зерна при зберіганні. Координатором і замовником цієї роботи може стати Зернова спілка України, а виконавцем – Одеська національна академія харчових технологій, що вже має досвід подібної роботи.

Поки що можна тільки рекомендувати не закладати на зберігання зерно, яке містить проростілі зерна, а відразу його використовувати. Борошно, виготовлене з такого зерна, також не підлягає зберіганню, а повинно бути негайно реалізоване, у противному випадку погіршення його якості відбудеться в порівняно короткий термін.

Таблиця 1 – Зміна якості зерна пшениці при зберіганні (врожай 2006 р.)

Найменування зразка	Вміст, %		Кислотність по бовтанці, градус		Кислотне число жиру, мг КОН/г		Вміст сирої клейковини, %	
			до	після	до	після	до	після
	пророслих зерен	вологість	зберігання 4 міс.		зберігання 4 міс.		зберігання 4 міс.	
	Людмилівський елеватор							
Пшениця, 6 клас	1,6	12,86	2,62	3,20	18,34	22,34	17	15
Пшениця, 4 клас	1,6	13,03	3,01	3,70	17,58	21,05	19	17
Пшениця, 4 клас	0,26	10,95	2,70	3,01	14,97	15,02	20	18
Пшениця, 4 клас	0,18	11,80	3,00	3,21	14,70	15,01	21	20,5
Пшениця, 4 клас	0,58	10,63	3,14	3,35	14,19	14,90	21	20,1
	Кальчикський елеватор							
Пшениця, 4 клас	4,5	14,01	3,3	4,5	17,19	22,85	24,05	21,05
	Добропільський КХП							
Пшениця, 4 клас	1,16	13,3	–	3,13	–	13,4	21,60	19,20

Таблиця 2 – Вологість анатомічних частин зерна пшениці

Склад №	Сектор №	Культура	Пророслих зерен, %	Вологість зерна, %	Вологість ендосперму, %	Вологість зародка %
10	4	Пшениця	9,8	13,6	12,6	46
10	3	Пшениця	8,1	14,7	12,8	76
10	2	Пшениця	7,04	13,7	13,2	30
5	2	Пшениця	1,6	13,7	12,8	42

Таблиця 3 – Зміна якості зерна пшениці у процесі зберігання (модельні дослідження)

Зразок	Термін зберігання, міс.	Вологість, %	Кислотність, град.		"Сира" клейковина, %	"Суха" клейковина, %	Якість клейковини, од. ІДК	Характеристика клейковини
			по бовтанці	по водній витяжці				
Красуня, вихідне зерно	0	10,5	2,8	2,5	23,0	9,36	75	добра
	3	10,8	3,2	2,7	22,9	9,28	71	добра
	6	11,0	3,3	2,8	23,0	9,32	74	добра
Красуня, 12 годин. пророст.	0	9,9	5,2	4,8	22,3	7,84	86	задов. слаб.
	3	11,1	9,7	6,4	20,0	7,72	80	задов. слаб.
	6	12,2	11,8	10,24	18,7	7,64	70	добра
Красуня, 18 годин. пророст.	0	10,0	5,9	4,6	20,8	7,60	87	задов. слаб.
	3	10,0	11,4	10,7	19,4	7,24	80	задов. слаб.
	6	10,5	13,45	11,59	17,0	6,92	75	добра
Красуня, 24 годин. пророст.	0	10,1	6,3	5,1	20,70	7,44	96	задов. слаб.
	3	10,4	13,01	11,2	18,30	6,80	80	задов. слаб.
	6	10,8	14,36	12,85	15,08	6,16	85	задов. слаб.
Українка, висхідне зерно	0	9,9	6,49	4,19	23,20	10,56	75	добра
	3	10,0	6,55	4,25	22,78	10,48	75	добра
	6	9,8	6,58	4,28	22,96	10,40	75	добра
Українка, 12 годин. пророст.	0	10,2	6,67	4,75	22,48	10,28	75	добра
	3	10,5	9,2	7,4	20,0	8,00	70	добра
	6	11,0	10,74	8,78	18,8	8,56	60	добра
Українка, 18 годин. пророст.	0	10,4	6,84	4,9	22,16	9,40	65	добра
	3	10,7	10,3	8,4	19,28	8,40	65	добра
	6	11,8	11,01	9,01	18,88	8,60	60	добра
Українка, 24 годин. пророст.	0	10,3	7,03	5,18	21,64	8,52	77	добра
	3	10,5	11,0	8,9	18,6	8,00	75	добра
	6	11,5	11,32	9,58	18,24	8,32	70	добра

Література

1. Кузьмина Н. П. Биохимия зерна и продуктов его переработки. – М.: Колос, 1976. – 375 с.
2. Казаков Е. Д., Кретович В. Л. Биохимия зерна и продуктов его переработки. – М.: ВО Агропромиздат, 1989. – 368 с.
3. Яковенко А.І., Борта А.В. Вплив проростання зерна пшениці на її якість // Хранение и переработка зерна. – 2007. – № 10. – С. 17–19.

УДК 636.085. 55.

ТЕРМИЧЕСКАЯ И ТЕПЛОВАЯ ОБРАБОТКА ЗЕРНА

Лебедев Д.П., д-р техн. наук, Карташов С.Г., кандидат технических наук
Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства, г. Москва

Рассматриваются методы и технические параметры тепловой обработки зерна с использованием ИК-излучения и обогревом пара.

Рассматриваются методы и технические параметры тепловой обработки зерна с использованием ИК-излучения и обогревом пара. Перевести на англ.

Ключевые слова: термическая обработка зерна, микронизация, тепловая обработка комбикормов.

Для получения животноводческой продукции России все большее место занимает хозяйства с фермами средних и малых размеров. При этом возникают особые требования к получению экологически чистых зерновых компонентов.

Кормление животных такими комбикормами позволяет повысить продуктивность на 10 % и увеличить усвояемость крахмала в (1,5-4) раза. С целью интенсификации процесс, повышения качества зерна в ГНУ ВИЭСХ приведены исследования по обоснованию режимов и параметров обеззараживания комбикормов в ИК спектре и тепловой обработке зерна паром. (микронизация)

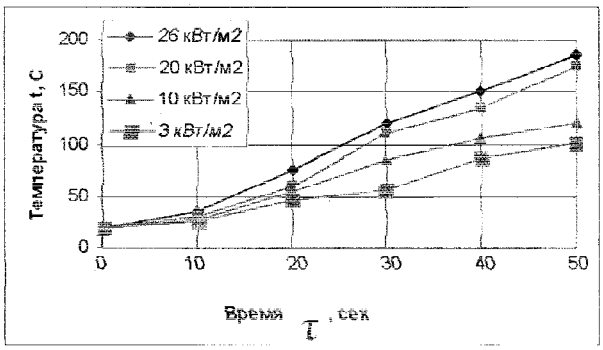
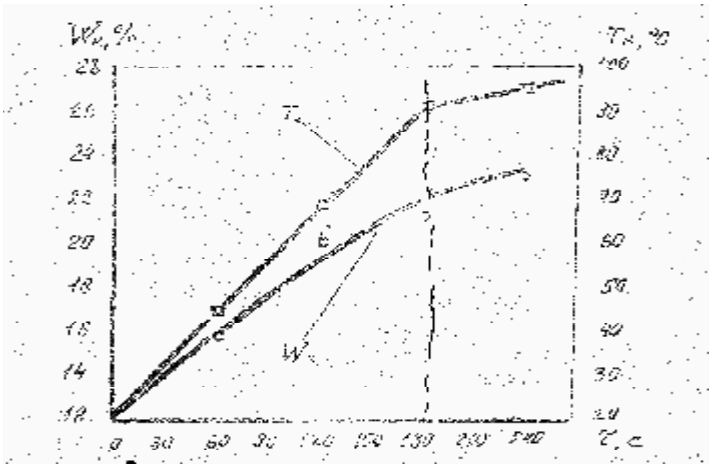


Рис. 1 – Изменение температуры внутри зерна пшеницы при инфракрасном облучении с разными плотностями потока.



$T_к$ *-температура комбикорма, °С ;* $W_к$ *- влажность комбикорма, %;* ф-*время обработки, с.*

Рис. 2 – Кинетические зависимости тепловой обработки комбикорма

Инфракрасное излучение (микронизация) эффективно уничтожает микрофлору зернового сырья и комбикормов кормов. Обработка корма микронизацией на движущейся поверхности при различной плотности потока теплового излучения обеспечивает максимальное его обеззараживание при малой слоя и высокой дозе облучения Обработка комбикормов плотностью потока излучения 50 кВт/м^2 обеззараживает комбикорм при тонком и кипящем слое (5 мм) за 25 сек. 1 Поверхностная микрофлора при этом почти полностью гибнет за 30 сек, а глубинная почти полностью – за 60 сек.

При обработке толстого (более 5 мм) слоя на установке мощностью 28 кВт с регулируемой плотностью потока от 20 кВт/м^2 до 35 кВт/м^2 и производительностью 400 кг/ч воздействие плотностью 35 кВт/м^2 обеспечивается полное обеззараживание корма и поверхности зернового сырья и почти полностью (92,7 %) освобождают зерно от глубинной микрофлоры за (30-40) сек.

Инфракрасное облучение зерна может быть использовано как один из экологически безопасных способов борьбы с микро- и макрофлорой, а также вредителями запасов зерна. Так, обработка семенного зерна источником мощностью 500 Вт в течение 4 мин. обеспечивает сохранность зерна от плесени при его длительном хранении [5].

Представленные результаты получены при регистрации мощности ИК-излучения, времени обработки и качества микробного обеззараживания зерна. Однако мощность ИК-излучения и время обработки зерна определяет изменение (увеличение) температуры зерна в этом процессе, что должно находиться в

допустимых пределах [2]. На рис. 1 представлены данные микронизации зерна при различных уровнях ИК-излучения, что позволяет выбрать: уровень ИК-излучения, и допустимую температуру за регистрируемое время облучения.

Было установлено, что ИК-облучении зерна имеют место две стадии теплопереноса:

Обогрев зерна за счет глубины проникновения ИК-излучения в зерно и прогревом и прогревом за счет теплопроводности. По видимому оптимальной температурой для зерна в этих процессах следует считать температуру перед началом второго периода.

Влаготепловая обработка комбикорма насыщенным паром.

Исследования процесса проводили при следующих режимах температура пара (100-120) °С; удельная подача теплоносителя – (0,02-0,16) кг. пара/кг, ; разовая загрузка комбикорма 7,5 кг [3];

продолжительность обработки – (2-4) мин. В опытах использовался комбикорм – К-5-25-2-1 РОС режима, который обеспечивает достаточный обеззараживающий эффект (т.е. для производительности 36 кг/г).

Были получены и подвергнуты анализу термограммы и кривые увлажнения комбикорма. (рис. 2), как следует из термограммы, в начальный период обработки наблюдается быстрый рост температуры комбикорма (называемый период прогрева). Начало периода прогрева соответствует температуре исходного продукта, а окончание – точка перегиба на температурной кривой – температуре насыщенного (около 100 °С). Быстрый прогрев комбикорма объясняется высокими значениями коэффициентов теплообмена при конденсации пара. Пар конденсируется на поверхности частиц, поскольку температура их ниже температуры насыщения. Коэффициент теплоотдачи при конденсации водяного пара атмосферного давления достигает величины от $a = 7 \cdot 10^3 - 12 \cdot 10^3$ Вт/ Вт /($м^2$ • град) при пленочной характере конденсации, что в 15-20 раз выше коэффициента теплопередачи воздуха зерну.

При обработке комбикорма паром происходит не только его нагрев, но и увлажнение. Установлено, что количество влаги, образуемого за счет конденсации пара в период прогрева комбикорма, связано с его температурой нагрев. Повышение температуры на (12-13) °С связано с увеличением дополнительного увлажнения комбикорма примерно на 1 %.

Анализ увлажнения, рис. 2, показывает рост влагосодержания комбикорма с увеличением продолжительности прогрева.

Выбор параметров теплоносителя производился из условия исключения ухудшения качества питательных веществ комбикорма из-за перегрева, т.е. ограничения по температуре нагрева корма (не более 110 °С). Прогрев зерна перегретым паром в кипящем слое после прогрева его ИК—излучением используется для удаления его кожуры.

Выводы

Представлены технологии и технические параметры микронизации и тепловой обработки комбикормов.

Литература

1. Ромалийский В.С., Карташов С.Г. Способы обеззараживания комбикормов СБ. научных трудов ВНИИМЖ, том 16,часть 3, Подольск 2006 г., С. 64-66.
2. НП. Черняев. Производство комбикормов. М.ВО. Агропромиздат. 1989г. 224 с.
3. Клычев Е.М., Тихомиров Д.А., Карташов С.Г., Мансуров А.Д. Кинетические характеристики обработки комбикорма перегретым паром. Техника в сельском хозяйстве. 2006 г., № 2, С. 78-81.

УДК 663.1:66.047.3.085

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ СУШІННЯ НЕРУХОМОГО ШАРУ ЗЕРНА В ЕЛЕКТРОМАГНІТНОМУ ПОЛІ

Бурдо О.Г., д-р. техн. наук., професор, Яровий І.І., аспірант, Ружицька Н.В., інженер
Одеська національна академія харчових технологій

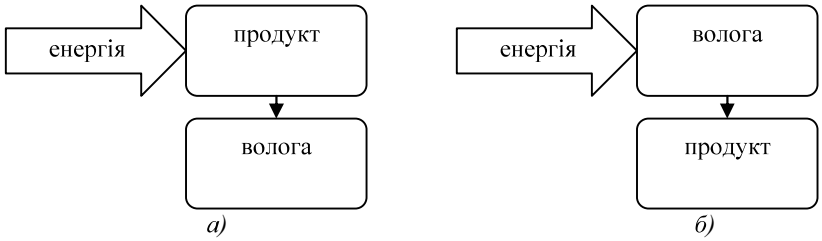
Наведено результати експериментальних досліджень кінетики сушіння нерухомого шару зерна в НВЧ- та ІЧ- полі.

The results of experimental research of kinetics of drying wheat grain in static bed under microwave and IR radiation has been discussed.

Ключові слова: зерно пшениці, сушіння, мікрохвильове поле, ІЧ-сушіння.

Вступ. Суха частина для більшості рослинної сировини є радіо прозорою. Механізм сушіння під дією імпульсного електромагнітного поля (ІЕМП) полягає в тому, що електромагнітне випромінювання певної довжини хвилі активно поглинається водою в продукті, а сухі речовини безпосередньо від проміння не нагріваються [1].

Розглянутий механізм пояснюється схемою (рис.1).



а) традиційне сушіння; б) ІЕМ-сушіння

Рис. 1 – Схеми підведення енергії

Зрозуміло, що за схемою (рис. 1) нагріта волога віддає частину енергії сухій частині продукту, але значно менше, ніж при конвективному сушінні. Тому створення ІЕМ-сушарок [1, 2] є актуальною проблемою.

Постановка завдань дослідження. Визначити вплив потужності ІЕМП, виду ІЕМП та питомої маси продукту на кінетику сушіння, визначити тривалість обробки та температурні характеристики продукту.

Методика досліджень та експериментальний стенд.

Для проведення досліджень розроблено експериментальний стенд, який складається із сушильної камери та електронних ваг. Температура зернової маси визначалась за допомогою пірометра «Термозонд Л» та цифрового термометра «DAN-1000». Камера обладнана НВЧ- та ІЧ-генераторами енергії.

Дослідження кінетики сушіння нерухомого шару зерна у мікрохвильовому полі. В дослідах визначались залежності поточної вологості продукту та температури від питомої маси зерна та потужності ІЕМП.

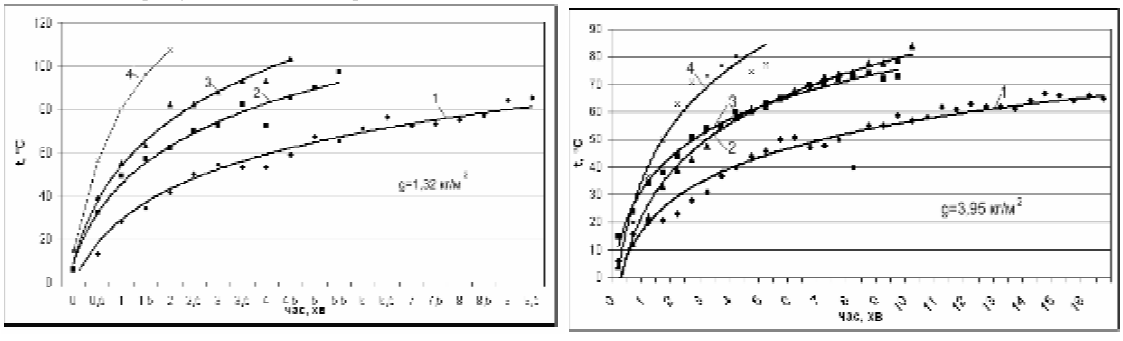
У камері розташовували зерно питомою масою 1…5 кг/м^2. Фіксувалась тривалість обробки, температура та маса зерна під час обробки. Досліди проведено на зерні пшениці в нерухомому шарі.

Питома маса матеріалу (g) показує масу (m) продукту на одиницю поверхні обробки (F): $g = \frac{m}{F}$.

Сушіння вели до кінцевої вологості зерна 14,5 %. Частота хвиль НВЧ-поля складала 2450 МГц.

Результати експериментального моделювання сушіння в мікрохвильовому полі.

Термограми сушіння (рис. 2) свідчать, що для використаного типу магнетрона є суттєві резерви для збільшення продуктивності камери.



Потужність поля (Вт): 1−240; 2 −400; 3 − 560; 4 − 800

Рис. 2 – Термограми сушіння зерна

При цьому лише у випадку використання режиму роботи магнетрона з потужністю 240 Вт та при питомій масі 3,95 кг/м^2 температура продукту не перевищувала граничного значення, що рекомендується [3, 4] на рівні 60 ºС.

Лінії процесу сушіння для дослідів з використанням потужності магнетрона 240 Вт наведено на рис. 3, а зміна швидкості сушіння – на рис. 4.

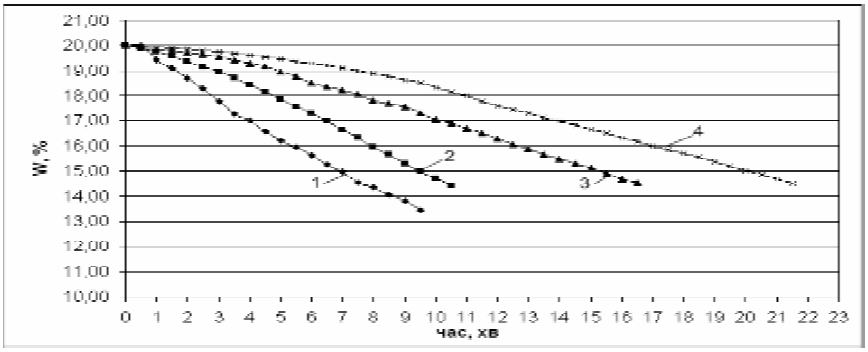


Рис. 3 – Лінії процесу сушіння пшениці в мікрохвильовому полі при значеннях g: 1 – 1,32 кг/м²; 2 – 2,63 кг/м²; 3 – 3,95 кг/м²; 4 – 5,26 кг/м²

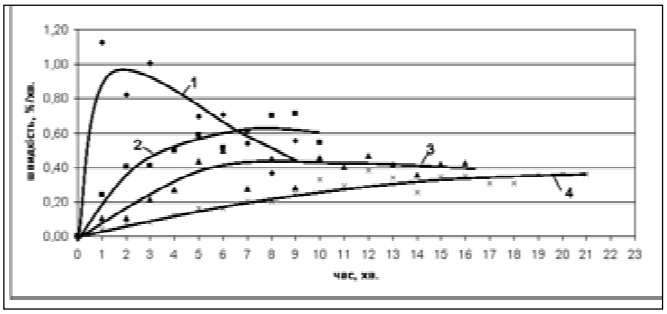
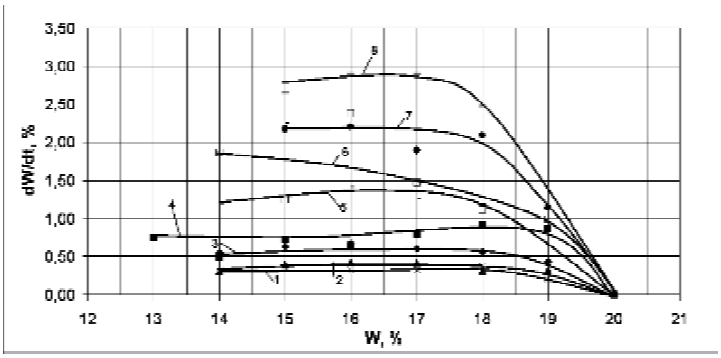


Рис. 4 – Зміна швидкості сушіння при потужності мікрохвильового поля 240 Вт

Як видно з рис. 3 та 4, видалення вологи починається вже на першій хвилині обробки. Зростання швидкості сушіння до максимальних значень 1,1…0,5 %/хв (відповідно до значень питомої маси продукту) відбувається під час видалення вільної вологи. Інтенсивне видалення вологи при досить низьких температурах пояснюється безпосередньою дією мікрохвиль на вологу як на поверхні, так і всередині зернини.

Резерви по інтенсифікації процесів сушіння пшениці визначаються з аналізу ліній швидкостей зневоднення (рис. 5)



N	g, кг/м²	N, Вт
1	1,32	240
2	2,63	240
3	3,95	240
4	5,26	240
5	1,32	800
6	2,63	800
7	3,95	800
8	5,26	800

Рис. 5 – Лінії швидкості сушіння пшениці в мікрохвильовому полі

Аналіз показує, що при проектуванні поточних установок слід вирішувати складну оптимізаційну задачу з узгодження параметрів N, g та економічних показників сушарки. Так, при використанні повної потужності НВЧ збільшення g в 4 рази приводить до зниження швидкості сушіння в 2,5 рази, а при використанні 240 Вт потужності – в 4,5 рази (рис. 6).

Дослідження кінетики сушіння в інфрачервоному полі.

Термограми та лінії ІЧ-сушіння наведено на рис. 7.

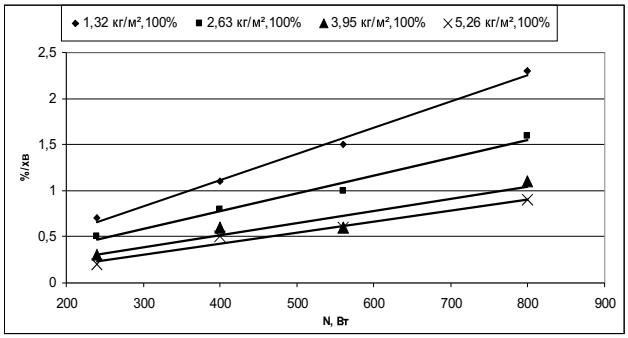
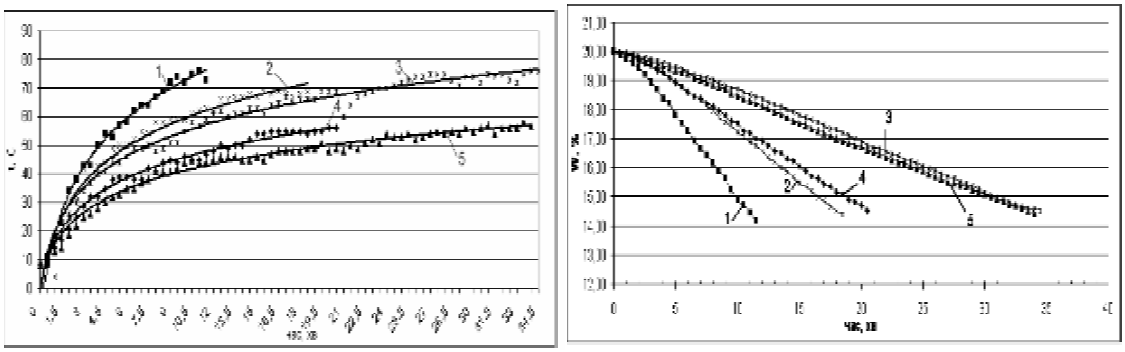


Рис. 6 – Узгодження параметрів N та g



а) *б)*

1) – N = 935 Вт, g = 1,32 кг/м²; 2) – N = 935 Вт, g = 2,63 кг/м²; 3) – N = 935 Вт, g = 3,95 кг/м²; 4) – N = 550 Вт, g = 1,32 кг/м²; 5) – N = 550 Вт, g = 2,63 кг/м².

Рис. 7 – Термограми (а) та лінії (б) ІЧ-сушіння зерна пшениці при різних значеннях g та N

Як видно з термограм при ІЧ-обробці зерна його температура росте повільніше, ніж при НВЧ-сушінні при тих самих значеннях питомої маси продукту. При цьому швидкість сушіння менша, ніж при НВЧ-обробці, що можна пояснити дією енергії переважно на поверхневий шар продукту. Порівняння швидкості НВЧ- та ІЧ-сушіння наведене на рис. 8.

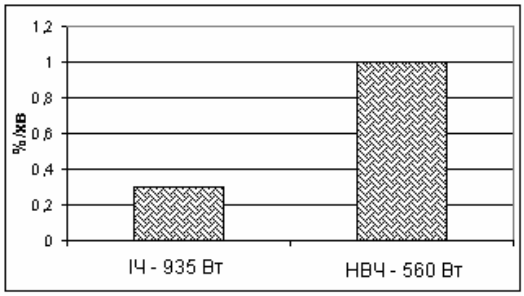


Рис. 8 – Порівняння швидкості НВЧ- та ІЧ-сушіння для зерна пшениці питомою масою 2,63 кг/м²

Висновки

Для сушіння зерна доцільно узгоджувати режими НВЧ-обробки з питомою масою продукту. Критерієм узгодження має бути величина перегріву продукту. Можливе комбінування НВЧ- та ІЧ-обробки. Результати дослідів планується використати при розробці сушарок [1] нового покоління.

Література

1. Бурдо О.Г. Эволюция сушильных установок. – Одесса: «Полиграф», 2010. – 368 с.

2. Пат. 28889 Україна, МПК F26B 7/100. Спосіб сушіння термолабільних дисперсних матеріалів/ Бурдо О.Г., Казмірук Ю.О. Опубл. 25.12.2007.
3. Сушка пищевых растительных материалов Г.К. Филоненко, М.А. Гришин и др. – М.: «Пищевая промышленность», 1971. – 440 с.
4. Станкевич Г.М., Страхова Т.В., Атаназевич В.І. Сушіння зерна: Підручник. – К.: Либідь, 1997. – 352 с.

УДК 631.563.2

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ПОТОКОВ ГАЗА И ТЕПЛОТЫ В ШАХТНЫХ ЗЕРНОСУШИЛКАХ

Андрианов Н.М., д-р техн. наук, профессор, Дубков А.М.
Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого,
г. Великий Новгород, Россия

Исследуется равномерность распределения потоков газа и теплоты в сушильном пространстве шахтных зерносушилок. Предложен метод выравнивания условий сушки и охлаждения зерна, позволяющий повысить интенсивность и качество процесса.

The uniform distribution of gas and heat streams in the mine grain dryers are researched. The method of uniform distribution the conditions of drying and cooling the grain which increase the intensity and quality of the process is offered.

Ключевые слова: Зерносушилки шахтные, система распределения газа, равномерность сушки

В шахтных сушилках не обеспечиваются равномерные условия сушки и охлаждения зерна, в результате чего разброс температуры зерна в нижнем горизонтальном сечении камеры сушки достигает $\Delta\vartheta_З$ = 4 – 22 °С, его влажности – ΔW = 4 – 5 %, что превышает агротехнические требования.

Одной из причин этого является неравномерное распределение газа и теплоты в зерновом слое. Экспериментально подтверждено, что вдоль распределительных коробов поле расходов газа неравномерное [1, 5]. Наибольших значений скорости газа достигают в начале и конце короба, наименьших в его центральной части. Кратность изменения скорости газа вдоль короба V_{max}/V_{min}= 1,3–1,8.

Экспериментальные исследования поля скорости газа выполнили в сушильном пространстве шахтной сушилки серии С. Установлено, что влажность W и скорость перемещения зерна $V_З$ влияют на абсолютные значения скорости газа в зерновом слое. При изменении влажности W от 30 до 14% скорость газа уменьшается в 1,08–1,19 раза [1], а при изменении скорости зерна $V_З$ от 8 до 0 мм/с скорость газа уменьшается в 1,07–1,21 раза (рис. 1). Их совокупное влияние приводит к изменению скорости в 1,19–1,25 раза. Культура зерна существенного влияния на скорость газа не оказывает [1].

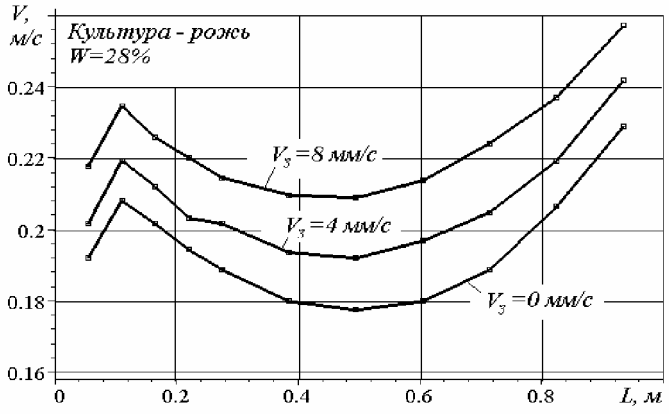
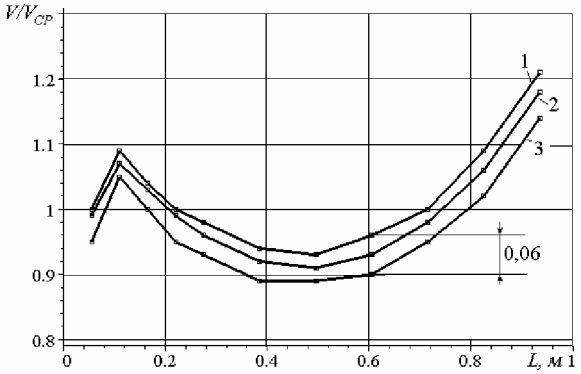


Рис. 1 – Изменение абсолютных значений скорости газа в зерновом слое вдоль распределительного короба в зависимости от скорости перемещения зернового слоя по камере сушки

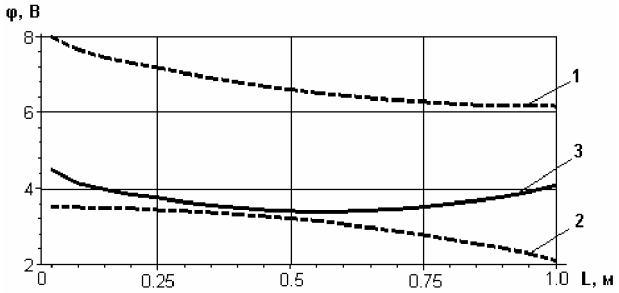
Преобразование абсолютных значений скорости газа в относительные позволило установить, что по множеству выполненных опытов они укладываются в достаточно узкую ленту (рис. 2), максимальная ширина которой не превышает 0,06 от возможного диапазона скоростей. Этим подтверждается, что качественный характер изменения поля скорости по длине короба определяется не видом зерна, его влажностью или скоростью перемещения, а аэродинамической структурой сушильной камеры.



1 – граница максимальных значении; 2 – средние значения; 3 – граница минимальных значений.

Рис. 2 – Сравнение относительных значений скорости газа вдоль распределительного короба, полученных по множеству опытов

Методами математического и физического моделирования подтверждено, что поле разности потенциалов (давлений газа) между границами входа газа в слой зерна и выхода из него неравномерное [2]. Наибольших значений разность потенциалов достигает в начале и конце коробов, наименьших – в их центральной части (рис. 3). Поскольку разность потенциалов – движущая сила потока частиц, ее неравномерность и является причиной неравномерного поля расходов газа вдоль коробов.



1 – на границе входа газа в слой зерна; 2 – на границе выхода из слоя; 3 – разность потенциалов между границами входа и выхода.

Рис. 3 – Распределение потенциалов (давлений газа) вдоль короба

С учетом механизма, объясняющего неравномерное течение, можно предложить два пути исправления гидродинамической ситуации. Они вытекают из электро- и гидродинамической аналогии течения и поясняются выражением

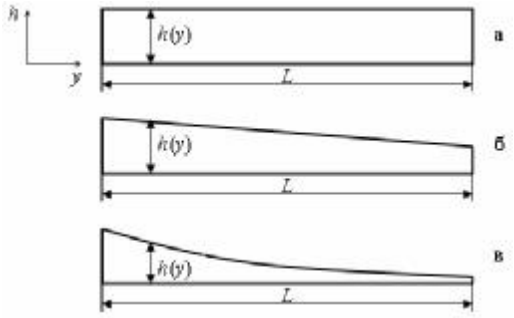
$$v^n(y) = \frac{\Delta P(y)}{9{,}81\xi_1 \lambda(y)},$$

где $v^n(y)$ - скорость газа; $\Delta P(y)$ - разность давлений на участке течения; ξ_1 - удельное гидродинамическое сопротивление зернового слоя; $\lambda(y)$ - длина линии тока газа на участке течения; y – координата пространства вдоль короба.

Первый путь предполагает достичь выравнивания поля скорости газа $v(y) = const$ вдоль короба при постоянном гидродинамическом сопротивлении зернового слоя $\xi_1 \lambda(y) = const$ за счет выравнивания поля разности давлений $\Delta P(y) = const$. Такое решение требует изменения гидродинамических сопротив-

лений участков течения. Наиболее вероятным является изменение сопротивлений газораспределительных коробов. Попытки решить задачу таким методом широко применяют в практике зерносушения.

Принципиальную возможность решения задачи изменением формы коробов проверили методом физического моделирования. Сравнили три вида коробов (рис. 4): короб традиционной формы с постоянной площадью поперечного сечения; короб с линейно изменяющейся по длине площадью сечения; короб с нелинейно меняющейся площадью поперечного сечения [6].

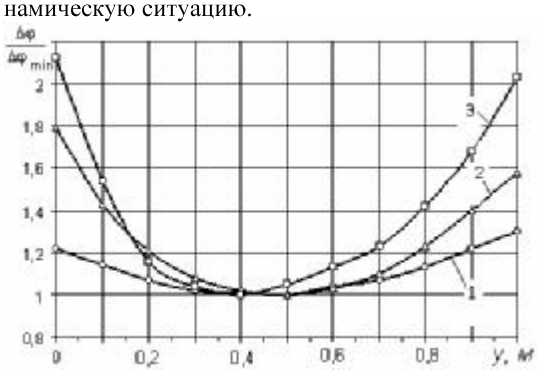


а – традиционной формы; б – сушилки РД-2х25;
в – по авторскому свидетельству на изобретение СССР 1179056 [6].

Рис. 4 – Изменение высоты продольного сечения коробов:

Значения разности потенциалов между границей входа газа в слой зерна и выхода из него для различных видов коробов представлены на рис. 5. Результаты моделирования подтверждают, что форма короба влияет на распределение потенциалов. Наименьшую неравномерность поля обеспечивают короба традиционной формы с неизменным поперечным сечением по длине. У коробов с переменным сечением неравномерность поля выше, причем, чем значительнее меняется сечение, тем выше неравномерность.

Полученные данные подтверждают, что изменением формы короба невозможно исправить гидродинамическую ситуацию.



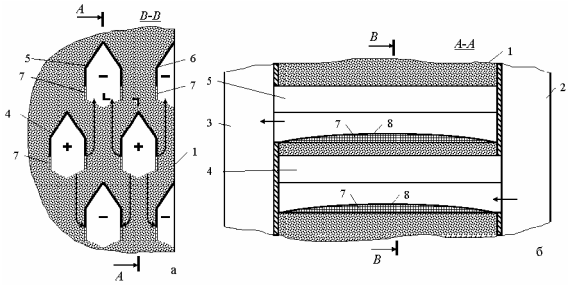
1 – традиционной формы; 2 – сушилки РД-2х25; 3 – по авторскому свидетельству на изобретение СССР 1179056 [6].

Рис. 5 – Изменение поля разности потенциалов вдоль коробов

Второй путь решения задачи заключается в достижении постоянства скорости $v(y) = const$ при существующем неравномерном поле разности давлений $\Delta P(y) = var$ за счет изменения гидродинамического сопротивления зернового слоя $\xi_1 \lambda(y) = var$ вдоль короба. Это нетрадиционный подход к решению задачи.

Изменить сопротивление зернового слоя можно изменением его продуваемой толщины $\lambda(y) = var$ и достигается выполнением в стенках коробов перфорации [3, 4]. Течение газа между перфорированными коробами (рис. 6) осуществляется следующим образом. Через перфорированную область 7 стенок подводящего короба 4 часть газа свободно проникает в слой зерна и по укороченному пути (путь показан стрелкой) течет к открытой донной поверхности соответствующих отводящих коробов 5 либо полукоробов 6, расположенных в соседнем верхнем ряду. Другая часть газа через открытое дно короба 4 поступает в зерновой слой и движется по укороченному пути к перфорированной поверхности 7 соответствующих отводящих коробов либо полукоробов, расположенных в соседнем нижнем ряду.

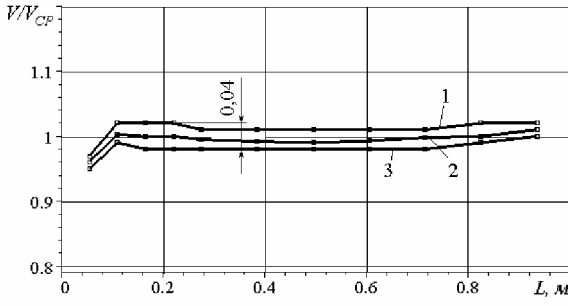
Таким образом, как для верхнего, так и для нижнего ряда отводящих коробов симметрично выполняется условие течения газа по укороченному пути. За счет укорачивания длины линии тока обеспечивается уменьшение аэродинамического сопротивления зернового слоя в соответствующей части короба и создаются условия для увеличения расхода газа. Неравномерность поля разности давлений вдоль короба учитывается нелинейностью геометрической границы 8 области перфорации. Расчет геометрических характеристик границы 8 области перфорации выполнили в соответствии с данными (рис. 2).



а – поперечный разрез сушильного пространства; б – продольный разрез

Рис. 6 – Устройство распределения газа в шахтной сушилке [3]

Экспериментально подтверждено, что выполнение перфорации коробов позволяет благоприятным образом изменить аэродинамическую структуру камеры сушки и охлаждения (рис. 7).



1 – граница максимальных значений, 2 – средние значения, 3 – граница минимальных значений.

Рис. 7 – Сравнение относительных значений скорости газа вдоль короба, полученных по множеству опытов, в сушилке с перфорированными коробами

В сушилке с перфорированными коробами:

– обеспечивается более равномерное поле скорости газа в зерновом слое. Кратность изменения скорости газа вдоль короба составляет V_{max}/V_{min} = 1,04–1,06;

– повышается равномерность нагрева и сушки зерна. Разброс температуры и влажности зерна вдоль короба для семенного и продовольственного режимов сушки уменьшается до значений $\Delta\vartheta_3$ = 0,4°С, ΔW = 0,5%;

– увеличивается интенсивность сушки и охлаждения. Абсолютные значения скорости газа в центральной части коробов увеличиваются в 1,17–1,34 раза, а их среднее значение вдоль коробов возрастает в 1,09–1,2 раза. Удельная подача газа в зерновой слой увеличивается в 1,1–1,24 раза.

Испытания в производственных условиях подтвердили интенсификацию и улучшение качества сушки, что подтверждается пребыванием абсолютных значений температуры и влажности зерна в нижнем сечении камеры сушки в интервале агротехнических требований.

Выводы

Результаты исследований показали, что новая аэродинамическая структура камеры сушки с перфорированными коробами обеспечивает не только выравнивание расходов газа в сушильном пространстве шахтной зерносушилки, но и их значительное увеличение в центральной части распределительных коробов. Этим обеспечивается не только улучшение качества, но и интенсификация процессов сушки и охлаждения зерна.

Предложенное решение малозатратно и технологично при изготовлении коробов с перфорацией, так как все короба (подводящие и отводящие), в силу симметричности решения задачи, имеют одинаковую область перфорации и сохраняют традиционную форму. В перспективе возможно перейти к сушилкам с увеличенной длиной коробов, что дополнительно позволяет снизить металлоемкость их изготовления и уменьшить затраты на строительные конструкции.

Литература

1. Андрианов, Н.М. Экспериментальная оценка неравномерности распределения теплоносителя в шахтной зерносушилке [Текст] // Молодые ученые - промышленности Северо-Западного региона: Материалы конференций политехнического симпозиума. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. –
2. С. 75-76.
3. Андрианов, Н.М. Особенности газораспределения по длине коробов в шахтной зерносушилке [Текст] // Техника в сельском хозяйстве. 2004. № 5. – С. 20-22.
4. Патент РФ 2269079. Устройство распределения газа в шахтной зерносушилке [Текст] / Н.М. Андрианов. 2006. Бюл. № 3.

5. Андрианов, Н.М. Оптимизация системы распределения теплоносителя шахтных зерносушилок [Текст] // Известия СПбГАУ. 2008. № 10. – С. 160-164.
6. Платонов, П.Н. О газораспределении по длине короба шахтной зерносушилки [Текст] // Изв. ВУЗов: Пищевая технология, 1966. №6. – С. 73-76.
7. А. с. СССР 1179056. Короб шахтной зерносушилки [Текст] / Г.Н. Сутягин. – 1985. Бюл. № 34.

УДК 664.022: 005.936.44(075)

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ МЕТОДИ ОБРОБКИ ЗЕРНА З МЕТОЮ ПОКРАЩЕННЯ ЙОГО ПОЖИВНОЇ ЦІННОСТІ

[1]Кудашев С.М., канд. техн. наук., стар. науков. співробітник,
[1]Лукіна Г.Д., канд. техн. наук., стар. науков. співробітник, [2]Пушкар Т.Д., асистент
[1]Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса
[2]Одеський державний аграрний університет, м. Одеса

У статті розглянуто результати досліджень щодо визначення кількості пророщеного та замоченого зерна в сольових розчинах із подальшим глибоким заморожуванням. Наведені експериментальні дані зі зниження активності інгібіторів сої при її замочуванні з глибоким заморожуванням..

In the articles resulted results of researches are on determining the amount of пророщеного and bedabbled grain in salt solutions from послідуючим deep freezing. Experimental information is resulted on the decline of activity of інгібіторів of soy at its wetting with the deep freezing.

Ключові слова**:** зерно, замочування, заморожування.

Проблему економії та раціонального використання зерна в харчових цілях неможливо вирішити без створення високоефективних технологій підвищення поживної цінності зерна і, передусім, переварювання білка і синтезу біологічно активних речовин.

Так, в Україні та в країнах СНД на 1 тонну протеїнових концентратів припадає 12 тонн зерна, головним чином, зернових культур, а в країнах Західної Європи тільки 2,6 тонни.

У сучасному кормовиробництві особливу увагу потрібно приділяти одержанню високопоживних, збалансованих за основними показниками кормових засобів. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми являється включення в корми пророщеного зерна.

Часто збирання зернових при несприятливих погодних умовах може привести до проростання зерна ще у валках. Таке або спеціально пророщене зерно може безпосередньо вводитися до складу гранульованих комбікормів без попереднього сушіння, щоб максимально зберегти поживні речовини та вітаміни.

Пророщення підвищує харчову та кормову цінність зерна. Мука із пророщеного зерна використовується для виготовлення продуктів харчування підвищеної харчової цінності. Особливо такі продукти потрібні людям, які не переносять молоко та молочні продукти, а у випадку використання його у тваринництві в стартерних кормосумішах дозволить економити молоко, яке використовують для згодовування молодняку.

Нарівні з використанням пророщеного зерна можна також у харчовій промисловості та кормовиробництві використовувати зерно підвищеної вологості. Проте дане зерно важко кришити, але це можливо здійснити, якщо використовувати процес глибокого заморожування. При швидкому глибокому заморожуванні у випадку різкого пониження температури і швидкості переходу води в лід життєві процеси швидко притуплюються.

Але також при дуже низьких температурах у заморожених продуктах повністю не призупиняються хімічні і біологічні реакції. Ці зміни при зберіганні викликаються дією ферментів, окисленням, гідролізом і колоїдними реакціями.

Зменшення температури викликає активацію протеїнази. Дія ліпази проявляється навіть при температурі мінус 40 ºС. Не знижується активність інвертази, цим обумовлено накопичення цукру в замороженій тканині [2].

При повільному заморожуванні та зберіганні при малих мінусових температурах біохімічні реакції не припиняються, а деякі, наприклад окислення ліпідів, навіть прискорюються. Під час зберігання заморожених продуктів проходять і неферментативні хімічні зміни. Кисень повітря реагує з різними компонентами продуктів, викликаючи погіршення їх якості: змінюється смак їжі, її колір, з'являються неприємні запахи [2].

Причиною появи неприємного присмаку в заморожених плодах і овочах є дегідрування фенолів, амінів, флавіноїдів і амінокислот під дією каталази і пероксидази. Із цих ферментів пероксидаза більш стійка до дії мінусових температур [3].

Виходячи з вищепереліченого, процес заморожування харчових продуктів повинен проходити максимально швидко, і зберігати заморожені продукти необхідно при достатньо низьких температурах, щоб запобігти погіршенню їхньої якості.

Метою цього дослідження було визначення поживної цінності зерна пшениці і бобових культур та підвищення її в процесі різних способів обробки, включаючи:

— замочування у воді і розчинах солей;
— поєднання замочування з глибоким заморожуванням;
— пророщування зерна з включенням біологічно цінних нутрієнтів цільової направленості та подальше його використання в кормових і харчових цілях.

Замочування зерен проводили у воді та розчинах солей, хлориду натрію, морської солі, сорбінової кислоти.

Попереднє замочування проводили з метою визначення сорбції води, необхідної для активізації ферментів і подальшого пророщування. При поєднані замочування з глибоким заморожуванням у холодильних камерах допускалась часткова деструкція полімерів зерна. Було проведенно збагачення зерна доступними для засвоєння речовинами, зменшення концентрації токсичних олігомерів рафінозної групи в насінні бобових.

В отриманих продуктах після замочування, пророщування і глибокого заморожування визначали: здатність насіння до наповнення вегетаційної вологи, енергію проростання насіння, вмістом цукру, активність інгібіторів.

Дані щодо наповнення вегетаційною вологою насіння зернових культур при різних умовах обробки наведено в табл.1.

Таблиця 1 – Накопичення вегетаційної вологи в насінні зернових культур (% на а. с. р.)

Зерно	Вихідні	Після замочування протягом 24 год	Після пророщування протягом 48 год	Глибоке заморожування після 30 днів
Просо	8,90	22,58	53,40	51,65
Пшениця	11,10	47,06	67,72	43,99
Овес	10,05	58,22	84,18	82,05
Кормові боби	9,61	54,09	60,90	65,33

Як видно з наведених даних, насіння різних культур у різній мірі сорбують вологу при замочуванні. Найбільшу кількість вегетаційної вологи сорбірують насіння вівса, що, очевидно, пов'язано як з розмірами пор в оболонках, так і з присутністю різних гідроколоїдів у складі насіння.

Із збільшенням часу замочування (більше 24 год) кількість адсорбованої вологи практично не змінюється. В той самий час у процесі глибокого замороження відбувається ніби часткове підсихання насіння, про що свідчить більш високе значення сухих речовин.

Замочування зерен у різних розчинах впливає на енергію їх проростання. Енергія проростання – це кількість зерен з виходом за межі покриву зерна паростками або корінцями, виражена у відсотках на 100 замочених зерен.

Для замочування були вибрані вода, розчин сорбінової кислоти 0,025 % (як антисептик) для пригнічення мікрофлори і 0,01 % розчин морської солі з метою збагачення мінеральними речовинами пророслого зерна.

Дані щодо впливу умов замочування при постійній температурі (20±0,5) ºС на енергію проростання зерен пшениці наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Енергія проростання насіння в залежності від умов замочування

Показники	Розчин для замочування		
	Вода	Сорбінова кислота, 0,025%	Морська сіль, 0,01%
Енергія проростання, %	90,5	83,87	50,0

Як свідчать отримані дані, розчин морської солі пригнічує процес проростання насіння пшениці, а кількість пророслих зерен в розчині сорбінової кислоти близька до контролю. При цьому зерна не мали неприємного запаху та їх поверхня була чистою, без проявів плісені або слизу.

Поєднання таких технологічних способів обробки насіння як замочування з подальшим пророщуванням або заморожуванням значною мірою покращує їх якість.

Так, замочування насіння як пшениці, так і сої в різних розчинах (вода, морська сіль, сорбінова кислота) приводить до підвищення кількості редукуючих речовин в екстрактах насіння (табл. 3).

Підвищення масової частки редукуючих цукрів при замочуванні в різних розчинах, очевидно, пов'зане активацією ферментів, передусім амілаз, і частково гідролізом крохмалю. При пророщуванні спостерігаються глибокі зміни хімічного складу насіння, активізуються ферменти, в першу чергу гідролітичні (амілаза, протеаза, ліпаза), іде активне розщеплення біополімерів і накопичення більш простих компонентів, необхідних для розвитку ростка.

Таблиця 3 – Вплив умов технологічної обробки насіння на накопичення редукуючих речовин (% на в.с.р.)

Сировина		Вихідна сировина	Замочування протягом 48 год при температурі (20 ±0,5) ºС		Пророщування протягом 48 год при температурі (20±0,5)ºС	Глибоке заморожування протягом 24 год при температурі 20 С	
			Вода	Морська сіль		Вода	Морська сіль
Пшениця		1,92	3,98	3,70	14,62	5,32	5,12
Соя	лущена	1,72	4,62	5,90	—	5,52	4,71
	не лущена	1,55	4,70	6,90	—	5,08	5,76

У табл. 4 наведено дані щодо зміни хімічного складу насіння кормових бобів (Fata Vicia) при пророщуванні.

Таблиця 4 – Зміни хімічного складу кормових бобів при пророщуванні (масова частка в сухому продукті, %)

Показники		Тривалість пророщування, год			
		0 (вихідне зерно)	24	72	144
Крохмаль		47,52	44,65	43,38	40,79
Сахароза		2,94	3,11	3,50	4,54
Жир		1,64	1,28	1,23,	0,91
А	Загальний	5,99	5,76	5,79	5,67
З	Білковий	4,66	4,56	4,46	4,39
О	Небілковий	0,29	0,60	0,86	1,22
Т	Азот строми	0,72	0,60	0,47	0,38
	Амінний азот	0,17	0,32	0,41	0,61

Як впливає з наведених даних, при пророщуванні спостерігається скупчення в екстрактах пророщеного насіння вільних цукрів за рахунок розщеплення крохмалю. Кількість азоту амінокислот і небілкового азоту росте у міру збільшення часу пророщування. Значні зміни витримують і ліпіди зерна, до кінця 6-ї доби пророщування концентрація жиру зменшується більше ніж на 40 %. Навіть різко знижується концентрація важкогідролізованого білка строми.

Глибоке заморожування як насіння пшениці, так і сої також приводить до збільшення редукуючих речовин (РР) в екстрактах.

У табл. 5 наведені дані про зміну вмісту РР у насінні пшениці при його тривалому зберіганні в замороженому стані.

Таблиця 5 – Вміст редукуючих речовин в зернівках пшениці в процесі тривалого заморожування (% а. с. р.)

Показники	Умови обробки				
	Вихідне зерно	Замочене у воді протягом 24 год	Глибоке заморожування, діб		
			1	2	3
Редукуючі речовини РР	1,89	4,99	8,19	7,80	6,91

Таким чином, при глибокому заморожуванні насіння пшениці (попередньо замоченого у воді) вже в першу добу різко росте масова частка цукру в порівнянні з вихідним зерном (8,19 і 1,89 % відповідно). А потім при тривалому зберіганні (30 і більше діб) кількість цукру в екстрактах замороженого насіння знижується, що, очевидно, пов'язано з частковою їх витратою на дихання.

Так, за даними Головіна Н.А. [2], зберігання при понижених температурах більшість видів овочів приводить до інтенсифікації розщеплення крохмалю і утворення цукру. В той час як у деяких культур, наприклад овочевого гороху, при зберіганні з заморожуванням, навпаки, синтезується крохмаль. Крім того, частина цукру дійсно витрачається на дихання.

За відомими даними літератури, попередня обробка насіння перед пророщуванням слабкими розчинами мінеральних кислот і солей сприяє отриманню хорошого солоду і зниженню в ньому концентрації інгібіторів протеаз.

Проведене нами дослідження щодо впливу попереднього замочування насіння кормових бобів (Fata Vicia Z) у розчинах хлориду натрію (0,5 % розчин) і сорбінової кислоти (0,025 %) з подальшим пророщуванням показало, що така обробка спонукає зниженню кількості інгібіторів трипсинового переварювання казеїну (ТІА), хоча повної їх інактивації добитись не вдалося (табл. 6).

Таблиця 6 – Залежність концентрації інгібіторів трипсину в пророщені фаба бобах від умов попереднього замочування

Розчини для замочування	Пророщування протягом, год			
	24		48	
	Концентрація інгібіторів трипсину, в			
	Мг/г	% гальмування	Мг/г	% гальмування
Вода	78,8	63,35	24,6	10
Сорбінова кислота	13,39	20,60	6,77	9,84
Хлорид натрію	5,95	9,20	9,88	13,98

Отже, попереднє замочування кормових бобів у розчинах сорбінової кислоти і хлориду натрію вже до кінця першої доби подальшого пророщування приводить до різкого зниження концентрації інгібіторів трипсину (ТІА) і подальшого зменшення їх концентрації при більш тривалому пророщуванні.

Одночасно при пророщуванні вже до кінця першої доби пророщування практично повністю руйнуються токсичні олігосахариди рафінозної групи.

Довготривале глибоке заморожування, як один із методів біотехнологічної обробки насіння, в меншій мірі, ніж при пророщуванні, але також приводить до зниження активності інгібіторів трипсинового переварювання (табл. 7).

Таблиця 7 – Зміни концентрації ТІА (мг/г) в екстрактах насіння сої при тривалому глибокому заморожуванні

Сировина		Тривалість зберігання замороженого насіння, діб			
		Вихідне зерно	14	30	120
Соя	Лущена	18,8	7,38	7,07	4,96
	Не лущена	15,02	7,96	7,35	4,47

Зниження активності інгібіторів білкового переварювання при заморожуванні та тривалому зберіганні насіння сої, очевидно, пов'язане з активацією протеаз і частковим гідролізом білкових компонентів інгібіторів при заморожуванні.

Таким чином, застосовуючи різні методи обробки насіння – замочування, пророщування, тривале заморожування, можна значною мірою покращити їх поживну цінність.

Література

1. Алмаши Э., Эрдели Л., Шарой Т. Быстрое замораживание пищевых продуктов: пер. с венгер. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 408 с.
2. Головин Н.А. Холодильная технология пищевых продуктов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 240 с.
3. Чижов Г.Б. Теплофизические процессы в холодильной технологии пищевых продуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 272 с.
4. Методы биохимического исследования растений / А.И. Ермаков, В.В. Арасимович, Н.П. Ярош и др.; Под ред. А.И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. – 430 с.

УДК 677.11.021

ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ІНФРАЧЕРВОНОЇ СПЕКТРОСКОПІЇ У МЕТОДАХ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЛЛЯНОЇ СИРОВИНИ

Толмачов В.С., пошукач, Кузьміна Т.О., д-р техн. наук, професор,
Чермошенцева К.М., аспірантка
Херсонський національний технічний університет

У роботі наведено аналіз шляхів застосування методів інфрачервоної спектроскопії для визначення показників якості лляної сировини, а також сучасний підхід до вирішення цих питань.

In work the analyze of ways of use a methods of infra-red spectroscopy for definition the indicators of quality a linen raw material and also a modern approach in decision of these questions are given.

Ключові слова: лляна сировина, ступінь вилежанності, лінійна щільність, інфрачервоний датчик, інфрачервоний випромінювач.

Якість готової продукції з вмістом лляних волокон залежить від фізико-механічних властивостей лляної сировини.

На сьогодні пошук шляхів застосування у сенсорному аналізі нових підходів під час визначення показників якості сировини і продукції становить актуальне завдання.

Аналіз результатів наукових досліджень та патентних джерел [1,2] свідчить про можливість застосування елементів сенсорного аналізу у визначенні таких показників луб'яної сировини, як колір, ступінь вилежаності [3], довжина, лінійна щільність волокна [4,5,6] та ін.

Мета дослідження полягає у створенні більш ефективних та швидкодіючих методів непрямого вимірювання показників якості лляної сировини.

За результатами теоретичного дослідження було визначено шляхи використання електронних сенсорів при визначенні показників якості лляної сировини. Наприклад, показник вилежаності лляної трести визначається за допомогою приладу ОВЛ-1, де в якості сенсора використовується фотоелемент. Показник кольору визначається за допомогою спектрофотометра «Радуга-1» або компаратора кольору ЕКК і КК. Вони однаково оцінюють характер зміни колірних характеристик стандартних зразків льоноволокна, що входять до різних груп за кольором, але з різною відтворюваністю. В цих приладах як сенсор також використовуються фотоелементи (фотосенсори).

Таким чином, за рахунок використання електронних сенсорів у вимірювальних приладах можна визначати як прямі, так і непрямі фізичні величини. Використовуючи фотосенсори можна визначати показник вилежаності лляної трести, колір волокна, довжину волокна та інші фізико-механічні показники.

Подібні методи застосовували науковці Коробов Н.А., Матрохін О.Ю., Шаломін О.А., Гусєв Б.М. у своїх роботах [7,8,9], де в якості електронного сенсора використовували комп'ютерний сканер та спеціальне програмне забезпечення. У визначенні лінійної щільності з використанням ефекту звукопоглинання матеріалу [10] роль сенсора відіграє звуковий мікрофон подібний до акустичного сенсору відчуття людини.

Аналіз літературних та патентних джерел показує, що для визначення лінійної щільності можна використовувати ефект просвічування волокна.

Кількісний зв'язок між інтенсивністю I пройденого крізь речовину випромінювання, інтенсивністю падаючого випромінювання I_0 і величинами, що характеризують поглинаючу речовину, описується законом Бугера-Ламберта-Бера.

Закон Бугера-Ламберта-Бера визначає поступове послаблення паралельного монохроматичного (однобарвного) пучка світла при поширенні його в поглинаючій речовині. Якщо потужність пучка, що увійшов до шару речовини товщиною d, дорівнює I_0, то згідно із законом Бугера-Ламберта-Бера потужність пучка при виході з шару буде дорівнювати (1):

$$I(d) = I_0 e^{-k\lambda d} \tag{1}$$

де I_0 – інтенсивність вхідного пучка світла, d – товщина шару речовини, крізь яку проходить світло, k_λ – показник поглинання.

Показник поглинання характеризує властивості речовини і залежить від довжини хвилі λ світла, що поглинається. Ця залежність називається спектром поглинання речовини.

На практиці інфрачервоний спектр поглинання представляють у графічному вигляді в залежності від частоти v (або довжини хвилі λ) ряду величин, що характеризують поглинаючу речовину:

коефіцієнт пропускання $$T(\nu)=\frac{I(\nu)}{I_0(\nu)}\ , \qquad (2)$$

коефіцієнт поглинання $$A(\nu)=\frac{[I_0(\nu)-I(\nu)]}{I_0(\nu)}=1-T(\nu)\ , \qquad (3)$$

оптична густина $$D(\nu)=\ln\left[\frac{1}{T(\nu)}\right]=c(\nu)\cdot cd\ , \qquad (4)$$

де $c(v)$ – показник поглинання, c – концентрація поглинаючої речовини, d – товщина поглинаючого шару речовини.

Оскільки $D(v)$ пропорційна $c(v)$ і c, то вона майже завжди застосовується для кількісного аналізу за спектрами поглинання.

В дослідженнях використовувалася рошенцева треста льону сорту Чарівний різного ступеня вилежаності. Основні характеристики досліджуваних партій визначались відповідно до стандартів, результати наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Характеристика різних партій льонотрести

Партія трести	Відокремлюваність, од	Діаметр стебел, мм	Вміст волокна,% (ПК-2М)	Розривне навантаження, даН	Вміст довгого волокна,% (СМТ-200М)
1	1,4	1,7	40,5	41	40,1
2	3,8	2	34,5	30	34,7
3	4,6	2,3	36,3	31	35,6
4	6,2	2	33,7	25	33,9
5	7,1	2,1	30,5	18	23,7

Примітка. У таблиці наведено середні значення, відхилення від середнього становить 1,5 – 2 %

Для проведення дослідження волокно отримували з трести за допомогою верстата СМТ-200М. З кожної партії лляного волокна була виділена наважка масою 100 г.

Лінійна щільність визначалася базовим та сенсорним методами.

Відповідно до базового методу беруть волоконця льону, попередньо підрахувавши кількість волоконець та визначають їх лінійну щільність за формулою (5), за отриманими результатами розраховується середня лінійна щільність всього зразка:

$$T=\frac{m_c\cdot 10^6}{1000\cdot l_c\cdot n}=\frac{10^3\cdot m_c}{l_c\cdot n} \qquad (5)$$

де T – лінійна щільність, текс;

n – кількість волокон у жмені;

l_c – довжина вирізки з середньої частини жмені, мм;

m_c – маса вирізаної частини проби, мг.

Отримані результати середньої лінійної щільності для кожної партії волокна наведені у табл. 2.

Попередні досліди показали, що для реалізації запропонованого способу спеціально підготовлений зразок лляного волокна розташовують між джерелом інфрачервоного випромінювання та інфрачервоним фотосенсором (рис. 1).

Інфрачервоне випромінювання, що проходить крізь волокнистий матеріал, попадає на фотосенсор, постійна напруга з якого підсилюється і в подальшому фіксується цифровим вольтметром.

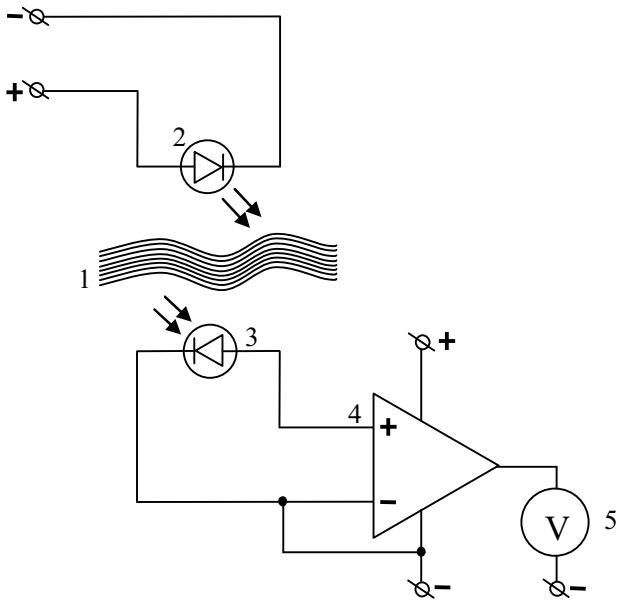
Таблиця 2 - Показники приладу при дослідженні зразків різних партій льонотрести

Номер досліду	Лінійна щільність, текс	Показник приладу (значення величини напруги на виході підсилювача), В
1	19,76	0,291
2	16,18	0,161
3	15,19	0,108
4	9,50	0,062
5	8,83	0,051
Коеф. кореляції	0,93	

Величина інфрачервоного випромінювання, що проходить крізь лляне волокно, залежить від величини його поглинання, яке, в свою чергу, корелює з показником лінійної щільності (табл. 2).

Перед випробуванням на експериментальному пристрої беруть лляні волоконця і роблять з них штапель довжиною 90 мм та масою 1 г.

Маса волокна була вибрана з попередніх досліджень, які враховували технічні особливості пристрою і були найбільш розпізнані, а показники якості при цих параметрах мають широкі діапазони визначень та вищий коефіцієнт кореляції з показниками лінійної щільності.



1 – волокно; 2 – джерело інфрачервоного випромінювання; 3 – інфрачервоний фотосенсор; 4 – підсилювач; 5 – цифровий вольтметр

Рис. 1 – Структурна схема експериментального пристрою

Аналіз отриманих даних табл. 2 показує, що показник лінійної щільності залежить від світлопоглинання волокна, яке описується величиною напруги, визначеної з виходу підсилювача за допомогою цифрового вольтметра. Це також підтверджується теоретично з літературних джерел, виходячи з того, що інфрачервоне випромінювання має певну енергію, яка під час проходження крізь волокно частково поглинається, відбивається і розсіюється, і чим тонші волокна, тим більше втрачається енергії і тим менше значення напруги ми отримаємо на виході лінійного перетворювача.

Отримане рівняння регресії для обох випадків має вигляд (7) і дає можливість перетворення значення напруги в значення лінійної щільності.

$$y = -4{,}7401 + 60{,}9492 \cdot x \qquad (7)$$

Висновки. В результаті проведених експериментальних досліджень встановлено, що показники лінійної щільності, отримані базовим способом та за допомогою сенсорного аналізу, можна вважати подібними, про це свідчить коефіцієнт кореляції, який дорівнює 0,93.

Застосування розроблених елементів сенсорного аналізу дозволить підвищити точність процесу визначення показників якості лляної сировини та зменшить витрати праці експертів, що, в свою чергу, збільшить ефект від економії часу на проведення випробувань.

Література

1. Соловьев А.Н., Кирюхин С.М., Оценка качества и стандартизация текстильных материалов. – М.: Легкая индустрия, 1974.– 245 с.
2. Городов В.В., Лазарева С. Е., Лунев И.Я. и др. Испытание лубоволокнистых материалов. – М.: Легкая индустрия, 1960. – 208 с.
3. Патент 27248. Способ определения качества материалов, а именно льнотресты / Пашин Е.Л., Жуплатова Л.М., Прима Л.И., Шамин В.Б. Опубл. 15.08.2000. Бюл. №3.
4. Патент 38082 А Україна, МПК G 01 N 33/36. Спосіб визначення якості волокнистого матеріалу, а саме лінійної щільності довгого волокна льону / Головій О.В., Жуплатова Л.М. (Україна); ІЛК УААН. – №2000053004; Заявл. 26.05.2000; Опубл. 15.05.2001. Бюл. №4.
5. Патент 83772 Україна, МПК G 01 N 33/36. Пристрій для визначення лінійної щільності волокнистого матеріалу / Головій О.В., Жуплатова Л.М., Мохер Ю.В., Толмачов В.С. (Україна); ІЛК УААН. – №2007 05413; Заявл. 17.05.2007; Опубл. 11.08.2008. Бюл. №15.
6. Патент 634093. Способ измерения линейной плотности волокнистых материалов / Мухітдінов М.М., Мусаєв Е.С., Назаров У.У., Рожков В.М., опубл. 25.11.1978 Бюл. №43.
7. Коробов Н.А. Развитие теории и практики построения методов измерения характеристик строения текстильных материалов и с использованием современных информационных технологий: Автореф. дис. д-ра тех. наук: 05.19.01 / Моск. гос. текстиль. ун-т. – М., 2007. – 36 с.
8. Матрохин А.Ю, Коробов Н.А., Гусев Б.Н. Компьютерное измерение показателей протяженности группы волокон // Известия ВУЗов Технология текстильной промышленности. – №1(259) 2001.–С.106.
9. Матрохин А.Ю, Шаломин О.А., Коробов Н.А., Гусев Б.Н., Лониди Т. Разработка универсального компьютерного метода измерения показателей протяженности хлопкового волокон // Известия ВУЗов Технология текстильной промышленности. –№6 (275) 2003. – С.115.
10. Патент 43165 Україна, МПК G 01В 11/00. Спосіб визначення лінійної щільності та ступеня вимочування волокна / Толмачов В.С., Кузьміна Т.О., Гілязетдінов Р.Н., Коропченко С.П., Москаленко Б.І., (Україна); ХНТУ – № 2009 00730; Заявл. 02.02.2009; опубл. 10.08.2009 Бюл. №15.
11. ДСТУ 4149:2003. Треста лляна. Технічні умови. – На заміну ГОСТ 24383-89; Введ. 01.01.2004. – К.: Держспоживстандарт України, 2004.– 14 с.

УДК 664.724

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА В ГЕРМЕТИЧНИХ УМОВАХ

Шаповаленко О.І, д-р техн. наук, професор, Дмитрук Є.А., д-р техн. наук, професор, Шаран А.В., канд. техн. наук, доцент, Грегірчак Н.М., канд. техн. наук, доцент, Штика Я.А., аспірант, Чернишевич О.І., магістрант

Робота присвячена дослідженню особливостей протікання біохімічних процесів в зерні кукурудзи,яке зберігається в герметичному середовищі при різних умовах.

The article is dedicated to the research of the peculiarities of biochemical processes in corn that is preserved in airtight environment with different conditions.

Ключові слова: герметичне середовище, поліетиленові рукави, анаеробне дихання, інтенсивність дихання, біохімічні властивості.

Останніми роками в Україні та світі істотно зріс інтерес до новітніх, більш економічно вигідних, технологій зберігання зерна, що пов'язано з розширенням площ посівів зернових культур, світовою економічною кризою та моральною застарілістю багатьох способів зберігання зерна, що застосовуються в

промисловості. На сьогоднішній день широкого розповсюдження набуває зберігання зерна в герметичному середовищі, зокрема в поліетиленових рукавах.

Поліетиленові мішки– це окремий різновид герметичного зберігання. Суть даної технології полягає в тому, що в зерновій масі, розташованій в герметичному середовищі,за рахунок дихання накопичується вуглекислий газ з одночасним зниженням вмісту кисню, що в результаті призводить до пригнічення біологічних і мікробіологічних процесів в зерні, тим самим забезпечуючи його тривале зберігання. Дана технологія набула популярності в Аргентині, а її переваги і недоліки детально висвітлені в джерелах [1, 2].

Метою нашої роботи було встановлення закономірностей протікання біохімічних процесів в зерні, що зберігається в герметичному середовищі при різних умовах. Основні дослідження проводились в лабораторних умовах у зв'язку з неможливістю значних змін параметрів процесу в промислових масштабах.

Для проведення лабораторних досліджень і випробувань було використано свіжозібране зерно кукурудзи, яке відповідало за основними показниками якості вимогам ДСТУ 4525:2006. Для створення герметичного середовища використовувалась поліетиленова плівка, герметично запакована після поміщення в неї наважки зерна. Для з'ясування впливу вологості на процес зберігання для досліджень було використано свіжозібране зерно кукурудзи з вологістю 18,2 % та зерно цієї ж партії, висушене до вологості 14,4 %. Для виявлення впливу температури на процес зберігання передбачалось розташовувати зерно на зберігання в різних умовах навколишнього середовища. Для цього герметично запаковані наважки зерна зберігались наступним чином: при кімнатній температурі (18…20 °С), в холодильнику (4…6 °С) та в умовах природного навколишнього середовища (поза межами приміщення) протягом листопада-березня. Свіжозібране зерно кукурудзи тих же партій зберігалось в негерметичних умовах (контрольні зразки). Загальна тривалість зберігання становила 210 діб.

Проведені дослідження були спрямовані на визначення зміни газового середовища міжзернового простору внаслідок зміни інтенсивності дихання зерна в різних умовах зберігання, дослідження зміни біохімічних властивостей зерна, а також вивчення його мікробіологічних показників. Дослідження зміни концентрації вуглекислого газу та кисню проводили за допомогою лабораторного газоаналізатору КГА 2-1. Отримані результати наведені на графіках 1-4.

З наведених графіків зміни концентрації вуглекислого газу видно, що кількість накопиченого газу зростає в 12-15 разів для сухого зерна та в 70-75 разів для вологого зерна. Тобто різниця в вологості зерна 4% призводить до інтенсивнішого дихання в 5-6 разів. Потрібно відмітити, що температура зберігання зерна не так значно впливає на інтенсивність проходження процесу, як зміна вологості. Різниця між значеннями концентрації вуглекислого газу для зерна однакової вологості при різних температурах зберігання становить близько 1,0…2,0 %. Потрібно також відмітити, що для всіх зразків зерна найінтенсивніше процес дихання проходив в перші два місяці експерименту, тобто в жовтні-листопаді, коли середньомісячні температури повітря знаходились в межах +3…+12 °С відповідно. В наступних місяцях спостерігалось зниження температурних показників нижче позначки нуль і тим самим відбувалось зниження інтенсивності дихання зерна.

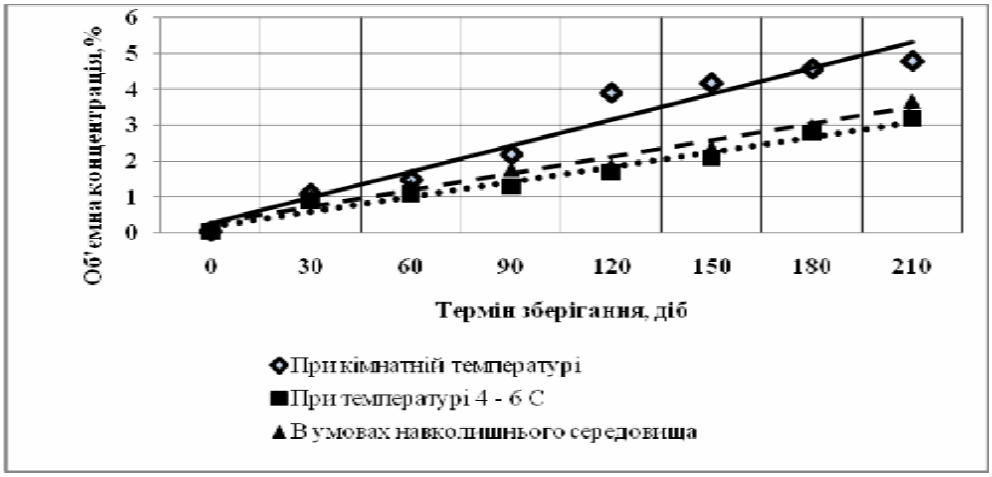


Рис. 1 – Зміна концентрації вуглекислого газу в зерновій масі кукурудзи, вологістю 14,4 %, яка зберігається в герметичних умовах

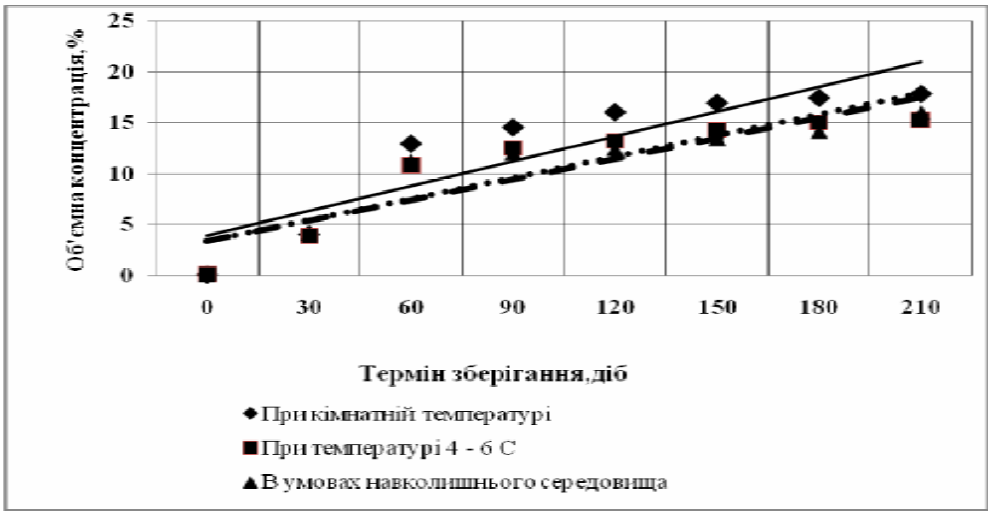


Рис. 2 – Зміна концентрації вуглекислого газу в зерновій масі кукурудзи вологістю 18,2 %, яка зберігається в герметичних умовах

Не менш важливим фактором для зберігання зерна в герметичних умовах є наявність в зерновій масі кисню. На графіках рис. 3 і 4 наведено зміну концентрації кисню в залежності від тривалості та температури зберігання для кукурудзи різної вологості.

Аналіз графіків показує, що закономірності зниження концентрації кисню аналогічні до зміни вуглекислого газу – процес проходить інтенсивніше у вологому зерні при вищій температурі. Для сухого зерна зниження концентрації становить лише 3,5…5,5 %. Для вологого зерна вміст кисню зменшується майже у два рази і досягає значення 3,0…5,0 %.

Таким чином, проаналізувавши зміну концентрації вуглекислого газу в міжзерновому просторі можна сказати, що дихання вологого зерна проходить значно інтенсивніше, причому найбільший вміст вуглекислого газу в міжзерновому просторі тих зразків зерна, що зберігались при кімнатній температурі (18-20 °С), а найменший –в зразках, які зберігались при температурі 4-6 °С.

З літературних джерел [3] відомо, що зберігання зерна без надходження повітря може призводити до погіршення насіннєвих властивостей зерна за рахунок проходження процесу анаеробного дихання. Для з'ясування цього факту було проведено визначення енергії проростання та схожості зерна, що зберігалось в герметичних умовах при різних температурах та у відкритому стані (контроль). Результати досліджень наведено в таблиці 1.

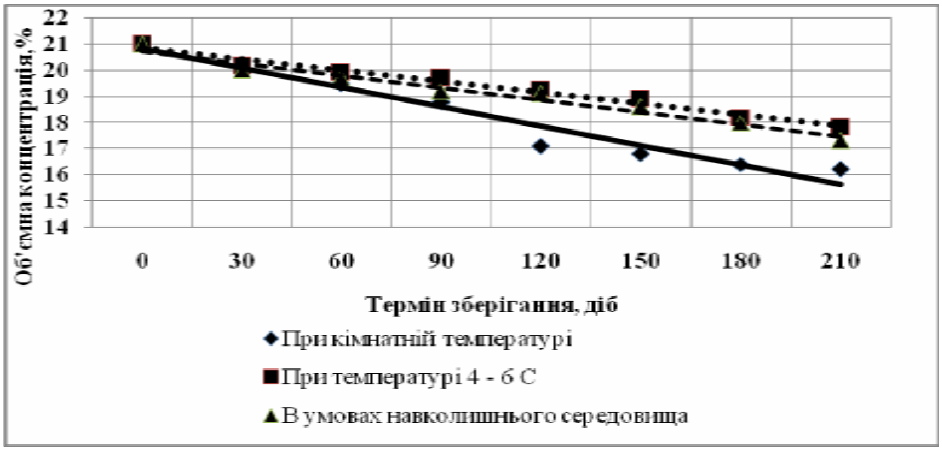


Рис.3 – Зміна концентрації кисню в зерновій масі кукурудзи, вологістю 14.4 %, яка зберігається в герметичних умовах

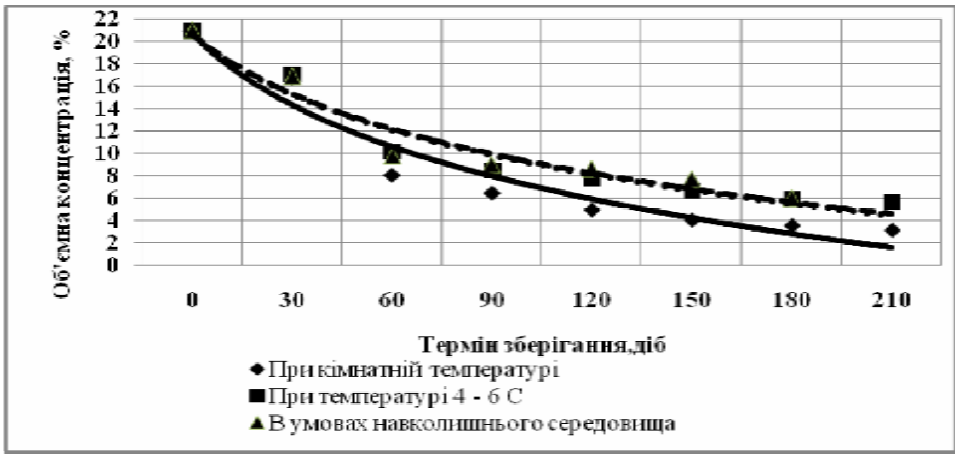


Рис. 4 – Зміна концентрації кисню в зерновій масі кукурудзи, вологістю 18,2 %, яка зберігається в герметичних умовах

З отриманих даних видно,що з часом зберігання насіннєві властивості зерна всіх зразків покращуються, ймовірно, за рахунок проходження післязбирального дозрівання. Причому умови зберігання практично не вплинули на схожість зерна та енергію його проростання і розходження між отриманими даними для всіх зразків незначне. Таким чином можна зробити висновок, що зберігання зерна в герметичних умовах протягом 210 діб не погіршує насіннєвих властивостей зерна кукурудзи. Тому, можна рекомендувати зберігати зерно насіннєвого призначення в герметичних умовах без втрати його якості, зокрема схожості та енергії проростання.

Проходження анаеробного дихання призводить до накопичення етилового спирту в тканинах зерна. Тому нами було проведено дослідження з визначення вмісту спирту в дослідних зразках кукурудзи. В результаті досліджень в жодному із зразків кукурудзи, яка зберігалась протягом 210 діб спирту виявлено не було. Таким чином, можна констатувати, що в процесі зберігання в герметичному середовищі зерно не переходить на анаеробний тип дихання.

Процес післязбирального дозрівання зерна пов'язаний зі зниженням інтенсивності проходження в ньому біохімічних процесів та закінчення синтезу природних біополімерів. Герметичне зберігання забезпечує значне зниження інтенсивності дихання, тим самим знижуючи втрати сухих речовин зерна. Тому наступний етап досліджень було присвячено з'ясуванню біохімічних змін в зерні під час його зберігання.

Таблиця 1 – Насіннєві властивості зерна кукурудзи, що зберігалось в різних умовах

Умови зберігання	Енергія проростання,%						Схожість,%					
	0 діб	30 діб	60 діб	120 діб	180 діб	210 діб	0 діб	30 діб	60 діб	120 діб	180 діб	210 діб
При кімнатній температурі		72	78	78	77	77		95	98	96	95	95
		72	83	85	87	76		96	96	96	94	93
При температурі 4-6 ºС		75	76	78	76	77		96	99	99	97	96
		94	92	92	90	91		98	98	98	95	95
В умовах навколишнього середовища		76	75	78	76	75		98	98	97	95	94
		86	84	86	85	87		98	97	97	93	94
Контроль	65	76	76	78	76	78	81	98	98	97	96	94
	78	82	91	90	86	87	92	98	97	97	95	94

Зменшення показника натури зерна (табл. 2), що зберігається в герметичних та відкритих умовах практично однакове і становить 4…10 г. Потрібно відмітити, що найменші втрати маси спостерігаються для зерна, що зберігалось при температурі 4-6 °С і його натура дещо краща за показник контрольного зразка.

Результати визначення хімічного складу досліджуваних зразків кукурудзи в залежності від умов і тривалості зберігання наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Зміни хімічного складу зерна кукурудзи в процесі зберігання

Умови і термін зберігання	Вологість, %	Натура г/л	Вміст крохмалю, %	Вміст білка, %	Вміст декстриннів, %	Вміст цукрів, %
1	2	3	4	5	6	7
Свіжозібране-Одіб (контроль)	14,4	714	71,7	11,9	13,2	3,3
	18,2	724	72,7	12,2	14,1	2,3
Термін зберігання 30 діб						
Кімнатна температура	13,8	712	71,3	12,0	13,8	3,2
	17,8	720	72,1	12,4	14,5	2,3
При температурі 4-6 ºС	14,0	712	71,5	11,9	13,5	3,3
	17,9	723	72,5	12,2	14,4	2,2
В умовах навколишнього середовища	14,0	712	71,3	11,9	13,7	3,3
	17,9	721	72,1	12,4	14,6	2,3
Контроль	14,1	712	71,4	11,9	13,3	3,3
	18,0	721	72,6	12,2	14,3	2,3
Термін зберігання 60 діб						
Кімнатна температура	13,8	710	68,8	12,3	14,1	3,6
	17,8	718	69,5	12,9	15,0	2,8
При температурі 4-6 ºС	14,0	712	68,9	12,5	13,8	3,5
	17,9	722	69,9	13,0	14,9	2,6
В умовах навколишньо-госередовища	13,9	710	68,6	12,4	14,2	3,7
	17,8	720	69,8	12,8	15,1	2,7
Контроль	14,0	710	67,3	12,1	13,8	3,6
	17,8	718	68,5	12,6	15,0	2,7
Термін зберігання 150 діб						
Кімнатна температура	14,3	706	67,8	12,6	14,4	3,8
	18,0	714	69,0	12,9	15,2	2,7
При температурі 4-6ºС	14,0	708	68,0	12,7	14,0	3,5
	17,9	714	69,1	13,2	15,0	2,7
В умовах навколишнього середовища	14,2	710	68,1	12,5	14,0	3,6
	18,0	720	68,8	12,9	15,2	2,9
Термін зберігання 180 діб						
Кімнатна температура	14,3	706	67,9	12,6	23,9	3,8
	18,0	712	68,5	12,9	25,2	2,8
При температурі 4-6 ºС	14,1	708	67,7	12,7	24,0	3,7
	17,9	718	69,0	13,2	25,9	2,8
В умовах навколишньо-госередовища	14,3	708	67,2	12,5	23,5	4,0
	18,0	718	68,5	12,9	25,2	2,8
Контроль	13,7	710	66,2	12,1	23,8	3,7
	17,5	718	67,5	12,6	24,8	3,0

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7
Термін зберігання 210 діб						
Кімнатна температура	14,3	706	67,7	12,9	23,9	3,9
	18,1	710	68,2	13,1	25,2	3,0
При температурі 4-6 ºС	14,2	708	67,5	12,7	24,0	3,7
	18,1	716	68,7	13,3	25,9	2,9
В умовах навколишньо-госередовища	14,3	708	67,0	12,9	23,5	4,0
	18,0	716	68,3	13,1	25,2	3,0
Контроль	13,7	710	66,0	12,6	23,8	3,7
	17,5	714	67,3	13,0	24,8	3,1

Як ми бачимо, внаслідок герметичного зберігання відбуваються зміни вологості зерна. При чому, спочатку вологість зменшується у всіх дослідних зразках близько на 0,5 %, а потім зростає і досягає початкових значень. На наш погляд зміна вологості дослідних зразків кукурудзи відбувається за рахунок зміни рівноважної вологості повітря між зернового простору.

З даних таблиці також видно, що хімічний склад зерна змінюється незначно. Проте більш помітні зміни спостерігаються для вологого зерна, що свідчить про його інтенсивніше дихання. Зокрема видно, що за 210 діб зберігання вологе зерно втрачає близько 4,0 % крохмалю. Також збільшується вміст декстринів. Щодо білка та цукрів, то їх вміст зростає близько на 1,5 % для вологого зерна та на 1,0 % для сухого, очевидно за рахунок зниження загальної маси сухих речовин внаслідок втрати крохмалю.

Слід також відмітити, що видимих ознак псування вологого зерна при його зберіганні в герметичних умовах протягом 210 діб не спостерігалось. Колір, запах та смак відповідали нормальному зерну, ознак появи плісняви та виникнення процесів самозігрівання не спостерігалось. Проте процес зберігання характеризується насамперед, зміною кислотного числа жиру та мікробіологічного забруднення зерна.

Проаналізувавши зміни кислотного числа жиру в залежності від різних умов зберігання з'ясовано, що даний показник як для вологого так і для сухого зерна за 210 діб зберігання змінюється незначно і не перевищує контрольний зразок. Якщо ж порівняти значення даного показника для сухого зерна при різних умовах зберігання, то найменшим воно є для зерна, яке зберігалось при температурі 4-6 °С. Щодо вологого зерна, то найбільшим значення кислотного числа жиру є для зерна,яке зберігалось при кімнатній температурі та в негерметичних умовах, а найменшим – при температурі 4-6 °С.

У числі ряду факторів, що впливають на якість і процес зберігання зерна й зернових продуктів істотна роль належить мікроорганізмам. Мікробіологічні показники дозволяють контролювати умови зберігання зерна, оцінювати якість аналізованих продуктів і їх безпеку для здоров'я людей і тварин. В результаті досліджень ми отримали,що після 30 діб зберігання, за загальним числом МАФАМ та пліснявих грибів і дріжджів зразки, що зберігались в герметичних умовах мають в десять разів кращі показники ніж контрольний зразок. За кількістю молочнокислих бактерій та показником внутрішньої мікрофлори зерна контрольному зразку поступаються лише зразки вологого зерна, що зберігались при кімнатній температурі та в холодильнику.

Аналіз даних мікробіологічного забруднення після 210 діб зберігання показує, що за всіма показниками зразки герметичного зберігання переважають контрольний зразок. Причому, в контрольному зразку спостерігається погіршення мікробіологічного забруднення з часом зберігання. В зразках, що зберігалось герметично, такої тенденції не спостерігається.

Відомо [1,2], що однією зі значних переваг герметичного зберігання є створення несприятливих умов для життєдіяльності шкідників зернової маси за рахунок нестачі кисню та високої концентрації вуглекислого газу. Для підтвердження негативного впливу герметичного зберігання на життєдіяльність шкідників та з'ясування тривалості пливу було проведено наступні дослідження. В ряд наважок, що закладались на зберігання, було внесено однакову кількість живих довгоносиків (по 10 шт.) Після визначеного терміну зберігання ємності відкривались та визначилась кількість живих довгоносиків. В результаті встановлено, що після 30-денного зберігання зараженого зерна в герметичних умовах, в жодному зі зразків живих довгоносиків виявлено не було.

Висновки

1. В результаті проведених досліджень встановлено, що зберігання кукурудзи в герметичних умовах при різних температурах та вологості зерна протягом 210 діб не значно впливає на хімічний склад зерна та не призводить до його псування.

2. Інтенсивність дихання зерна значно вища при його більшій вологості. На процес накопичення вуглекислого газу та втрати кисню більший вплив має вологість зерна ніж температура його зберігання.

3. Вивчення насіннєвих властивостей зерна, що зберігалось в герметичних умовах дозволяє зробити висновок,що технологію зберігання в поліетиленових рукавах можливо застосовувати для насіннєвого зерна.

4. Аналіз мікробіологічних показників зерна показав, що в зерні, яке зберігалось в герметичних умовах з часом не спостерігається підвищення мікробіологічної забрудненості. Контрольний зразок має протилежну тенденцію.

5. Отримані результати біохімічних змін в зерновій масі дозволяють рекомендувати зберігати зерно з вологістю від 14,4 до 18,2 % протягом 210 діб без помітної втрати його якості. Причому краще зберігається зерно в умовах природного навколишнього середовища та температури 4…6 °С.

Література

1. Хранение зерна подсолнечника в пластиковых упаковках: система Silo Bolsa//Хранение и переработка зерна. – 2009, №5 (119). - с. 32-41.
2. Хранение зерен кукурузы в пластиковых упаковках: система Silobag //Хранение и переработка зерна. – 2009, №7. - с.43-49.
3. Трисвятский Л.А. Хранение зерна, М: 1966 г.

УДК 664.72.047,54:005.591.6

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СУШІННЯ ЗЕРНА ВІТЧИЗНЯНИХ ЗЕРНОСУШАРОК ЗМЕНШЕННЯМ ОПОРУ ВНУТРІШНЬОКАПІЛЯРНОЇ ДИФУЗІЇ ВОЛОГИ

Гапонюк І.І., к.т.н., доцент,
Національний університет харчових технологій, м. Київ

Наведено аналіз технологічних показників роботи зерносушарок провідних іноземних компаній, подано результати досліджень динаміки теплового балансу шахтної прямотечійної зерносушарки за різних параметрів швидкості і температури робочих газів, температури довкілля та різних розмірів зернин, експериментально підтверджено гіпотезу щодо причин зростання опору внутрішньокапілярної дифузії вологи на завершальному етапі зневоднення та чисельні характеристики параметрів цього процесу та тривалості зменшення внутрішньої ентропії, запропоновано технологічні рішення зі зменшення внутрішньокапілярного опору дифузії вологи.

The analysis of the technological indices of the work of the grain drying apparatuses of the contemporary constructions of foreign companies is given, the results of studies of the dynamics of the heat balance of mine direct-flow grain drying apparatus with different parameters of speed and temperature of working gases, ambient temperature and different grain sizes are induced, are experimentally confirmed hypothesis about the reason for an increase in the resistance of the internal- capillary diffusion of moisture in the final stage of dehydration and numerical characteristics of [paramterov] of this process and duration of the process of decreasing [vnutrenny] of entropy, the technological solutions of decreasing the internal- capillary resistance of the diffusion of the moisture are proposed.

The keywords: caryopsis, [slo] of caryopsis, the layer of grain, moisture, heat-, working gases, drying chambers, the diffusion, heat- and moisture exchange, capillary-porous bodies, the moving potential, energy content, the ecology

Ключові слова: зернина, шари зернини, шар зерна, волога, теплота, робочі гази, сушильні камери, дифузія, тепло- вологообмін, капілярно-шпаруваті тіла, рушійний потенціал, енергоємність,екологія.

За попередніми даними Міністерства АП України та Української аграрної конфедерації, в минулому маркетинговому році, попри дефіцит сушильних потужностей близько 35%, та завдяки посушливому літу минулого року, вітчизняний експорт зернових і олійних культур сягнув 20,5 млн.т.

Концепцією Державної цільової програми «Зерно України – 2008 – 2015» передбачається збільшення валового збору зерна до 58 млн.т і більше. На думку Президента Української аграрної конфедерації Л.Козаченка (журнал Фармер за травень ц.р.) вітчизняне сільське господарство «приречене до експорту» і якщо повністю реалізувати його потенціал, то навіть при повному забезпеченні внутрішніх потреб у

продовольстві, близько 80% зібраного урожаю можна буде експортувати.

Проте стримуючим фактором реалізації цієї Концепції є дефіцит зерносушильних потужностей та надмірна енергоємність вітчизняних сушарок. Останній чинник особливо вплинув на активну експансію зерносушарок провідних іноземних компаній на вітчизняний ринок і за різними даними вітчизняні господарства використовують вже більше 250 – 300 таких сушарок. При зазначенні переваг іноземних аналогів інколи послуговуються не зовсім коректним порівнянням технічних характеристик зерносушарок іноземного виробництва сучасних модифікацій із вітчизняними 40 – 50 річної давності. Однак, попри наявність достатньої кількості вітчизняних машинобудівельних потужностей з виготовлення вітчизняних сушарок сучасних модифікацій, багатодесятирічний досвід та науковий потенціал, зернопереробні підприємства ще досі, інколи з необ'єктивних на нашу думку причин, віддають перевагу іноземним зерносушильним агрегатам.

Для захисту вітчизняного ринку від експансії іноземного зерносушильного устаткування та зменшенню обсягів споживання теплоносіїв для зневоднення зерна зібраного урожаю вдосконаленням технології сушіння зерна присвячено наші дослідження.

Забігаючи наперед, хотілось би відмітити, що стендові дослідження дозволили підтвердити гіпотезу щодо причини зростання внутрішньо-капілярного опору дифузії вологи на завершальному етапі зневоднення, а виробнича апробація цих напрацювань з вдосконалення технології сушіння зерна, адаптованої до морально-застарілих шахтних зерносушарок вітчизняного виробництва, - збільшити їх продуктивність до 40% та зменшити енергоємність до 30 – 35%, покращити пошарову однорідність сушіння і суттєво зменшити викиди у довкілля легких домішок зерна.

Для кращого сприйняття значимості проблеми енергозбереження сушіння зерна, в табл.1 викладено розрахункову потребу теплоти в газовому еквіваленті для зневоднення зібраного урожаю зерна найбільш розповсюдженими (до 80% загальної кількості) шахтними зерносушарками вітчизняного виробництва, порівняно з їх модернізованими аналогами та сушарками провідних іноземних виробників сучасних модифікацій.

Таблиця 1 – Витрати теплоти на сушіння зерна сушарками різних модифікацій та виробників

Витрати теплоти на сушіння	Од. виміру	ДСП-32от	Модернізована		Прогресивні іноземного вир-ва	Втрати теплоти по відношенню до	
			ДСП-32М	ДСП-32М та аерація		модернізован ДСП-32М	іноземних сушарок
1 пл.т.1%	х10³ кДж	59,83	47,87	39,89	30,21	19,94	29,62
	м³ газу	1,88	1,51	1,25	0,95	0,63	0,93
1 година роботи ДСП-32от (32 пл.т)	х10³ кДж	11488,0	9190,4	7658,6	5800,3	3829,32	5687,65
	м³ газу	361,3	289,0	240,8	182,4	120,42	178,86
1 доба роботи ДСП-32от (656 пл.т)	х10³ кДж	235503	188403	157002	118907	78501	116597
	м³ газу	7405,8	5924,6	4937,2	3739,2	2468,59	3666,57
1 сезон роботи ДСП-32от (45діб - 30 тис.пл.т)	х10³ кДж	10769976	8615981	7179984	5437800	3589992	5332176
	х10³ м³ газу	338,7	270,9	225,8	171,0	112,9	167,7
50 млн.т.зерна (δW=8 %)	х10³х10³ кДж	23933280	19146624	15955520	12084000	7977760	11849280
	х10³х10³ м³ газу	752,6	602,1	501,7	380,0	250,87	372,62

Примітки: розрахунки наведено для літньо-осіннього періоду роботи сушарок;

для зимового періоду сушіння - застосовувати поправочний коефіцієнт К=1,17 – 1,22;

витрати теплоти пароутворення 1% вологи 1т зерна, в перерахунку на газ для становлять: 24,5/31,8/0,99 = 0,78 кг/ 1т х1%. Де 2,45 МДж/кг – теплота фазових перетворень 1 кг води, 31,8 МДж/1 кг – тепло утворююча спроможність природного газу.

З наведеної таблиці 1 видно, що модернізацією більшості існуючих морально застарілих зерносушарок типу ДСП можна заощадити теплоту в газовому еквіваленті до 250 млн.м³ і більше, а заміною їх на сучасні зерносушарки провідних іноземних компаній – до 350 – 370 млн.м³.

В своїх дослідженнях ми задалися питанням, чи можна модернізацією старих зерносушарок вітчизняного виробництва покращити їх технічні показники до рівня іноземних і чи буде така модернізація економічно виправданою, та яка зерносушарка завтрашнього дня ?

З рекламними проспектами та даними виробничих досліджень нами було виконано аналіз технологічних показників найбільш поширених модифікацій зерносушарок іноземних виробників на вітчизняному ринку, та зазначено їх відмінності від вітчизняних (табл. 2).

Оскільки сушарки вітчизняного виробництва в своїй більшості шахтного типу, тому використати окремі із переваг камерних та баштових сушарок іноземного виробництва для вдосконалення таких вітчизняних ускладнено. Особливо це стосується незмінності параметрів товщини шару зерна в перетинах тепло-вологообмінних камер та його порівняно більша від вітчизняних величина 31 см, значно більший живий перетин внутрішньої та зовнішньої поверхні тепло-вологообмінних камер, більші фіктивні швидкості на вході і виході із шару зерна, менші втрати енергії течії робочих газів.

Із наведених в табл..2 даних відмітимо найбільш суттєві відмінності технології сушіння іноземних зерносушарок:

- використання теплоти відпрацьованих газів після зони охолодження;
- неперервний стан рухомості шару зерна в тепломасообмінних камерах;
- порівняно більша товщина шару зерна;
- більший «живий перетин» ситової поверхні тепло-масообмінних камер;
- менші втрати енергії течії робочих газів при підведенні їх до шару зерна;
- менші втрати теплоти через поверхні газопроводів та камер сушарки;
- менші втрати теплоти з відпрацьованими газами та більша їх відносна вологонасиченість;

Таблиця 2 – Порівняльна характеристика зерносушарок вітчизняного та іноземного виробництва
(за даними рекламних проспектів та виконаних авторських досліджень)

Показники	Переваги		
	вітчизняних		іноземних
	прямотеч.	рециркул	
Стан рухомості шару зерна	періодично-малорух (рухом)		малорух
Спосіб підведення газів	нагніталь (комбінов)		комбін
Попереднє підігрівання зерна	відсут	частков	відсут
Використання теплоти відпрацьованих газів	відсут	частков	частков
Режим сушіння	спадний		висхідний
Товщина шару зерна, см	22		31 (*
Вологонасиченість відпрацьованих газів	неповна		повна
Стабільність роботи, рівень автоматизації (АСУ)	н/висока		висока
Поєднання методів та способів сушіння	відсутнє	частково	наявне
а) нагрівання зерна (конвект,кондук,опромін)	відсут		частков
б) сушіння зерна (швидкісні, повільні, відлежування)	відсут		частк
Рівень пожежовихубезпеки	н/високий		
Екологічний рівень безпеки	н/високий		вибірково
Енергоємність сушіння: МДж/кг вол.	5,4 - 6,8		3,2 - 6,1
питомі витрати природного газу ($м^3$/1т1%)	1,5 - 1,9		0,9 - 1,7
Швидкість течії робочих газів (фіктивна), м/с	0,42		0,4 – 0,44
Питомі витрати газів, $м^3$/1т1%	530 – 590		600 - 650
«Живий» перетин тепломасообмінних камер, %	6 – 9		25 – 32 (*
Експлуатаційні витрати	невисокі		високі

Примітки: *) – лише для зерносушарок з ситовою поверхнями тепло-масообмінних камер

Для вдосконалення технології сушіння вітчизняних сушарок нами були виконані дослідження витрат теплоти і параметрів відпрацьованих газів прямотечійних шахтних зерносушарок з сушіння різних за розміром зернин культур (ріпак та кукурудза), різних параметрах газів довкілля (літо - осінь) та різних швидкостях течії і температури робочих газів (v_0=0,4 та v_0=0,1 м/с; t_0=70 – 140 °С).

В табл.3 представлено динаміку змін структури витрат теплоти сушіння зерна в шахтних прямотечійних зерносушарках на різних етапах сушіння.

Із цих досліджень видно, що на початковому етапі сушіння зерна значна частка теплоти робочих газів (75 – 90 %) витрачається на випаровування вологи з поверхневих шарів зернини, а частка теплоти на нагрівання зерна – мінімальна (до 1 – 5 %) і на цьому етапі температура зерна не зростає. Оскільки інтенсивність вологообміну пов'язана із температурою зернини, на цьому етапі швидкість сушіння найменша. На завершальному етапі сушіння на оборот, частка теплоти робочих газів на випаровування вологи з внутрішніх шарів зернини суттєво зменшується (до 20 – 30 %), а частка теплоти на нагрівання зерна відповідно зростає. Із зменшенням частки теплоти на випаровування вологи з зерна, зростають втрати теплоти з відпрацьованими газами та зменшується їх вологовміст і відносна вологість. Із цим пов'язано значне зростання питомих витрат теплоти з сушіння зерна на завершальних етапах його зневоднення, що можуть кількакратно (додатковий опір внутрішньої дифузії вологи Δr на рис.1) перевищувати розрахунково необхідні для фазових перетворень (рис.1).

Таблиця 3 – Динаміка витрат теплоти сушіння зерна у сушарках вітчизняних конструкцій

Параметри	Показники, %			
	усередненні показники	порушені режими (*	етап сушіння	
			початковий	завершальний
випаровування вологи	53,2	37	85	25
нагрівання зерна	15	12	1	18
втрати з відпрацьованими газами	23,9	45	9	45
втрати через поверхню сушарки	6,9	5	4	11
втрати з недоспалюванням палива	1	1	1	1
Разом	100	100	100	100

Примітки: *) – із-за конструктивних особливостей зерносушарок та незмінних параметрів течії робочих газів (t_0 і v_0) впродовж всього процесу сушіння.

Нами встановлено причину зростання внутрішнього опору Δr і розроблено способи його суттєвого зменшення в технології сушіння зерна шахтними зерносушарками. Перш за все у вдосконаленій технології необхідно на етапі підігрівання вологого зерна збільшувати коефіцієнт теплообміну із одночасним зменшенням коефіцієнту вологообміну, по завершенню нагрівання вологого зерна в першій сушильній зоні слід збільшити коефіцієнт вологообміну, в наступних сушильних зонах зменшувати рушійний потенціал, на завершальному етапі зневоднення застосовувати перемінний вплив рушійного потенціалу вологообміну (особливо для зернових культур з великими розмірами зернин), зменшувати внутрішньокапілярний тиск зменшенням коефіцієнту міжфазового (граничного) вологообміну, тощо. Деякі із рекомендацій були використані для розробки удосконаленої технології сушіння зерна в шахтних зерносушарках, успішно апробовані на 4-х зернозаготівельних підприємствах Південного та Західного регіонів України і довели можливість покращення технологічних показників вітчизняних модернізованих зерносушильних агрегатів до рівня іноземних аналогів за кількакратно менших витратах.

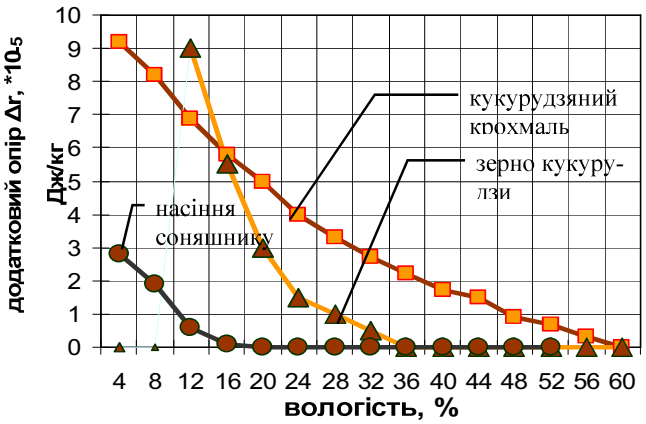


Рис. 1 – Залежність додаткової енергії на подолання внутрішнього опору дифузії вологи від вмісту вологи

На рис.2. представлено результати досліджень впливу різних способів підведення робочих газів в сушильну камеру на швидкість сушіння зерна. Із цих досліджень видно, що за незмінних параметрів робочих газів (t_0 і v_0) зі зміненням способу підведення робочих газів із «під нагнітанням» на «під розрідженням» коефіцієнт вологообміну і відповідно швидкість сушіння зростають до 30 %.

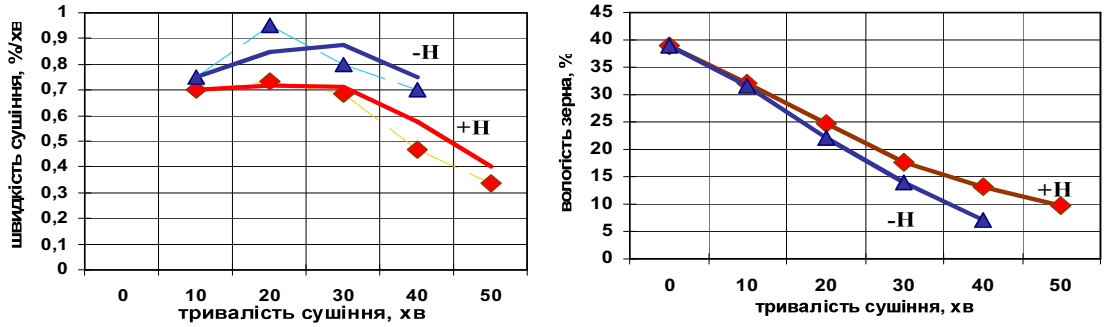
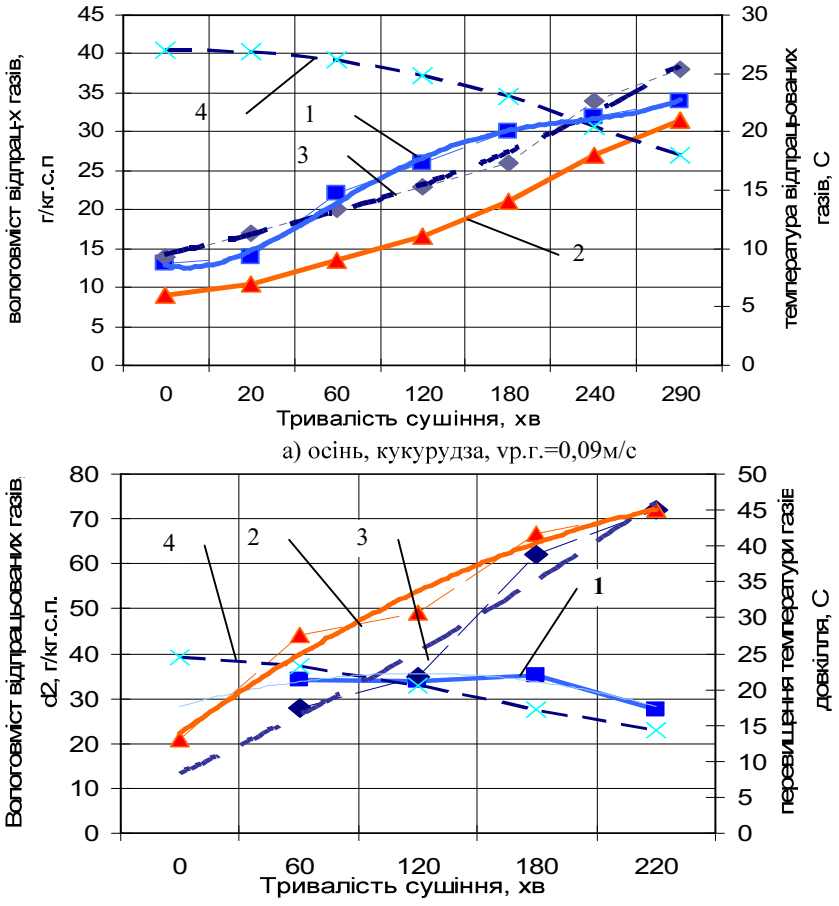


Рис. 2 – Сушіння зерна двома способами підведення робочих газів під тиском (+Н) та під розрідженням (-Н) (t_1=100 °С): а) швидкість сушіння, б) кінетика сушіння

Виконаними дослідженнями залежності параметрів відпрацьованих робочих газів після сушильних зон шахтної прямотечійної зерносушарки ДСП-32 (рис.3) від швидкості течії робочих газів для різних температури і вологомісту газів довкілля, дозволили встановити можливість використання теплоти цих газів для попереднього підігрівання зерна в малорухомому стані. На I-D діаграмі Рамзіна представлено процес теплообміну для газів з підвищенни вологовмістом після тепло-вологообмінних камер 1-ої і 2-ої сушильних зон за спадних температурних режимів зневоднення основного та завершального етапів сушіння шахтної прямотечіної зерносушарки (рис.4). Лише на 4-му етапі теплообміну (ділянка Г-Д діаграми рис.4) можлива конденсація вологи на поверхні нерухомого шару зерна із нерухомого газового середовища. Проте за умов рухомості фазових середовищ, для заданих параметрів відпрацьованих газів (d_2<30 г/м^3, v_2>0,2 м/с, t_2>45 °С) та шару зерна (W_0>18 %, θ_0<15 °С v>0,001м/с) конденсації крапельної вологи на поверхні

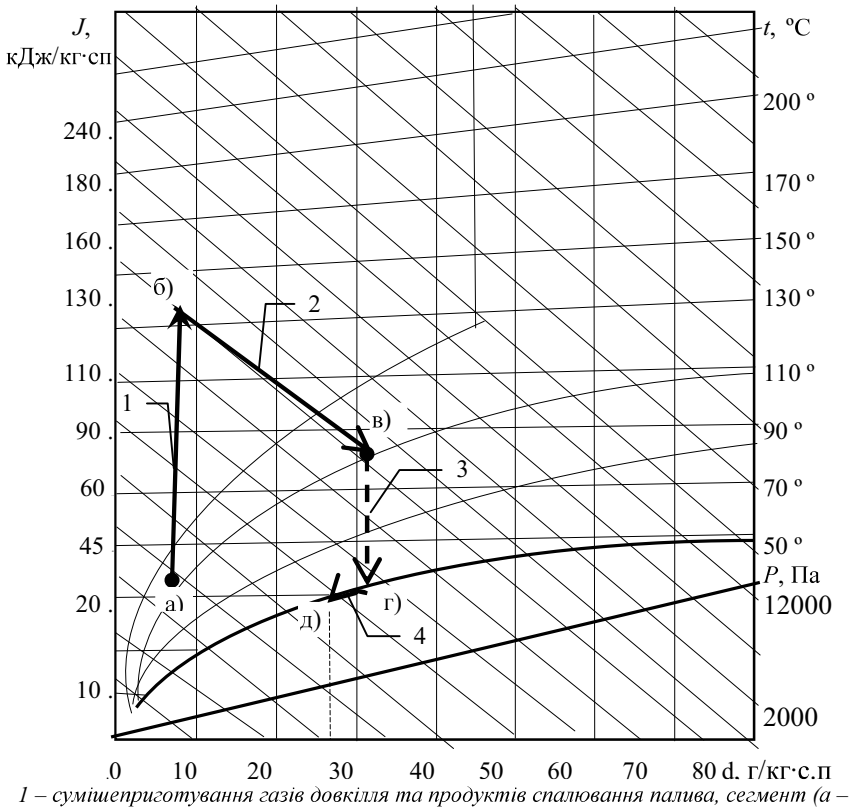


1 – фактичний вологовміст відпрацьованих газів, $d_ф$;2–перевищення температури відпрацьованих газів температури довкілля, Δt; 3–максимально можливий вологовміст відпрацьованих газів $d_{макс}$; 4–динаміка вологості зерна, W

Рис. 3 – Зміна параметрів відпрацьованих газів при сушінні зерна кукурудзи в сушарці ДСП-32 от при різних швидкостях та в різну пору року

зернин малорухомого шару зерна не спостерігається.

На основі цих та інших досліджень зі збільшення швидкості сушіння зерна, зменшення втрат теплоти з відпрацьованими газами, використання теплоти відпрацьованих газів перемінного вологовмісту та застосування різних способів і режимів сушіння нами було розроблено напрямки удосконалення технології сушіння шахтних зерносушарок (табл.4), окремі з яких апробовано на зернозаготівельних підприємствах. Зокрема на фотографіях 1–3 представлено окремі приклади модернізації шахтних зерносушарок типу ДСП-32 із застосуванням спадних режимів сушіння, змінення способу підведення робочих газів, зменшення викидів у довкілля легких домішок, використання теплоти відпрацьованих газів заданого вологовмісту, зменшення втрат теплоти з відпрацьованими газами після тепловологообмінних камер 2-ої сушильної зони та зменшення травмування поверхневих шарів зернин. Крім зазначеного доведено економічну доцільність технології змінення коефіцієнту зовнішнього тертя змінним пошаровим вологовмістом зернини конвективним способом для покращення подільності зернової суміші на ситових сепараторах із плоскими ситами.



1 – сумішеприготування газів довкілля та продуктів спалювання палива, сегмент (а – б); 2 – тепло-масообмін із шаром зерна, сегмент (б – в); 3 – використання теплоти відпрацьованих робочих газів для попереднього нагрівання шару зерна, сегмент (в – г) та 4 – тепло-масообміну фазових перетворень, сегмент (г – д)

Рис. 4 – Змінення параметрів робочих газів удосконаленого зерносушильного агрегату по *I-d* діаграмі

Таблиця 4 – Напрямки вдосконалення технології сушіння зерна

Операції	Традиційна технологія	Вдосконалена технологія		Результат
		комбіновані методи	комбіновані режими	
Попереднє зневодження механічно зв'язаної вологи	відсутнє	пронизування зваженого стан рухомості шару зерна, робочими газами (τ=3…5с, t_1=100…140 ^{0}C)		збільшення коеф.ділимості суміші та зменшення питомих витрат енергії
Відділення сміттєвих домішок	частково, технологічно ускладнено	повне відділення домішок та часткове підігрівання зерна		зменшення енерговитрат, зменшення забрудн-ня довкілля
Підігрівання зерна	відсутнє	ТНВЧ	Відпрацьованими газами	інтенсифікація сушіння

Продовження таблиці 4

<table>
<tr><td colspan="3" rowspan="2">Операції</td><td rowspan="2">Традиційна технологія</td><td colspan="2">Вдосконалена технологія</td><td rowspan="2">Результат</td></tr>
<tr><td>комбіновані методи</td><td>комбіновані режими</td></tr>
<tr><td colspan="3">Відлежування перед сушильною камерою</td><td>відсутнє</td><td>відсутня технологічна потреба</td><td>надсушиль на ємність (15…25хв)</td><td rowspan="3">збільшення a_m, β та однор-ті сушіння, збільшення вологопоглинаючої здатності роб.газів</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Аеродинамічний</td><td>режим</td><td>нагнітання</td><td colspan="2">розрідження</td></tr>
<tr><td>швидкість газів</td><td colspan="3">$v^1_{Tp1} < v^1_{H1}, v^2_{Tp1} < v^2_{H1}, v^3_{Tp1} \le v^3_{H1}$</td></tr>
<tr><td colspan="3">Регулювання параметрів відпрацьованих газів (t_2, d_2, φ_2)</td><td>–</td><td colspan="2">швидкість течії та волого насиченість газів $d_2 = f\left(t_1 / \upsilon_1\right)$; φ=f(v,Δ,τ,1/W)</td><td>зменшення втрат теплоти з газами</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Температурний</td><td>режим</td><td>висхідний</td><td colspan="2">спадний</td><td>однор-ть сушіння</td></tr>
<tr><td>температура</td><td colspan="3">$t^1_{Tp1} > t^1_{H1}, t^2_{Tp1} > t^2_{H1}, t^3_{Tp1} \ge t^3_{H1}$</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="5">Зневоджування</td><td colspan="2">1 зона</td><td>$t^1_1, d^1_1, v^1_1, L^1_1$</td><td>$t^1_1, d^1_1, v^1_1, L^1_1$</td><td>$t^1_1, d^1_1, v^1_1, L^1_1$</td><td>–</td></tr>
<tr><td colspan="2">11 зона</td><td>$t^2_1 > t^1_1, d^2_1 = d^1_1$
$v^2_1 \le v^1_1, L^2_1 \le L^1_1$</td><td colspan="2">$t^2_1 < t^1_1, d^2_1 = d^1_1,$
$v^2_1 \le v^1_1, L^2_1 \le L^1_1$</td><td rowspan="2">збільшення a_m, β та однорідності сушіння</td></tr>
<tr><td rowspan="3">111 зона</td><td>сушіння</td><td>–</td><td colspan="2">$t^3_1 < t^2_1, d^3_1 = d^2_1,$
$v^3_1 \le v^2_1, L^3_1 \le L^2_1$</td></tr>
<tr><td>імпульс.прод</td><td>відсутня</td><td colspan="2">20…50сек</td><td rowspan="2">зменшення $К_{ТАО}$ (Δr)</td></tr>
<tr><td>досушня</td><td>відсутнє</td><td colspan="2">10…20 хв</td></tr>
<tr><td colspan="3">Відлежування зерна</td><td>–</td><td colspan="2" rowspan="2">АВ</td><td rowspan="2">зменшення енерговитрат, покращення однорті сушіння, більша тривалість</td></tr>
<tr><td colspan="3">Охолодження зерна</td><td>–</td></tr>
</table>

За результатами виробничих впроваджень в табл. 5 наведено порівняльну характеристику економічної доцільності модернізації зерносушарки ДСП-32ОТ поряд з альтернативним варіантом заміни її на імпортні сушарки провідних іноземних фірм. Для заповнення таблиці були використані проспекти представництв іноземних фірм-виробників та апробовані дані вітчизняних наукових установ та науково-виробничих підприємств з модернізації сушарок (за даними ПНВП «ЗЕНІД» та ОНАХТ).

Таблиця 5 – Техніко-економічне обгрунтування модернізації зерносушильного комплексу

Показники	Од.вим.	Модернізація вітчизняних			Закупівля імпортних			
		ДСП-32от	ДСП-32от х 2	ДСП-50	SD-12 Педротті	SD-20 Педротті	Farm-Fans CMS1500H	GDT200/20 /3 Riela
Культура		кукурудза						
Вологість: початкова	%	30	30	30	30	30	30	30
кінцева,	%	14	14	14	14	14	14	14
Продукт-ть сушарки, сезонна	т/50діб	23604	47207	63794	9979	16631	14512	15367
Питомі витрати газу	м³/1т%	1,78	1,78	1,6	1,25	1,22	1,22	1,18
скрапл. газу	л/1т%	2,28	2,28	2,05	1,60	1,56	1,56	1,51
диз.палива	кг/1т%	1,44	1,44	1,24	0,98	0,98	0,98	0,97

Продовження таблиці 5

Показники	Од.вим.	Модернізація вітчизняних			Закупівля імпортних			
		ДСП-32от	ДСП-32от х 2	ДСП-50	SD-12 Педротті	SD-20 Педротті	Farm-Fans CMS1500H	GDT200/20 /3 Riela
Витрати палива, газу	т.грн	4490	8980	12135	1292	2153	1879	1989
сезон скрапл. газу	т.грн	2015	4029	4894	598	973	849	870
диз.палива	т.грн	3620	7239	8794	1075	1748	1525	1562
Економія пального:	%	19	23	13	31,9	31,9	31,9	32,6
сезон газу	т.грн	853	2065	1578	606	1011	882	954
скрапл. газу	т.грн	383	927	636	254	447	390	442
диз.палива	т.грн	688	1665	1143	343	558	487	510
Затрати на модерніз / придбання, разом	т.грн	167	321	301	1849	2918	2189	2235
Окупність, на газу	сезон	0,44	0,35	0,47	7,29	6,53	5,62	5,06
на скрапл.газу	сезон	0,24	0,19	0,26	5,39	5,22	4,49	4,38
на диз.паливі	сезон	0,20	0,16	0,19	3,05	2,89	2,48	2,34

Отже, за критерієм розміру одноразових затрат та періоду їх окупності найбільш ***економічно доцільним напрямком заощадження теплоносіїв є удосконалення технології сушіння і конструкції шахтних сушарок вітчизняного виробництва***. Із табл. 5 видно, що затрати на модернізацію сушарок в 5...9 разів швидше окупляться від затрат на їх заміну імпортними.

Очевидним є те, що ці елементи модернізації сушарок якісніше та дешевше реалізувати в більш пристосованих для цього заводських умовах на етапі їх виготовлення. Проте більшість із них обмежено співпрацюють із науковцями і проблеми енергоємності вітчизняних зерносушарок вирішують налагодженням виробництва іноземних аналогів, що на нашу думку є стратегічно невиправданим. Лише Одеський машинобудівельний завод НПО «ЗЕО» активно працює над вдосконаленням вітчизняних зерносушарок і уже освоїв їх кілька модифікацій, налагодив серійне виробництво вдосконалених конструкції тепло-вологообмінних камер.

На завершення цієї публікації ми сподіваємося, що змогли переконати керівників заготівельних підприємств та машинобудівельних підприємств в економічній доцільності модернізації існуючих зерносушарок та виготовляти вітчизняні високопродуктивні і низькоенергоємні модифікації шахтних зерносушильних агрегатів.







Література

1. Бурдо О.Г. Енергетика харчових нанотехнологій // Наукові праці ОДАХТ, 2003. – № 27– С.192–98
2. Гапонюк І.І. Удосконалення технології сушіння зерна. [Монографія]–Одеса.: Поліграф, 2009.–82с..
3. Жидко В.И. Зерносушение и зерносушилки / В.И. Жидко, В.А. Резчиков, В.С. Уколов – М.: Колос, 1982. – 239 с.
4. Малин Н.И. Энергосберегающая сушка зерна. – М.: КолоСС, 2004. – 240 с.
5. Остапчук Н.В. Основы математического моделирования процессов пищевых производств: [Уч. пособие.]// – К.: Вища шк. – 1991. – 367 с.
6. Станкевич Г.М. Современная сушка семян подсолнечника – залог их качества и сохранности // Олійно-жировий комплекс, № 2, 2003. – С. 25–28.

УДК 664.743.02:519.876.5

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВА ІНТЕСИФІКАЦІЯ СЕПАРУВАННЯ ЗЕРНОВОЇ СУМІШІ ПІДВИЩЕНОЇ ВОЛОГОСТІ

Гапонюк І.І., к.т.н., доцент, Шаповаленко О.І., д.т.н., професор
Національний університет харчових технологій, м. Київ

Наведено аналіз сучасного стану очищення зерна від різноманітних домішок та технологічні рішення цього питання, зазначено методи інтенсифікації сепарування та проблемні питання з очищенням зернової суміші підвищеного вологовмісту, досліджено вплив наявності механічно-зв'язаної вологи та підвищеного вологовмісту поверхневих шарів частинок зернової суміші на її подільність, обґрунтовано спосіб та режими підвищення сипкості компонентів зернової суміші зміненням вологовмісту поверхневих шарів частинок домішок цієї суміші меншої натурної маси від зерна.

Analysis of the contemporary state of removal of different admixtures from grain and technological resolutions of this question is given, methods of cleaning and intensification of separation and problematic questions of cleaning the grain mixture of the increased moisture content are indicated, is investigated the influence of the presence of the mechanically- connected moisture and increased moisture content of the surface layers of the particles of grain mixture on its divisibility, is substantiated method and regimes of an increase in the friability of the components of grain mixture by a change in the moisture content of the surface layers of the particles of this mixture of smaller full-scale mass than grain.

The keywords: storage of grain, grain, the admixture of grain, moisture, separation, effectiveness
Ключові слова: зберігання зерна, домішки зерна, волога, сепарування, сипкість, ефективність.

Для доведення показників якості зерна зібраного урожаю до базисних кондицій, зерно перед розміщенням його на зберігання згідно Правил [7] обов'язково очищають від сміттєвої, зернової та інших до-

мішок на зерноочисних машинах. Вологе та сире зерно також підлягає очищенню на сепараторах перед його сушінням [7]. Слід відмітити, що додаткове очищення зерна до вимог переробної галузі (мукомельної та круп'яної промисловості), експорту та інших цілей здійснюють уже в процесі зберігання або підготовки партії однорідного зерна до відвантаження. Це дозволяє зменшити навантаження на зерноочисне устаткування зернозаготівельного підприємства.

В зарубіжній зернозаготівельній практиці технологія післязбиральної підробки зерна подібна вітчизняній [10, 11, 13]. Для зменшення навантаження на сепаратори застосовують прогресивну агротехнологію забезпечення високої однорідності вирощуваної культури, використовують високопродуктивні зернозбиральні комбайни із високим ступенем очищення зібраного урожаю в полі та високопродуктивне зерноочисне устаткування із попереднім очищенням зерна на пневмоситових скальператорах [2, 4, 5, 10 – 13]. Питоме навантаження на ситову поверхню сепараторів провідних іноземних компаній складає близько 6,2 – 7 т/м^2 за годину, витрати повітря на аспірацію обладнання – подібно вітчизняним сепараторам.

Питанням процесу фракціонування зернової суміші (*ЗС*) на зерноочисних сепараторах присвячено багато досліджень вітчизняних та зарубіжних науковців [2, 4, 5, 10 – 13]. Для фракціонування застосовують різноманітні способи засновані на подільності ЗС. Проте процеси вібросепарування займають пріоритетне місце у практичній діяльності від застосування вібросепараторів на зернозбиральних комбайнах, до їх використання на зернозаготівельних та переробних підприємствах [4, 5, 10, 10 – 13].

Нарощування ємностей зернозаготівельних підприємств, поряд із обмеженими можливостями збільшення площ виробничих приміщень для додаткового розташування технологічного обладнання, обумовлює необхідність збільшувати продуктивність цього обладнання без погіршення якісних показників його роботи. Цю задачу вирішують збільшенням площі робочої поверхні очисної машини, прискоренням процесу самосортування компонентів *ЗС* або зміною фізичних властивостей *ЗС* чи окремих її компонентів. Проте практичне застосування першого принципу обмежено розмірами виробничих приміщень та обслуговування великогабаритного устаткування, другого – зменшенням ефективності очищення ЗС. Застосування третього, змінення фізичних властивостей ЗС чи окремих її компонентів, не застосовують із-за недостатності наукових досліджень.

Дослідженнями А.С.Сергєєва, В.М.Соловйова, Г.Н.Павлихіна процесів сепарування та факторів впливу на ефективність роботи сепараторів встановлено оптимальну швидкість переміщення *ЗС*, що знаходиться між зонами перенавантаження та недовантаження сепаратора [12]. Значення оптимальної швидкості різних культур різне. Перевищення фактичної швидкості переміщення *ЗС* від оптимальної пов'язано із збільшенням продуктивності сепаратора із одночасним погіршенням подільності ЗС.

В своїх експериментальних дослідженнях Х.А.Ксіфілінова встановила оптимальну швидкість переміщення для олійних культур в межах $v_{зс} \approx 0{,}17$ м/с. Проте такий підхід до встановлення оптимальних параметрів роботи сепаратора по навантаженню на ситову поверхню сепаратора видається дещо сумнівним. Оскільки за однакової швидкості переміщення ЗС різної вологості, наявності міжфазової взаємодії при переміщенні по ситовій поверхні, перемінних параметрів течії газів, змінення засміченості ЗС по мірі переміщення по ситовій поверхні, тощо ефективність очищення може бути різною.

Фактор впливу перемінного вмісту домішок в *ЗС* по мірі переміщення по ситовій поверхні враховано в розробці Ю.І.Баженова збільшенням кута напрямку коливань сита. Для цього автор рекомендує виготовляти сито зміненої кривизни. Проте і таке рішення не в повній мірі придатне для сепарування *ЗС* різного співвідношення домішок.

Вплив течії повітря на середню швидкість переміщення *ЗС* по ситам досліджував А.І.Любімов. Для сит із круглими отворами ним встановлено межову швидкість течії 5 м/с. За більших значень швидкості течії повітря перешкоджає просіюванню зерна крізь сито. На нашу думку межову швидкість було б доцільніше пов'язувати із фактичною швидкістю течії крізь отвори сита із врахуванням фіктивних розмірі отворів та істинних, із урахуванням переміщення зернової

В сучасних дослідженнях вітчизняних і зарубіжних науковців встановлено, що подальша інтенсифікація процесів вібросепарування *ЗС* удосконаленням відмічених режимних параметрів і вже вичерпана [1, 11, 12]. Тому Л.М.Гросулом, Б.І.Котовим, М.І.Волошиним [1] та іншими визначено, як окремий напрямок інтенсифікації вібраційного сепарування, диференційовано встановлені режимні параметри сепараторів, що ґрунтуються на особливостях густини і розмірів зернин.

Згодом Л.М.Тіщенковим, Д.І.Мазоренком, В.Ф.Рідним та іншими [12] обґрунтовано вплив конструктивних параметрів сито-очисних пристроїв на інтенсивність сепарування. Проте в дослідженнях зазначених науковців та інших відомих нам публікаціях, не розглянуто вплив параметрів газових потоків на вологовміст поверхневих шарів частинок *ЗС*, переміни їх структурно-механічних властивостей та диференційованого управління цими показниками компонентів заданими параметрами робочих газів сепаруючого агрегату.

Особливий інтерес являють дослідження впливу міжфазової взаємодії на інтенсифікацію вібраційного сепарування *ЗС* відокремленням домішок меншої натурної маси (*ДМН*) вологої та надміру вологої *ЗС*. Актуальність цих досліджень підтверджена виробничими складнощами очищення вологої *ЗС* від *ДМН*, впливу вмісту цих домішок на стабільність та пожежовибухобезпечність швидкісного зневоднення *ЗС*, а також стан забруднення довкілля цими домішками довкілля при охолодженні зневодненої *ЗС* та розміщенні її в ємностях на зберігання або при транспортуванні.

Тому, на нашу думку, заданим зміненням вологовмісту поверхневих шарів частинок компонентів ЗС (особливо *ДМН*) можна підвищити сипкість та прискорити фракціонування вологої ЗС вібро-аеродинамічним способом. Це завдання можна здійснити короткотривалим конвективним тепломасообміном диференційовано-встановленими параметрами течії робочих газів з рухомим шаром вологої *ЗС* із подальшим її вібраційним сепаруванням. Аргументуємо цю думку на нижче наведеному аналізі роботи ситових сепараторів.

Відомо, що найбільшого застосування у вітчизняній та зарубіжній практиці отримали дві групи машин: очищення зернової за геометричними розмірами (ситові сепаратори) та аеродинамічними показниками (аспіратори) її компонентів.

Із умови переміщення *ЗС* в сепараторах, сили інерції (P_i) повинні перевищувати сили зчеплення частинок зернової суміші ($f \cdot G$) із рухомою ситовою поверхнею ($P_i > f \cdot G$). За умов нерівномірного переміщення ситової поверхні із деяким прискоренням α, умови руху частинки масою m по ситовій поверхні будуть визначатися співвідношенням прискоренням сита та кутом його нахилу, з одного боку, та коефіцієнту статичного (до моменту руху) f_{cm} , або динамічного (під час руху) f_∂ тертя ковзання плоских частинок [6]:

$$m \cdot \alpha > f \cdot m \cdot g, \quad \text{або} \quad \alpha > f \cdot g \tag{1}$$

Для частинок кулеподібної форми, виразивши коефіцієнт тертя-ковзання (f) через коефіцієнт тертя-гойдання (k) до радіуса частинки (r), вираз (1) набуде вигляду:

$$\alpha > \frac{k}{r} \cdot g, \tag{2}$$

Умови руху частинок (1) і (2) виписано для горизонтальної ситової поверхні.

Для нахилених ситових поверхонь з кутом нахилу α до горизонтальної проекції, частинки можуть рухатись вверх, по похилій поверхні сита, або вниз за тих же умов перевищення сил інерції над силами тертя ($P_i > f \cdot G$) із правкою на сили притискування частинки (перпендикулярна складова $P_i^{np} = P_i \cdot \sin\alpha$ та $P_G^{np} = f \cdot G \cdot \cos\alpha$) або послаблення сил тертя, у випадку переміщення частинки вниз [6]

$$P_i^{рух} > f \cdot G^{гальм} = (P_i \cdot \cos\alpha - G \cdot \sin\alpha) > f \cdot (P_i \cdot \sin\alpha + G \cdot \cos\alpha), \tag{3}$$

Для випадку переміщення частинки вниз, рушійна сила не буде послаблена додатковою притискуючою складовою сили інерції ($P_i^{np} = P_i \cdot \sin\alpha$) та сили тяжіння ($P_G^{np} = f \cdot G \cdot \sin\alpha$), а сили тертя ($f \cdot G$) будуть зменшені.

Продуктивність ситового сепаратора (Q) визначають через добуток питомого навантаження зернової суміші на 1 см ширини сита (q) на його ширину (B):

$$Q = q \cdot B, \tag{4}$$

Питоме навантаження (q) залежить від ряду конструктивних параметрів сепаратора, що забезпечують вимогу (1) та ефективність фракціонування суміші (4, 5). Для визначення (q) автори рекомендують застосовувати дослідну формулу щодо встановлення висоти шару ЗС, що рухається по поверхні сита:

$$h = \frac{q}{\upsilon_{сер} \cdot \gamma \cdot K}, \tag{5}$$

де q – питомого навантаження на 1 см ширини сита, кг/(м·с); $\upsilon_{сер}$ – середня швидкість переміщення шару *ЗС* по поверхні сита м/с; γ – об'ємна маса *ЗС,* кг/м^3; K – коефіцієнт розпушеності шару *ЗС*.

З огляду на умови переміщення шару *ЗС* (1) та продуктивності сепаратора (4, 5) із факторів впливу на продуктивність зерноочисної машини необхідно виділити коефіцієнт тертя-ковзання (f) по поверхні сита, а на продуктивність – об'ємну масу *ЗС* (γ) та коефіцієнт розпушеності шару *ЗС* (K).

Очевидно, що за незмінних параметрів зерноочисної машини та складу *ЗС*, на зазначені коефіцієнти (f, γ і K) найсуттєвіше впливають вологовміст компонентів шару зерна (W_i) та умови переміщення *ЗС*.

Зважаючи на те, що останній показник впливає в більшій мірі лише на коефіцієнт розпушеності шару *ЗС* (K) і для послаблення його впливу застосовують відомі механічні пристрої.

Слід відмітити, що на коефіцієнти (f і K) впливає в більшій мірі вологість поверхневих шарів частинок компонентів ЗС, а вологість внутрішніх шарів лише на коефіцієнт (γ) і в меншій мірі–на коефіцієнт K

Що стосується сепарування ЗС за ознакою відмінностей аеродинамічних показників окремих її компонентів, то судячи із аеродинамічного балансу сил (форм. 6), вміст вологи компонентів ЗС начебто не повинен суттєво впливати на показники процесу аеросепарації за виключенням компонентів із значною залежністю їх густини (ρ) від вологовмісту (d) [6]:

$$G - R = m \cdot g - \xi \cdot F \cdot \frac{\rho_{г.п} \cdot \upsilon_{г.п.}^{2}}{2} > (<) 0, \qquad (6)$$

де G і R – протидіючі сили тяжіння частинки та динамічного потоку газів; m і F – маса (кг) та площа проекції зернинки на площину, нормальну до вектора відносної її швидкості, або міделевий перетин (м^2), $\rho_{г.п.}$ і $\upsilon_{г.п.}$ – густина (кг/м^3) та швидкість (м/с) газового потоку; ξ – коефіцієнт аеродинамічного опору зернинки газовому потоку.

На нашу думку, виключенням із цього правила можуть бути випадки із наявністю механічно-зв'язаної вологи, що перебуває в рідкому стані на поверхні частинок компонентів ЗС і суттєво погіршує її сипкість та однорідність.

Оскільки в практичній діяльності такі випадки часто зустрічаються, особливо при заготівлі пізніх зернових культур, тому аеросепарування такої *ЗС* без попередньої її підготовки є неефективним.

Низька ефективність процесу аеросепарування, в свою чергу спричиняє низьку ефективність та малу продуктивність ситового сепарування.

Отже і на показники процесу аеросепарування великий вплив має наявність механічно-зв'язаної вологи та підвищений вологовміст поверхневих шарів частинок ЗС. Вирішення цієї проблеми, на нашу думку, в зневодненні компонентів ЗС. Проте з огляду на значну енергоємність процесу зневоднення, з одного боку, та впливу на сипкість компонентів *ЗС* лише вологості поверхневих шарів частинок цієї *ЗС*, тому доцільно покращувати сипкість *ЗС* сушінням лише поверхневих шарів частинок компонентів.

Ще одним додатковим аргументом на підтвердження цієї тези є результати досліджень впливу різноманітних інтенсифікаторів на ефективність сепарування *ЗС*. Своїми експериментальними дослідженнями Л.І.Гросула та Л.М. Тищенко [1, 12] довели, що зазначені інтенсифікатори (динамічні, поверхневі та об'ємні), збуджуючи шар *ЗС*, підвищують пропускну спроможність сепаратора. Проте підвищення продуктивності сепаратора супроводжується відносним збільшенням сходової фракції *ЗС* та зміною висоти шару переміщаємої *ЗС* по ситовій поверхні особливо при застосуванні стрічково-хвилеподібних об'ємних інтенсифікаторів [12]. Зміщення рівноваги розподілу енергії шару зерна до периферійних частин сита та частки сходової фракції супроводжується погіршенням подільності суміші.

Нижче розглянемо особливості масо- та тепломасообміну для задач зменшення вологовмісту лише поверхневих шарів частинок *ЗС* для розв'язання задач виділення життєво активних домішок зерна (покращення показників процесу фракціонування) та сушіння всієї зернини (зменшення енергоємності сушіння) для задач приведення зерна в стійкий стан його зберігання.

Кінетичні рівняння Фоккера-Планка розподілу густини частинок в системі координат $f(t,\vec{r})$ ($\int f(t,\vec{p}) \cdot d\vec{r} = N(t)$) із умовами відповідності рівнянню неперервності [6]:

$$\left(\frac{\partial f}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{P}(t,\vec{p})) = \psi(t,\vec{r})\right) \qquad (7)$$

та рівняння Больцмана [1, 6] функції описання просторового розподілу частинок по імпульсам :

$$\left(\frac{\partial f(\vec{p},t)}{\partial t} = \int [W(\vec{p},\vec{p}')f(\vec{p}',t) - W(\vec{p}',\vec{p})f(\vec{p},t)]d^3\vec{p}'\right) \qquad (8)$$

є найбільш прийнятними для описання подільності двокомпонентної *ЗС* в розрідженому (псевдозрідженому) стані предмету досліджень цієї роботи з виділення домішок меншої натурної маси (*ДМН*) від зерна основної культури.

Де $N(t)$ – число частинок в системі у момент часу t; $\vec{P}(t,\vec{p})$ - потік ЗС в системі в момент часу t; $\psi(t,\vec{r})$ - функція зовнішніх джерел та пошарового потоку зерна; $f(p,\vec{r})$ - імпульси частинок ЗС із масою m; $W(\vec{p},\vec{p}')$ - вірогідність переходу частинки від імпульсу $\vec{p}$ до $\vec{p}'$ впродовж часу t.

Дослідження проводили на лабораторному ситовому сепараторі (ЗЛС) та тепловологообмінній камері із зразками *ЗС* найважче відокремлюваними та найпоширенішими біологічними сміттєвими домішками зерна зернових культур *ДМН*. Сипкість *ДМН* та зерна оцінювали по коефіцієнтам внутрішнього та зовнішнього тертя.

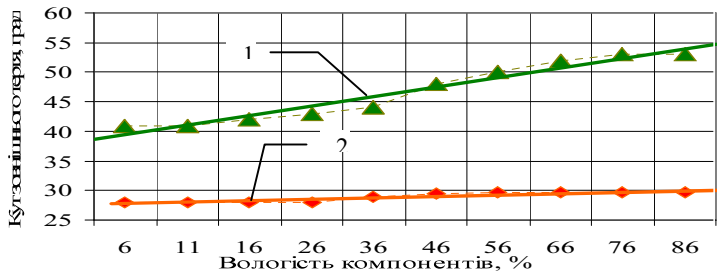


Рис.1 – Залежність кута зовнішнього тертя компонентів зернової суміші від їх вологовмісту: 1 – *ДМН*; 2 – зерна пшениці

На рис. 1 та табл. 1 і 2 наведено результати досліджень впливу вологості *ДМН* на кут зовнішнього та внутрішнього тертя. Наведені результати досліджень (табл.1 та рис.1) підтверджують наші припущення щодо неоднакової динаміки змін сипкості різних компонентів ЗС та порівняно більшу залежність коефіцієнтів зовнішнього тертя *ДМН* порівняно із рештою компонентів ЗС.

Таблиця 1 – Вплив вологості *ДМН* на їх сипкість

Вологість ДМН, %	Кути тертя,					
	внутріш-нього	зовнішнього (металева поверхня)				дерев'яна по-верхня (тов-щина шару 10 мм)
		товщина шару 5 мм	товщина шару 10 мм	товщина шару 20 мм	товщина шару 30 мм	
6	75	41	38	35	33	39
11	--"--	41	38	35	32	39
16	--"--	42	40	35	33	40
26	--"--	43	41	37	33	41
36	--"--	44	42	38	37	43
46	--"--	48	45	42	40	47
56	--"--	50	47	43	42	50
66	--"--	52	49	45	43	53
76	--"--	53	50	45	43	54
86	--"--	53	50	45	43	55

На підставі отриманих експериментальних даних отримано напівемпірічні рівняння залежності кута зовнішнього тертя (Ψ) ДМН (9) і зерна пшениці (10) від їх вологості (W):

$$\Psi_{ДМН} = 38{,}38+0{,}198\cdot W_{ДМН}\,, \qquad (9)$$

$$\Psi_{з} = 27{,}5+0{,}039\cdot W_{з}\,, \qquad (10)$$

Як видно із цих залежностей, сипкість *ДМН* в значно більшій мірі залежить від вологості цих часток порівняно із зерном (для даних ДМН – більш як в п'ять разів).

Таблиця 2 – Вплив вологості зерна пшениці на її сипкість

Показники	Значення					
вологість, %	13	18	23	28	32	37
температура, °С	15	15	15	15	15	15
зовнішнього (по дереву)	28	28	28	29	29	31
зовнішнього (по металу)	28	28	28	29	29	30

Примітки: для зерна пшениці 5кл., натура при вологості 13 % становить 752 г/л,

Задача другої групи досліджень зводилась до встановлення впливу вологовмісту компонентів *ЗС* на продуктивність та ефективність сепарування.

Результати впливу вологості поверхневих шарів компонентів *ЗС* на її подільність та продуктивність викладено на рис. 2 та табл. 3.

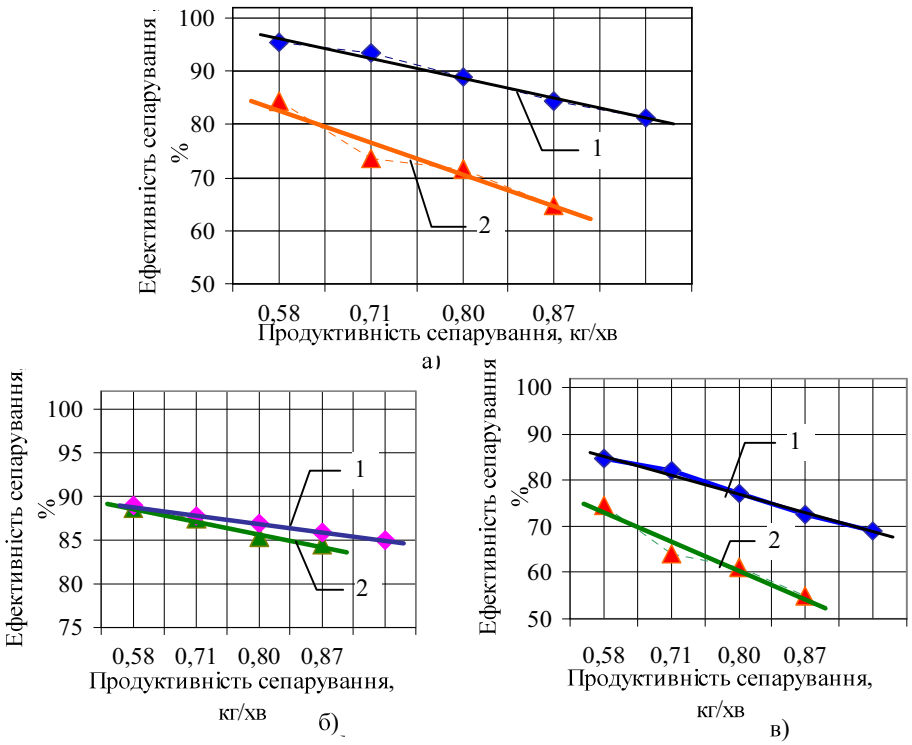
Тривалість сепарування *ЗС* (тривалість перебування *ЗС* на ситовій поверхні) змінювали продуктивністю сепаратора різною товщиною шару *ЗС*

Таблиця 3 – Вплив продуктивності сепарування на ефективність подільності ЗС

Параметри зерна		Параметри ДМН		Продуктивність сепаратора, кг/хв	Ефективність очищення по вмісту, %		
зразок	W, %	Wδ, %	δо, %		домішок в зерні	зерна в домішках	узагальнений
1	28,8	29	6,0	0,58	89	84	75
2				0,71	87	74	64
3				0,80	85	72	61
4				0,87	84	65	55
1	24,2	24	5,0	0,64	89	95	85
2				0,68	88	93	82
3				0,71	87	89	77
4				0,75	86	84	72
5				0,79	85	81	69

Примітки: відносна вологість повітря в приміщенні, 57%, температура повітря 23,5 ºС, температура зерна 22 ºС.

На рис.3 і 4 та табл.. 4 представлено результати цих досліджень з ефективності сепарування контрольного та дослідного зразків суміші зерна пшениці і домішок меншої натурної маси (*ДМН*)



1) – не оброблена ЗС; 2) – оброблена поверхня частинок ЗС .

Рис. 3 – Вплив продуктивності сепарування ЗС вологістю 28 % на ефективність її подільності по а) вмісту *ДМН* в ЗС, б) вмісту зерна в домішках та в) узагальненій

Приймаючи до уваги значний вплив вологості ЗС на продуктивність та ефективність сепарування, були виконані експериментальні дослідження із підтвердження теоретичних

положень щодо впливу лише поверхневих шарів частинок компонентів ЗС на її подільність (рис. 4).

Подальшою групою досліджень було підтверджено теоретичні положення щодо несуттєвого впливу вологості більш віддалених від поверхневих шарів частинок ЗС. Оскільки продуктивність, як показник, що характеризує тривалість процесу сепарування, знаходиться в зворотній залежності від ефективності

сепарування, тому, на нашу думку, доцільно застосовувати комплексний показник ефективності сепаратора, як добуток його фактичної продуктивності на фактичну узагальнену ефективність процесу сепарування. Цей показник, є індивідуальним для кожної конструкції сепаратора, є відносним показником, що характеризує ефективність процесу сепарування, та застосовується для порівняння із паспортними параметрами процесу сепарування. Результати дослідженьвпливу вологості поверхневих шарів частинок ЗС на ефективність сепарування представлено на рис. 5 та в табл..5. Вологість поверхневих шарів цих частинок змінювали тривалістю конвективного тепло-масообміну та параметрами робочих газів. Для рухомого шару зерна за умов короткотривалої міжфазової взаємодії вологість поверхневих шарів різних компонентів, залежно від вологовмісту та параметрів тепловологообміну, може відрізнятися на 5 – 10 %. Крім змінення сипкості компонентів ЗС, із зміненням їх вологовмісту може змінюватися їх фізичні властивості, що впливають на ділимість суміші. Для забезпечення умов відмінності вологовмісту поверхневих шарів компонентів ЗС було застосовано спосіб короткотривалого міжфазового тепловологообміну робочими газами підігрітими до 120 °С впродовж $\tau = 5 – 10$ с.

Виходячи з вище викладеного, в дослідах залежності продуктивності ситового сепаратора від вологовмісту периферійних шарів частинок компонентів ЗС прийнято різну їх вологість. При підготовці *ЗС* для її фракціонування на ситовому сепараторі, вологість *ДМН* ($W_{ДМН}$) було прийнято рівній вологості зерна основної культури ($W^0_{ДМН} \approx W^0_{зерна}$). Зважаючи на більшу інтенсивність конвективного вологообміну *ДМН*. Швидкість зневоднення *ДМН*:

$$\frac{\partial W_{ДМ}}{d\tau} = (1{,}4 - 1{,}6) \cdot \frac{\partial W_{зерн}}{d\tau}), \qquad (11)$$

їх вологість по завершенню конвективного тепловологообміну ДМН до 2 – 3 % відрізнялася від вологості зерна ($W^1_{ДМН} \approx W^1_{зерна} + (1 – 3)\%$).

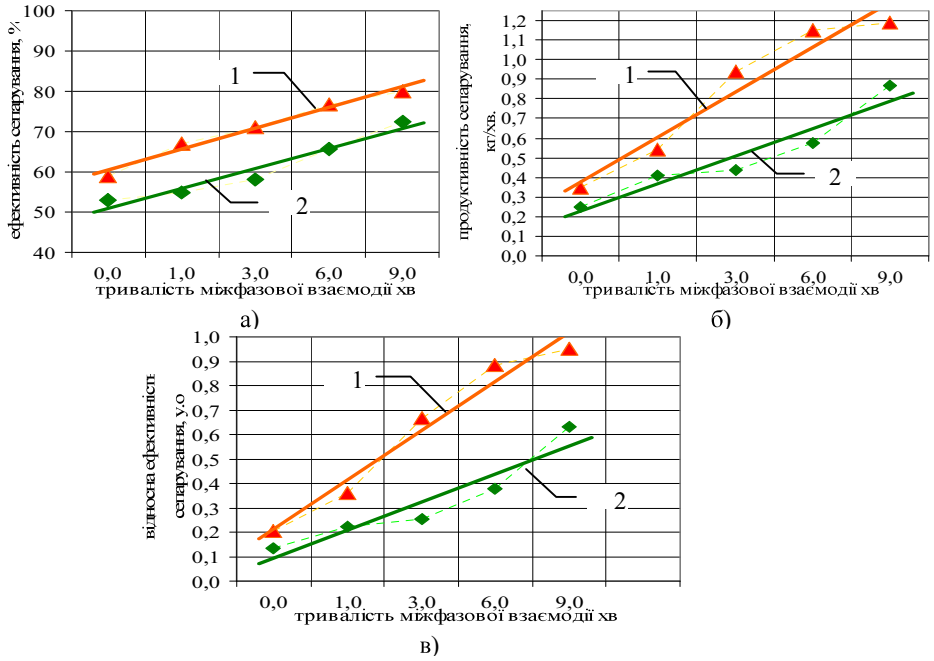


Рис. 5 – Вплив тривалості міжфазової взаємодії на а) – ефективність сепарування, б) – продуктивність сепарування та в) – відносну ефективність сепарування:

1 – дослідний зразок ЗС; 2 – контрольний зразок ЗС.

Таблиця 4 – Вплив вологості поверхневих шарів компонентів ЗС на її подільність та продуктивність

Зерно пшениці			Параметри газів			Параметри *ДМН*				Продуктивність, кг/хв	Ефективність очищення по вмісту, %		
зразок	Wo, %	W1, %	швидкість, м/с	температура, *t* °С	тривалість взаємодії, с	W_1, %	δ_0, %	вміст домішок			ДМШ в зерні	зерна в домішках	узагальнено
								δ_3,%	δ_1, %				
контрольний	12,8	12,8	--	--	--	13,0	6,5	0,0	6,1	0,53	94,9	100,0	95
	17,8	17,8				18,0	6,5	1,6	6,0	0,42	92,3	98,2	91
	22,8	22,8				23,0	6,5	19,2	4,9	0,38	81,0	79,5	61
	27,8	27,8				28,0	6,5	27,5	4,8	0,26	82,1	70,8	58
	32,8	32,8				33,0	5,2	34,8	4,6	0,26	88,7	63,3	56
дослідний	12,8	12,7	0,1	75	60	12,8	6,5	0,0	6,2	0,54	96,2	100,0	96
	17,8	17,4				17,4	6,5	1,9	6,0	0,52	92,6	98,9	92
	22,8	22,4				22,6	6,5	4,0	5,1	0,51	83,2	95,7	80
	27,8	27,5				27,7	6,5	26,1	4,8	0,32	82,1	72,3	59
	32,8	32,4				33,0	5,3	31,5	4,6	0,30	86,6	66,7	58

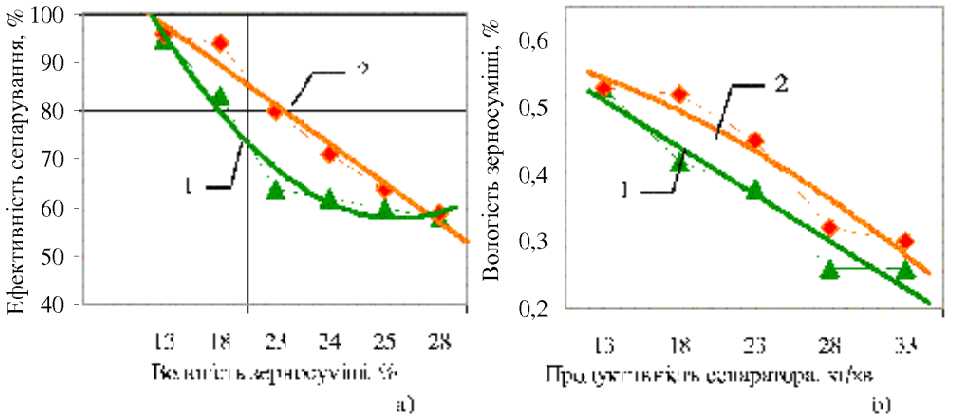


Рис. 2. Вплив вологості поверхневих шарів компонентів зернової суміші на а) ефектив-ність подільності та б) продуктивність сепарування:
1 – контрольного та 2 – дослідного зразків суміші зерно і ДМШ.

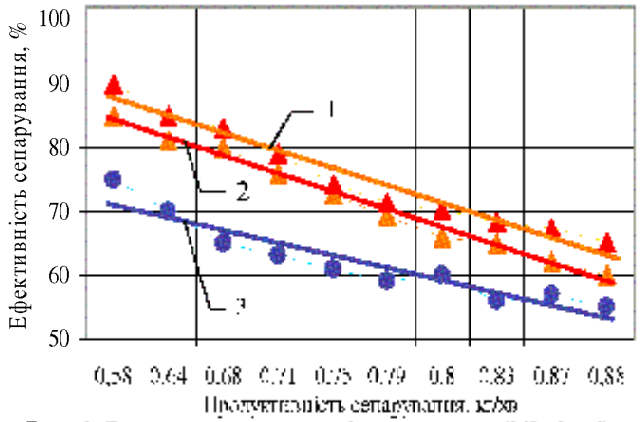


Рис. 4. Вплив продуктивності сепарування ЗС різної вологості на його ефективність:
1)–вологість суміші W_1^1 =14 :2) W_0^2 =24%;3) W_0^3 =28%

Висновки

1. Сипкість домішок *ЗС* меншої натурної маси (*ДМН*) більшою мірою та зерна меншою прямо пов'язана з їх вологістю. На коефіцієнт зовнішнього тертя значною мірою впливає вологість лише периферійних шарів компонентів ЗС. Вологовміст периферійних шарів частинок *ДМН* змінюється кілька кратно швидше від зернин.

2. При короткотривалій міжфазовій взаємодії вологовміст поверхневих шарів різних компонентів *ЗС* змінюється неоднаково: вологість *ДМН* змінюється швидше від вологості зерна в 1,3 – 16 разів порівняно із зерном пшениці. Зі збільшенням початкової вологості *ЗС* швидкість зневоднення ДМН більше перевищує швидкість зневоднення зерна, при меншій – менше.

3. Отримано напівемпіричні рівняння залежності продуктивності та ефективності сепарування суміші зерна та *ДМН* від їх вологості на ситовому сепараторі. В діапазоні зростання вологості ЗС пшениці і *ДМН* (δ = 6%) W_0 = 13 – 33 %, продуктивність процесу сепарування зменшується більш як вдвічі, а ефективність сепарування – на 30% і змінюється по лінійній залежності: $G = -0{,}0095 \cdot (\partial W / d\tau) + 0{,}58$.

4. Зміною вологості лише поверхневих шарів частинок зернової суміші суттєво зростає продуктивність (до 45%) та ефективність (до 25%) процесу сепарування.

5. Конвективний спосіб є найбільш доцільним для зневоднення периферійних шарів частинок ДМН. Теоретично та практично обґрунтованими є такі параметри робочих газів: t_0= 110 – 140 ºС, v = 0,4 – 0,9 м/с. На лабораторній установці підтверджено раціональні параметри робочих газів для зневоднення периферійних шарів частинок ДМН.

Література

1. Гросул Л.Г. Механіко-технологічні основи процесів та агрегатного устаткування для виробництва круп// Автореф. дис. доктора техн. наук – Одеса, ОДАХТ, 2002, – 37с.
2. Домарецький В.Н. Технологія харчових продуктів: [Підручник] / В.Н.Домарецький, М.В.Остапчук, А.І.Українець – К.: НУХТ. – 2003. – 572с.
3. Жидко В.И. Зерносушение и зерносушилки / В.И.Жидко, В.А. Резчиков, В.С. Уколов. М.: – 1982. – 329 с.
4. Малин Н.И. Теоретические основы технологических процессов // Хранение и переработка зерна / Н.И. Малин, Т.И. Веселовская – М.: Хлебопродинформ, 2001. – 100 с.
5. Мельник Б.Е. Технология приемки, хранения и переработки зерна / Б.Е.Мельник, В.Б.Лебедев, Г.Л.Винников – М:Агропромиздат,1990.– 367 с.
6. Остапчук Н.В. Основы математического моделирования процессов пищевых производств: [Уч. пособие.]// – К.: Вища шк. – 1991. – 367 с.
7. Правила по организации и ведению технологического процесса на элеваторах. – М.: Министерства заготовок СССР, 1972. – 49 с.
8. Пунков С.П. Элеваторно-складская промышленность. Учебное пособие для студ. вузов/ С.П.Пунков, А.И.Стародубцева// – М.:Колос, 1980. – 256 с.
9. Трисвятский Л.А. Хранение зерна. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат. – 1985. – 351 с.
10. Элеваторная промышленность за рубежом/ Гусева Т.Н. (Воздушно-ситовые сепараторы. Модульный триерный блок. Модульная шахтная зерносушилка COMBIPLUS//– М.: ЦНИИТЭИ Минзага СССР. Хранение и переработка зерна, Вып 8, 1989. – 28 с.
11. Теслер Л.А. Элеваторная промышленность за рубежом. – М.: ЦНИИТЭИ Минзага СССР Элеваторная промышленность, 1978.
12. Тищенко Л.М. Интенсификация сепарирования зерна// – Харьков: – Основа. – 2004. – 222 с.
13. Производство, хранение и использование зерна в Канаде / Ю.П.Ковалев, Л.И.Кочетков//– М.: ЦНИИТЭИ Минзага СССР. Хранение и переработка зерна, Вып 2, 1985. – 85 с.

УДК 064.723.621.783.2-523.2

АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МИКРОВОЛНОВОЙ, КОНВЕКТИВНОЙ И КОМБИНИРОВАННОЙ СУШКИ ЗЕРНА

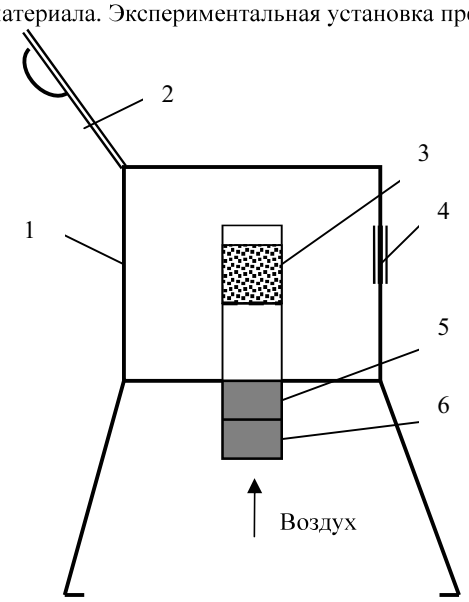
Дементьева Т.Ю., аспирантка
Одесская государственная академия холода, г. Одесса

Исследовалось влияние скорости фильтрации воздуха и его температуры на скорость сушки и удельные затраты энергии при конвективной сушке плотного слоя зернового материала (овес). При аналогичных начальных условиях (масса материала, толщина слоя, начальное влагосодержание и температуры) проведено исследование микроволновой сушки. Получено, что удельные затраты энергии при конвективной сушке практически во всех случаях выше, чем при микроволновой.

Influence of speed of a filtration of air and its temperature for speed of drying and specific expenses of energy was investigated at to convection drying of a dense bed of a grain material (oats). At analogical entry conditions (weight of a material, a thickness of a layer, an initial moisture content and temperatures) research of microwave drying is carried out. It is received that specific expenses of energy at to convection drying practically in all cases above, than at the microwave.

Ключевые слова: сушка, микроволновая, конвективная, эффективность, удельные затраты энергии.

Целью работы являлось определение энергетической эффективности конвективной, микроволновой и комбинированной сушки зерна. Подобный сравнительный анализ проводился и ранее, однако данные при различных способах теплоподвода были получены в различных условиях, на разных установках и формах ячеек [1,2]. Поэтому для получения исходных данных для сравнения и ответов на вопросы, действительно ли применение микроволнового нагрева рационально, когда и в каком соотношении целесообразно подводить микроволновую энергию, были проведены эксперименты в идентичных условиях и с одинаковой массой материала. Экспериментальная установка представлена на рис. 1.



1 – рабочая камера, 2 – дверца, 3 – экспериментальная ячейка с материалом для исследований, 4 – область ввода в камеру микроволновой энергии, 5 – нагреватель, 6 - вентилятор

Рис. 1 – Схема установки для исследования кинетики сушки зерновых материалов при микроволновом и конвективном нагреве

В качестве материала для исследований был выбран овес. Во всех опытах его масса составляла 100 г, а начальное влагосодержание $u_0 = idem = 0{,}2$. Установка позволяла регулировать температуру воз-

духа при помощи нагревателя 5 и расход с помощью шибера, установленного перед вентилятором 6. Для исследования конвективной сушки были проведены три серии экспериментов. Это позволило определить оптимальные условия для конвективной сушки и по ним проводить сравнение. В первой серии исследовалось влияние температуры воздуха на интенсивность сушки и удельные (в расчете на единицу испаренной влаги) энергозатраты при постоянном расходе $G_{возд} = idem$ и при одинаковой длительности $\tau = idem = 180$ с. По истечении заданного времени ячейка быстро изымалась, взвешивалась, и термопарами измерялась температура слоя в трех точках, которые затем усреднялись. По полученным данным рассчитывалось конечное влагосодержание $u_к$, средняя скорость сушки N и удельные энергозатраты Q по зависимости

$$Q = \left(P_{нагр} + P_{вент}\right) / \Delta m \tag{1}$$

Здесь: $P_{нагр} = Gc_p\Delta t$ - мощность нагревателя, Вт; G - расход воздуха, c_p - его теплоемкость, $\Delta t = t_к - t_o$ - изменение температуры воздуха от начальной t_o до конечной $t_к$, $P_{вент}$ - мощность вентилятора, m - масса испарившейся влаги.

Для расчета мощности вентилятора используется зависимость

$$N_{пол} = \frac{G \cdot \Delta P}{\rho \cdot \eta_в \cdot \eta_{движ}} \tag{2}$$

Аэродинамическое сопротивление слоя ΔP можно рассчитать по формуле:

$$\Delta p = f_э \frac{\rho_г w_ф^2}{2} \frac{a_{уд}}{\varepsilon^3} \delta \text{ Па} \tag{3}$$

где $w_ф$ - скорость фильтрации, $f_э$ - эквивалентный коэффициент сопротивления слоя

$$f_э = \frac{8}{Re_э} æ + æ_{ин}$$

Коэффициенты частиц можно считать равными æ =4,55; $æ_{ин}$ = 0.45, а эквивалентное число Рейнольдса

$$Re_э = \frac{4w_ф}{a_{уд}\nu_2}$$

Для анализа результатов также имеет значение величина полезных затрат, рассчитываемая по зависимости

$$Q_п = (\overline{M}c_p\Delta t + \Delta m \cdot r) / (\tau \cdot \Delta m) \tag{4}$$

Здесь: $\overline{M}$ - средняя (по начальным и конечным значениям) масса зерна, c_p - его теплоемкость, $\Delta t = t_{кз} - t_{оз}$ - изменение температуры зерна от начальной $t_{оз}$ до конечной $t_{кз}$.

Полученные результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Исследование влияния температуры воздуха на скорость сушки и удельные энергозатраты

(масса материала $m = 100$ г; расход $G_{возд} = 0{,}0118$ кг/с; время сушки $\tau = 180$ с; средняя скорость воздуха $w = 1{,}5$ м/с; начальная температура зерна $t_o = 20$ °С)

	$t_{воз}$	$m_к$, г	Δm, г	$u_к$	N, $с^{-1}$	$\bar{t}_{зерна}$	Q, Дж/кг
1	120	93,83	6,17	0,126	0,00041	77	$3.482*10^7$
2	100	96,1	3,9	0,153	0,00026	51	$4.414*10^7$
3	70	96,77	3,23	0,161	0,00022	47	$3.347*10^7$
4	64	96,8	3,2	0,1616	0,00021	46	$2.978*10^7$
5	50	97,49	2,51	0,17	0,00017	37	$2.606*10^7$

Рост температуры воздуха приводит к заметному росту скорости сушки. Удельные затраты энергии имеют максимум при температуре воздуха 100 °С. Минимальное значение было получено для 50 °С, что объясняется меньшими затратами энергии на нагрев зерна. Однако при этом скорость сушки была самая низкая в этой серии опытов.

Во второй серии опытов расход воздуха был переменным $G_{возд} = var$, его температура была постоянна $t_{возд} = idem = 70$. Длительность сушки, как и в первой серии, оставляла 180 с. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Исследование влияния расхода воздуха на скорость сушки и удельные энергозатраты
(масса материала $m = 100$ г; начальная температура зерна $t_o = 20\,^{o}$C;
1 – скорость воздуха в воздуховоде 1,5 м/с, 2 – 1 м/с, 3 – 0,3 м/с)

	$G_{возд}$, кг/с	$m_к$, г	Δm, г	$u_к$	N, с$^{-1}$	$t_{зерна}$	Q, Дж	$Q_п$, Дж
1	0,0118	96,69	3,31	0,16	0,00022	47	$3.266*10^{7}$	$4.175*10^{6}$
2	0,00785	97,32	2,68	0,169	0,00017	48	$2.666*10^{7}$	$4.678*10^{6}$
3	0,002355	97,63	2,37	0,172	0,000155	48	$8.996*10^{6}$	$4.979*10^{6}$

Обращает на себя внимание то, что удельные затраты энергии растут с увеличением расхода (более чем в три раза), а удельные полезные затраты изменяются мало. При этом скорость сушки при увеличении расхода от 0,002355 кг/с до 0,0118 кг/с увеличилась в 1,4 раза. Снижение расхода приводит к снижению скорости сушки. Кривые удельных затрат энергии и скорости сушки представлены на рис. 2.

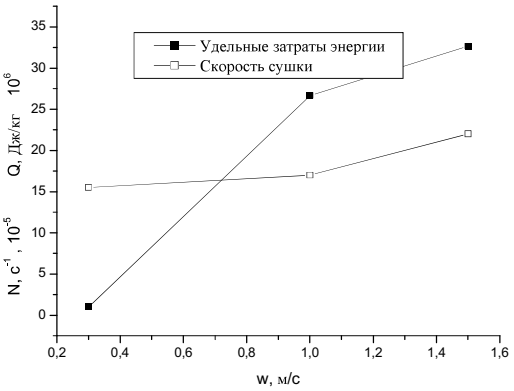


Рис. 2 – Зависимость скорости сушки и удельных затрат энергии от скорости фильтрации

Проводилось исследование кинетики сушки при продувке слоя (масса 100 г) воздухом со скоростью фильтрации 1 м/с и при разных температурах (70 и 50 ^{o}C). На рис 3 приведены зависимости удельных затрат энергии от длительности сушки при температуре воздуха 70 и 50 ^{o}C. Видно, что кривые затрат энергии при заданных температурах практически повторяют друг друга. Скорость сушки, рассчитанная по точкам с интервалом 60 с, меняется нерегулярно, при этом средняя за период при $t_{возд} = 70\ ^{o}$C составляла $\overline{N} = 0{,}00021$ с$^{-1}$, а при $t_{возд} = 50\ ^{o}$C составляла $\overline{N} = 0{,}00016$ с$^{-1}$.

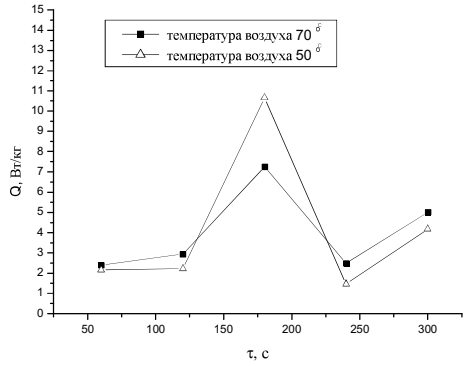


Рис. 3 – Зависимости удельных затрат энергии от времени сушки при различных температурах воздуха

Микроволновая сушка проводилась при мощности магнетрона 600 Вт. Длительность составляла 180 с. Результаты приведены в табл. 3. Как и в предыдущих экспериментах, исследовался овес массой 100 г и с начальным влагосодержанием $u_0 = 0{,}2$.

Таблица 3 – Сушка зерна овса в микроволновом поле.

τ, с	$m_к$, г	Δm, г	$u_к$	N, с$^{-1}$	$t_{зерна}$	Q, Дж
60	98,12	1,88	0,177	0,00038	62	$7.295*10^6$
120	94,52	5,48	0,134	0,00072	72	$8.935*10^6$
180	91,21	8,72	0,095	0,00065	84	$1.198*10^7$

Теперь можно сравнить микроволновую и конвективную сушку. Удельные затраты теплоты выше при микроволновой сушке, но при этом скорость сушки также намного выше. Так, при температуре воздуха 70 ^{0}С скорость сушки составляла $N = 0{,}00022$ с$^{-1}$, а средняя скорость сушки при микроволновом нагреве $N = 0{,}00058$ с$^{-1}$. При этом следует обратить внимание, что мощность нагревателя в этом случае была близка к мощности магнетрона. Следовательно, вследствие особенностей микроволнового нагрева подводимая энергия более полно расходуется непосредственно на сушку, что и отражается в значении скорости. Удельные затраты энергии при конвективной сушке практически во всех случаях выше, чем при микроволновой.

Недостатком микроволновой сушки является сложность регулирования температуры слоя. Зерно быстро разогревается до недопустимо высокой температуры. Вследствие этого чисто микроволновую сушку проводить не рекомендуется. Предыдущие исследования [3, 4] показывают, что целесообразно проводить циклическую сушку, совмещая конвективную и микроволновую.

В настоящее время нет подтвержденных данных, какой метод теплоподвода целесообразен на заключительной стадии. В [4] отмечается, что заключительной стадией должна быть микроволновая сушка. Однако в исследуемом диапазоне влагосодержаний такая рекомендация не может быть однозначной для всех видов материалов. Следующая серия экспериментов была направлена на решение этого вопроса. Начальные условия соответствовали приведенным выше. Зерно сушилось при конвективной передаче тепла, при этом работали нагреватель и вентилятор в течение трех минут, и микроволновом нагреве в течение 20 и 15 с. Результаты приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Конвективно-микроволновая сушка в условиях различной очередности способов подвода теплоты

	$G_{возд}$	$m_к$, г	Δm, г	$u_к$	N, с$^{-1}$	$t_{зерна}$	Q, Дж
1	Конв. МВ-20 с	96,42 95,87	3,78 4,13	0,155 0,15	0,00025 0,0003	73,3	$2.808*10^7$
2	нагр+вент МВ-15 с	96,57 95,75	3,43 4,25	0,159 0,149	0,00023 0,0005	81,3	$2.817*10^7$
Очередность МВ и конвективной сушки меняется							
3	МВ-20 с нагр+вент	99,74 95,92	0,26 4,08	0,197 0,151	0,0002 0,00026	50	$2.629*10^7$
4	МВ-15 с нагр+вент	99,46 95,46	0,53 4,54	0,194 0,146	0,0003 0,00027	52,3	$2.852*10^7$

Конечное влагосодержание, как видно из таблицы, практически не зависит от очередности микроволнового и конвективного нагрева. Удельные энергозатраты в большей мере зависят от длительности микроволнового нагрева, а не от очередности его включения.

Литература

1. Календерьян В.А., Бошкова И.Л., Волгушева Н.В. Кинетика кондуктивной и кондуктивно-конвективной сушки гречихи// Наукові праці ОНАХТ. Одеса.- 2006. - № 29, т.2. – с. 17-20.
2. Волгушева Н.В. Сравнительный анализ процессов сушки при различных способах теплоподвода// Холодильна техніка і технологія.-2005.-№3(95). - С.80-82.
3. Календерьян В.А., Бошкова И.Л., Волгушева Н.В. Влияние режимных параметров на распределение температур в движущемся плотном слое дисперсного материала при микроволново-конвективной сушке// Пром. теплотехника 2010, т.32, №1. – С. 37-43
4. Волгушева Н.В. Кинетика сушки плотного слоя дисперсного материала (на примере гречихи) при различных способах подвода теплоты. Автореферат канд. дисс. Одесса, 2005. – 12с.

УДК 064.723.621.783.2

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ДАННЫХ ПО СУШКЕ ПЛОТНОГО СЛОЯ ЗЕРНОВОГО МАТЕРИАЛА

Календерьян В.А., д-р техн.наук, профессор, Бошкова И.Л., канд. техн. наук, доцент,
Волгушева Н.В., канд. техн. наук, ассистент
Одесская государственная академия холода

Проведена проверка эффективности совместной микроволновой и конвективной сушки. Получено, что при рационально организованной циклической сушке затраты энергии на килограмм испаренной влаги снижаются (в сравнении с микроволновой). Скорость микроволново-конвективной сушки всегда ниже микроволновой, но при циклической сушке решается проблема поддержания теплового режима зернового материала. Получены единые уравнения для сушки неорганических и органических дисперсных материалов в неподвижном и движущемся слое при различных способах подвода теплоты.

Check of efficiency joint microwave and convectional drying is spent. It is received that at rationally organised cyclic drying of an expense of energy on kg of the evaporated moisture decrease (in comparison with microwave). Speed microwave-convection drying always below microwave, but at cyclic drying dares a problem of maintenance of a thermal mode of a grain material. The uniform equations for drying of inorganic and organic disperse materials in a motionless and moving layer are received at various ways of a supply of warmth.

Ключевые слова: сушка, затраты энергии, температурный режим, скорость, цикличность

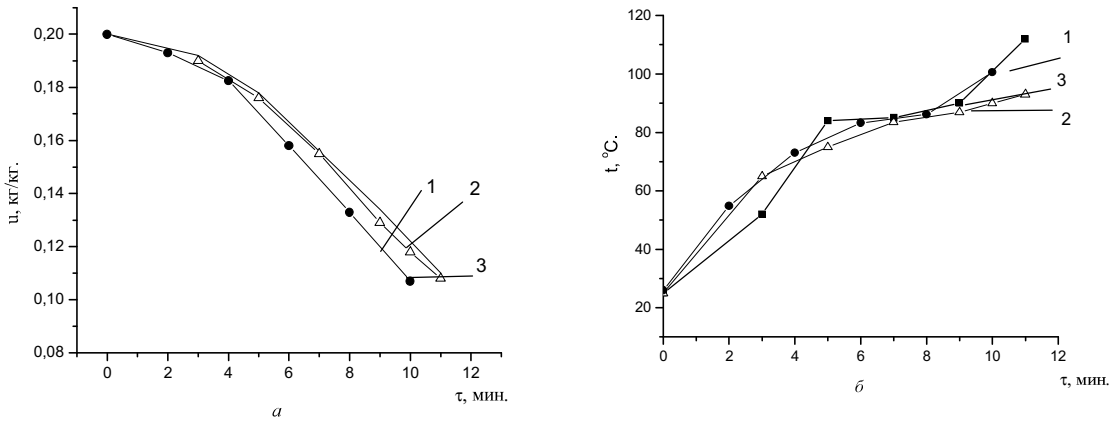
Ранее проведенные исследования кинетики сушки в микроволновом поле [2-6] подтвердили перспективность применения МВ энергии. Скорость сушки на порядок превышала скорость сушки при использовании кондуктивного и конвективного метода. На увеличение скорости сушки оказывает большое влияние увеличение подводимой мощности, однако при этом возникает опасность недопустимого перегрева материала. Также было отмечено, что происходило существенное заполнение межзернового пространства слоя влагой, что объясняется интенсивным подводом влаги к поверхности зерновок в ходе микроволнового нагрева и значительно менее интенсивным ее испарением. Чтобы избежать возникновения указанных негативных явлений, было решено проверить эффективность совместного использования микроволновой и конвективной сушки.

Для проверки совместного влияния микроволнового и конвективного подвода теплоты на кинетику процесса материал (гречиха) помещался в микроволновую камеру и непрерывно обдувался потоком воздуха. Скорость воздуха над поверхностью материала составляла 0,15 м/с, а температура 25 ^{o}С-36 ^{o}С.

Эксперименты, в которых осуществлялся подвод МВ энергии к исследуемому образцу и одновременный обдув его поверхности, показывают, что существенного ускорения процесса сушки по сравнению с чисто микроволновой не наблюдается (рис. 1). В этом случае улучшаются условия тепломассообмена только поверхности слоя с окружающей средой, в то время как при продувке воздуха сквозь слой интенсифицируется тепломассообмен внутри самого слоя. При обдуве поверхности слоя воздухом с температурой окружающей среды скорость сушки практически не изменилась, однако положительный эффект заключался в снижении температуры материала, что позволяет выдерживать необходимый технологический режим. Так, из рис. 2 б видно, что температура при МВ нагреве достигала 112 ^{o}С, обдув теплым воздухом снижал температуру до 100 ^{o}С, а воздухом без нагрева – до 92 ^{o}С. Обдув теплым воздухом привел к незначительному повышению скорости сушки. При выходной мощности магнетрона 187 Вт, массе материала 0,2 кг и толщине слоя 0,032 м скорость сушки равнялась $11{,}84 \cdot 10^{-3}$ мин^{1}, а при обдуве слоя воздухом с температурой 36 ^{o}С скорость сушки составляла $12{,}57 \cdot 10^{-3}$ мин$^{-1}$.

Сравнительная оценка затрат энергии при микроволновой и микроволново–конвективной сушке при прочих равных условиях показала, что удельный расход энергии на 1 кг испаренной влаги увеличился на 7,5% при обдуве холодным воздухом и на 36,7% при его нагреве до 36 ^{0}С.

Таким образом, в рассматриваемых условиях нецелесообразно сочетать подвод МВ энергии с обдувом поверхности слоя воздухом, т.к. это приводит к увеличению затрат электроэнергии и недостаточно интенсифицирует процесс.



а *б*

N_c=187 Вт; m=0,2 кг; l=0,032 м.

1 - подвод только МВ энергии;

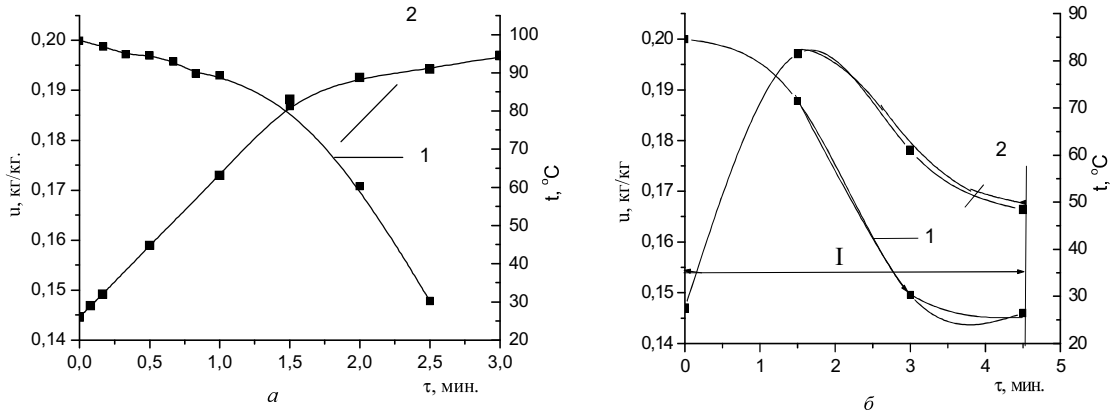
2 - подвод МВ энергии с одновременным обдувом воздухом при t=25^{0}C;

3 - подвод МВ энергии с одновременным обдувом воздухом при t=36^{0}C.

Рис. 1 – Кривые интегральных влагосодержаний (а) и температур (б)

Интенсифицировать процессы тепло- и массообмена между слоем и окружающей средой можно с помощью периодической продувки слоя материала воздухом. Для снижения температуры образца эффективна продувка слоя воздухом с температурой окружающей среды. Большое влияние на скорость сушки и температуру материала оказывает соотношение продолжительности периодов МВ нагрева и продувки в каждом цикле и число циклов (n).

Как видно из графиков, микроволновая сушка – процесс более интенсивный, чем циклическая микроволново-конвективная сушка. Однако достоинством последней является возможность выдерживать необходимый температурный уровень и экономия энергозатрат.



а *б*

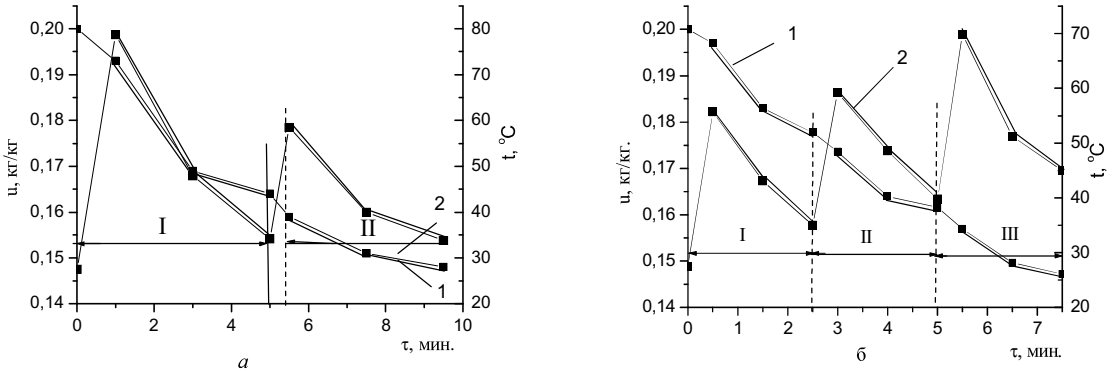
N_c =400 Вт; m=0,1 кг; l=0,016 м.

— период подвода МВ энергии τ=1,5 мин; = период продувки воздухом τ=3 мин; n=1

Рис. 2 – Изменение влагосодержания (1) и температуры (2) при микроволновой (*а*) и микроволново-конвективной (б) сушке

При подводе только микроволновой энергии средняя скорость сушки составляла Ncp=0,0212 мин$^{-1}$ (рис. 2а), и при чередовании периодов нагрева и охлаждения средняя скорость сушки была ниже - Ncp=0,012 мин$^{-1}$ (рис. 2б).

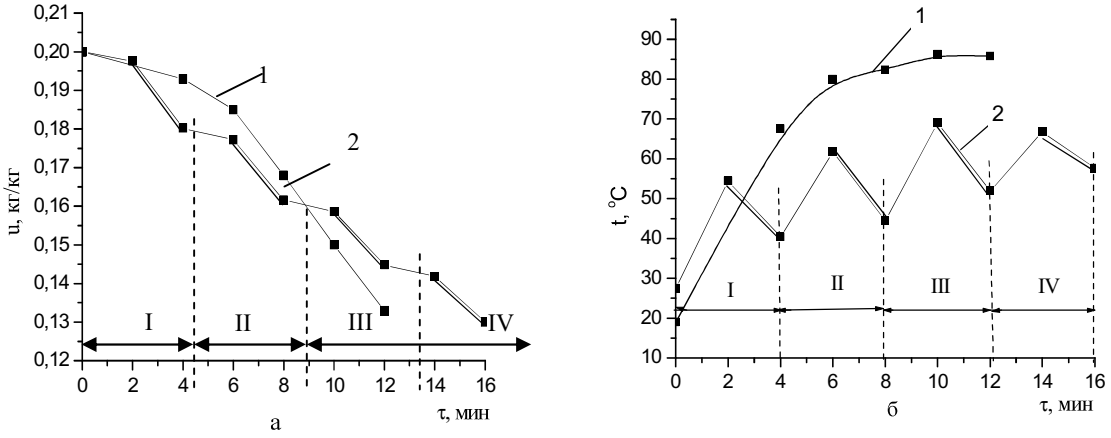
На рис. 3а,б приведены кривые изменения влагосодержания и температуры в процессе циклической микроволново-конвективной сушки с разной продолжительностью периодов продувки. При уменьшении периода продувки с 4 мин до 2 мин средняя скорость сушки возрастала от 0,005 мин$^{-1}$ до 0,007 мин$^{-1}$ в связи с повышением средней температуры слоя.



— период подвода МВ энергии τ=0,5 мин; ═ период продувки воздухом τ=4 мин; n=2 (а) и τ=2 мин, n=3 (б); m=0,1 кг; l=0,016 м, N_c=400 Вт

Рис. 3 – Изменение влагосодержания (1) и температуры (2) в процессе циклической сушки

Из рис. 3 видно, что темп изменения влагосодержания максимален в первом цикле, когда микроволновой объемный нагрев обеспечивает интенсивное перемещение жидкости изнутри к поверхности зерен, а продувка – ее быстрое испарение. В этом цикле скорость сушки определяется внешним диффузионным сопротивлением. В последующих циклах по мере снижения влагосодержания подвод влаги к поверхности зерен замедляется, определяющим становится внутреннее сопротивление влагопереноса, продувка практически не приводит к интенсификации процесса, скорость сушки падает. Однако продувка позволяет предотвратить перегрев материала и поддерживать его температуру на необходимом уровне. Об этом свидетельствует, например, рис. 4, где приведены кривые влагосодержания (*а*) и температуры (б) при микроволновом (1) и микроволново-конвективном (2) теплоподводе.



m=0,2 кг; N_c=160 Вт.
1 – микроволновая сушка, 2 – циклическая.
— период подвода МВ энергии τ=2 мин; ═ период продувки воздухом τ=2 мин. n=4

Рис. 4 – Изменение влагосодержания (*а*) и температуры (б)

Несмотря на то, что при циклическом режиме скорость сушки примерно на 25% ниже, он является более рациональным. Целесообразно вести процесс при одинаковой длительности периодов микроволнового и конвективного теплоподвода. В этом случае достаточно высокая скорость сушки сочетается с благоприятным для зерна температурным режимом.

По затратам электроэнергии предпочтителен режим с одним циклом – экономия электроэнергии по сравнению с микроволновой сушкой составляла 38%, продолжительность процесса возросла в 1,8 раза. При этом температура зерна в конце периода микроволнового нагрева достигала 81,5 °С, что нежелательно. При трех циклах экономия электроэнергии составляла 33%, время сушки возросло в 3 раза, температура материала не превышала 70 °С.

Во всех случаях с повышением температуры материала в конце микроволнового теплоподвода возрастает скорость сушки как в этом периоде, так и в периоде продувки. Следовательно, в период микроволнового теплоподвода целесообразно нагревать материал до максимально допустимой температуры, а затем начинать его продувку.

Выбор рациональных режимов циклической микроволново-конвективной сушки может быть сделан на основании тепловых и технико-экономических расчетов.

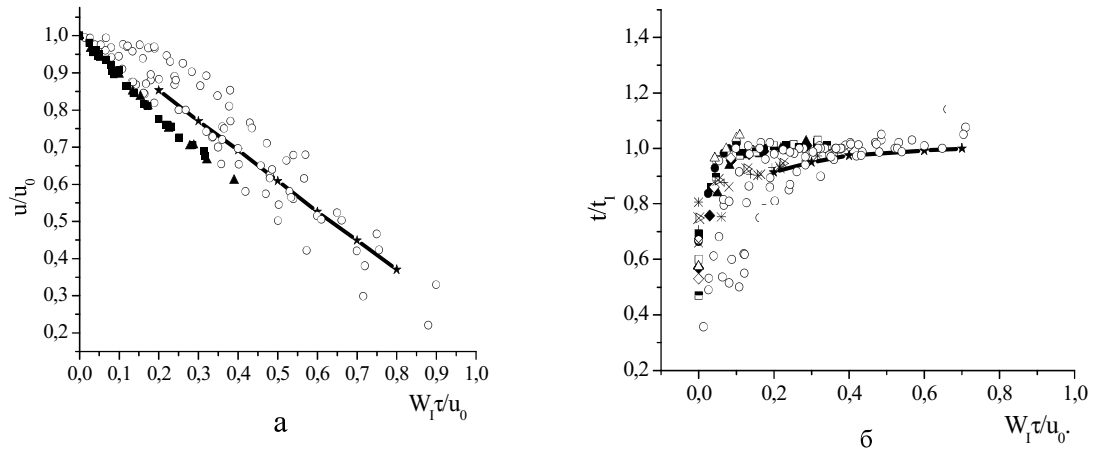
Получены обобщенные уравнения кривых влагосодержания и температуры в процессах сушки дисперсных материалов при различных способах подвода теплоты.

На рис. 5 экспериментальные данные по среднеинтегральным влагосодержаниям и температурам при разных способах подвода теплоты обработаны в виде зависимостей $\frac{\bar{u}}{u_0} = f_1\left(\frac{W\tau}{u_0}\right)$, $\frac{\bar{t}}{t_1} = f_2\left(\frac{W\tau}{u_0}\right)$.

Данные получены при кондуктивной, кондуктивно-конвективной сушке гречихи ([3,5,8,9]), микроволновой, микроволново-конвективной сушке гречихи, пшеницы, ячменя, овса, кукурузы (4,5,6]) в неподвижном слое. На этих же графиках нанесены результаты расчетов по зависимостям, которые получены в [1] при кондуктивной сушке абразивных порошков в неподвижном и движущемся слое, кондуктивной сушке сварочных флюсов, активированного угля, плавикового шпата в неподвижном слое [10].

$$\overline{U} = \frac{\bar{u}}{u_0} = \left(1{,}6 - \frac{\overline{N}_1\tau}{u_0}\right)\left[1{,}6 + 3\left(\frac{\overline{N}_1\tau}{u_0}\right)^2 - 1{,}4\left(\frac{\overline{N}_1\tau}{u_0}\right)^{-1}\right], \qquad (1);$$

$$\overline{T} = \frac{\bar{t}}{t_1} = 1 + 0{,}4\left(\frac{\overline{N}_1\tau}{u_0} - 0{,}8\right)^3, \qquad (2).$$



○- *микроволновой;* ▲- *кондуктивно-конвективный;* ■-*кондуктивный;* ★ - *кондуктивный*

Рис. 5 – Обобщенные кривые влагосодержания (*а*) и температуры (б) при различных способах теплоподвода

Как видно из рис. 5, эти зависимости обобщают и данные для зерновых культур при различных способах теплоподвода со среднеквадратичной погрешностью по влагосодержанию ±16,2%, температуре ±20,8%. Эти погрешности выше, чем погрешности частных формул [2], полученных для зерновых культур при разных способах теплоподвода, что объясняется более широким диапазоном описываемых процессов.

Возможность получения единых уравнений для сушки неорганических и органических дисперсных материалов в неподвижном и движущемся слое при различных способах подвода теплоты свидетельствует о наличии общих закономерностей этих процессов.. Зависимости (1), (2) позволяют определить среднеинтегральные влагосодержание и температуру в любой момент процесса сушки, либо время, за которое может быть достигнуто заданное влагосодержание или температура.

Литература

1. Календерьян В.А., Кориараки В.В. Теплообмен и сушка в движущемся плотном слое. – Киев: Вища школа. 1982.-160с. - 1
2. Волгушева Н.В.Кинетика сушки плотного слоя дисперсного материала(на примере гречихи) при различных способах подвода теплоты. Дисс. канд. техн. наук, 05.14.05, Одесса, 2005, 225с.
3. Календерьян В.А., Бошкова И.Л., Волгушева Н.В. Кинетика микроволновой сушки гречихи в микроволновом электромагнитном поле // ИФЖ, 2006, №3, т. 79, с. 123-127.
4. Календерьян В.А., Волгушева Н.В., Бошкова И.Л. Кинетика кондуктивной и кондуктивно-конвективной сушки гречихи в микроволновом поле // Наукові праці ОНАХ. Одеса. – 2006. - №29, т. 2. – с. 17-20.
5. Календерьян В.А., Бошкова И.Л., Волгушева Н.В. Сушка зерновых культур в плотном слое с применением микроволнового поля // Хранение и переработка зерна 2008, №1, с. 16-18.
6. Календерьян В.А., Бошкова И.Л., Волгушева Н.В. Кинетика микроволновой сушки зерновых культур // Материалы VI Минского международного форума по тепло- и массообмену, Минск, 19-23 мая 2008 г., с. 204-205.
7. Календерьян В.А., Бошкова И.Л., Волгушева Н.В. Теплоперенос в процессе сушки плотного слоя дисперсного материала при микроволновом подводе энергии // Наукові праці НУХТ, Київ 2008, №25, частина 2. с. 94-95.
8. Kalenderian V.A., Kornaraki V.V Przenoszenie ciepla prodczas suszenla materialov syskyeh w ruchomym zlozu zwartym z zanurzonymi elementami grzeinymi. VIII symp. Suszarnictwa, t. 1, Polska, Warzawa, 1994, p. 62-68.
9. Календерьян В.А., Корнанаки В.В, Кислицына А.Л. Тепловлагоперенос при сушке дисперсных материалов в плотном слое. Межд.форум по тепломассообмену ММФ – 96, т. VIII «Тепломассообмен в процессах сушки», 1996, с. 110-114.
10. Ву Зуй Тыонг. Теплоперенос в дисперсных материалах про кондуктивной сушке. Дисс. канд. техн. наук, Одесса, 1983
11. Календерьян В.А., Ву Зуй Тыонг. Кинетика процесса и коэффициенты тепловлагопереноса при кондуктивной сушке дисперсных материалов. Укр. ИНТЭИ, 1992, №1140, 21 с.

УДК 633.15:631.36

НАУКОВО-ПРАКТИЧНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СИСТЕМИ МАШИН ДЛЯ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ І ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА

Кирпа М.Я., доктор с.-г. наук
Інститут зернового господарства НААНУ, м. Дніпропетровськ

Наведено аналіз та намічені шляхи розвитку технологій і системи машин для післязбиральної обробки і зберігання зерна, виділені базові технології та прийоми енергозбереження.

The analysis is resulted and ways of development of system of cars for the ambassador of harvest processing and grain storage are planned, base technologies and receptions of savings of energy are allocated.

Ключові слова: зерно, первинна обробка і зберігання, машини, енергозбереження, якість продукції.

Сільське господарство України потребує кардинального реформування галузей, пов'язаних з виробництвом зерна. Зокрема, у рослинництві необхідно оптимізувати структуру площ, зайнятих під зерновими і олійними культурами, забезпечити зростання валових зборів зерна, впровадити енергозаощаджуючі технології вирощування, обробки та зберігання врожаю.

Основою реформування мають бути науково-обгрунтовані тенденції розвитку технологій й системи машин з урахуванням кращих світових досягнень і особливостей вітчизняних пріоритетів. У збільшенні об'ємів зерновиробництва найпершим є вимоги щодо енергозбереження, чистоти і якості продукції, екології довкілля.

У науковому обґрунтуванні технологій і машин слід передбачати їх взаємозв'язок, тобто технології мають бути узгоджені з машинами, а машини з технологіями. У цьому взаємозв'язку більшу перспективу має система машин, яка забезпечує повне виконання технологій, тобто проведення комплексу операцій і процесів.

Технологія післязбиральної обробки є доволі складна техно- і енергонасичена, особливо на первинних етапах. До її складу входять різні технологічні операції, які потребують відповідного технічного наповнення (табл. 1). Найбільше наповнення мають такі операції: приймання і розміщення зерна, його попередньо-первинне очищення, сушіння і зберігання, які стосуються майже всіх зернових культур незалежно від їх призначення. На цих операціях сконцентровано розвантажувально-навантажувальне обладнання, зерносепаратори і зерносушарки, які можуть мати значну потужність. Таке обладнання може використовуватись як у господарствах, де вирощують зерно, так і в заготівельній системі – хлібоприймальних підприємствах і елеваторах.

Також в основному на цих операціях споживається більша частина енергоресурсів, які припадають на операції післязбиральної обробки зерна (табл. 2). Витрата енергії в процесі післязбиральної обробки і зберігання зерна становить 42-46%, тобто майже половину від загальної, необхідної на повне зерновиробництво. При обробці насіннєвого зерна, особливо пізньостиглих культур (кукурудза, соняшник, соя) витрата енергії збільшується до 55-60%.

У створенні системи машин у першу чергу слід забезпечувати базові технології первинної обробки зерна та їх об'єми. Зокрема, очищенню підлягає майже все свіжозібране зерно. Сортуванню – 20-30% від валового збору, це зерно продовольче і насіннєве. Сушінню – 30%, тобто біля третини врожаю зерна може мати підвищену вологість. Вентилюванню в режимі охолодження – до 25%, викликане зміною клімату, потеплінням. За нашими даними, при збиранні зерна пшениці та ранніх ярих температура зерна досягає 48-53°С. Засипка такого зерна в сховище потребує негайного охолодження. Консервуванню – до 25% зібраного врожаю кукурудзи кормового призначення.

Таблиця 1 – Склад технологій з післязбиральної обробки і зберігання зерна різного призначення

Технологічні операції	Зернові, зернобобові культури, зерно кукурудзи, соняшник			Кукурудза в качанах	
	зерно продовольчо-технічне	зерно кормове	насіння	зерно кормове	насіння
Оцінка якості	+	+	+	+	+
Приймання та розміщення	+	+	+	+	+
Очищення, у т.ч.:					
попереднє	+	+	+	-	+
первинне	+	-	+	-	+
вторинне (сортування)	+	-	+	-	+
Сушіння, у т.ч.:					
зерна	+	+	+	-	+
качанів	-	-	-	-	+
Обмолот качанів	-	-	-	+	+
Зберігання сухого зерна	+	+	+	-	+
Консервування вологого зерна	-	+	-	+	-
Хімічна обробка	-	-	+	-	+
Пакування	-	-	+	-	+

Таблиця 2 – Споживання енергії на технологічних операціях вирощування і первинної обробки вологого зерна

Технологічна операція	Питома витрата енергії, %		
	всього	в тому числі	
		паливо	електро-енергія
Вирощування (обробіток ґрунту, підготовка насіння, догляд за посівами)	40	90	10
Збирання	16	100	-
Первинна післязбиральна обробка	35	65	35
в тому числі - сушіння	70	85	15
- очищення	30	-	100
Зберігання	5	5	95
Транспортування	4	85	15

Визначаючи перспективи розвитку післязбиральної обробки і зберігання зерна, слід оцінити його стан. Аналіз свідчить, що цей стан зумовлюється рівнем сьогоднішнього техніко-технологічного забезпечення, а саме характеризується наступним:

- фізичною і моральною спрацьованістю базового обладнання;
- високим рівнем енергоспоживання сушарок (вітчизняні – 1,0-1,2 кг палива, зарубіжні – 0,7-1,0 на 1 т-%;
- недостатнім об'ємом спеціалізованих зерносховищ (30 млн. т);
- недостатнім об'ємом охолодження нагрітого зерна;
- відсутністю термо- вологометрії з відеовідтворенням;
- відсутністю комплектів насіннєобробних ліній;
- відсутністю малогабаритних комплектів для селекційних робіт;
- високими тарифами обробки і зберігання зерна (вітчизняні – 8-12 $/т, зарубіжні – 5-7).

З-за такого стану порушуються оптимальні строки збирання і обробки зерна, зростають втрати врожаю, знижується якість продовольчого і насіннєвого зерна, нераціонально витрачаються енергоресурси, ускладнюються роботи зі створенням нових гібридів і сортів. Суттєво також коливаються тарифи з обробки і зберігання зерна, залежно від рівня техніко-технологічного забезпечення елеваторів і хлібоприймальних підприємств. У кількісному виразі з-за незадовільного матеріально-технічного стану обробки зерна грошові втрати становлять понад 5 млрд. грн. щорічно.

Враховуючи сучасний стан та результати науково-дослідних робіт можна спрогнозувати такі тенденції розвитку основних базових технологій первинної обробки і зберігання зерна та систему машин для цього:

Очищення і сортування зерна

● зерносепарація на горизонтальних решетах, що забезпечує отримання високоякісних фракцій при мінімальному травмуванні. Для відбору важковідокремлюваних домішок – гравітаційно-повітряне сепарування;

● пофракційне сортування продовольчого та насіннєвого зерна;

● зерносепаратори стаціонарні (елеваторна система), мобільні (господарства).

Сушіння зерна

● сушіння зерна з рекуперацією тепла;

● універсальні альтернативні паливні системи;

● зерносушарки стаціонарні (елеваторна система), мобільні (господарства).

Зберігання зерна

● способи герметичного зберігання в контрольованому інертному газовому середовищі;

● система термометрії з відеовідтворенням;

● система м'якого завантаження силосних сховищ;

● аерація і термозахист металевих зерносховищ.

У створенні технологій та системи машин слід виділяти окремо культури з енергетично насиченою і ускладненою післязбиральною обробкою і зберіганням зерна – це кукурудза, соняшник, ріпак, соя. Як правило, ці культури мають підвищену збиральну вологість і смітність зерна, крім того вони є особливим об'єктом обробки залежно від фізико-механічних, теплофізичних і біохімічних властивостей. Щодо кукурудзи необхідно ще враховувати її господарчу універсальність, тому базова енергоощадна технологія цієї культури має бути узгоджена з призначенням зернопродукції (табл. 3)

Таблиця 3 – Базова енергоощадна технологія обробки і зберігання зерна кукурудзи

Призначення зерна	Вологість зерна	Основні операції технології
Зерно продовольче	Сухе, 14-15 %	Сушіння, очищення, сортування, вентилювання, охолодження
Зерно технічне: - переробка - виробництво етанолу	 Сухе, 14-15 % Вологе, 25-35 %	 Сушіння, очищення, вентилювання Консервування, охолодження
Зерно кормове: - комбікорми - згодовування	 Сухе, 15-16% Вологе, 35-45%	 Сушіння Консервування
Зерно насіннєве	Сухе, 12-13 %	Сушіння, очищення, сортування, калібрування, хімічна обробка, пакування

Відносно насіннєвої кукурудзи особливо актуальним є створення техніко-технологічних енергозберігаючих систем сушіння з обов'язковою умовою збереження якості насіннєвого матеріалу. До найбільш перспективних відноситься удосконалення як чинних систем сушіння, так і розробка нових – двохстадійної та прямої теплової обробки (табл. 4).

Таблиця 4 – Прийоми енергозбереження і інтенсифікації в технологіях сушіння насіння кукурудзи

Технологія	Прийоми	Ефект при сушінні
Сушіння качанів	1. Попередній нагрів при t-50°C	Підвищення швидкості на 11%
	2. Ступінчатий температурний режим з інтервалом 6-12°C	Збільшення продуктивності на 18%
	3. Режим рециркуляції теплоносія	Зниження витрат електроенергії до 20%
	4. Режим інтенсифікації (температура 50-55°C, частота реверсування 30 хв.)	Збільшення продуктивності на 15-21%, підвищення швидкості на 20-27%
	5. Режим паралельної (односторонньої) продувки	Збільшення продуктивності на 15%
Сушіння комбіноване	Сушіння качанів + обмолот + досушування зерна	Енергоекономія до 30%, ускладнення технології
Сушіння зерна	Обмолот + сушіння зерна	Енергоекономія до 40%, диференційована технологія залежно від чистоти, вологості і типових особливостей насіння

Таким чином, реформування агропромислового комплексу в галузі рослинництва потребує суттєвих техніко-технологічних змін існуючого стану післязбиральної обробки і зберігання зерна. Розвиток післязбиральної обробки і зберігання зерна має відбуватись на основі науково-обгрунтованих рішень, впровадження технологій і системи машин, які забезпечують суттєве енергозаощадження, якість, чистоту продукції та довкілля, повне збереження зібраного врожаю. У розвитку технологій та системи машин передбачати створення та оновлення матеріально-технічної бази як в господарствах-зерновиробниках, так і в заготівельній мережі – хлібоприймальних підприємствах і елеваторах.

Література

1. Шемавньов В.І., Кирпа М.Я. Сучасні норми і технології зберігання і обробки зерна в Україні // Вісник Дніпропетровського держагроунівеситету. – 2006. – № 2. – С. 11-18.
2. Кирпа М.Я. Оберіть собі найбільш ощадну технологію первинної обробки вологого зерна // Зерно і хліб. – 2006. - № 3 (43). – С. 26-27.
3. Кирпа Н.Я. Тепловые технологии и перспективы энергосбережения в зерновом хозяйстве Украины // Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов) - СЭТТ-2008. Труды конференции. – М., 2008. – Том 1. – С. 381-387.
4. Кирпа М. Особливості збирання та обробки зернових колосових // Пропозиція. – 2010. - №7. – С. 82-86.

УДК 664.724-97:631.563.9

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ЗЕРНОВОЇ МАСИ ПРИ ЗАПОВНЕННІ МЕТАЛЕВИХ СИЛОСІВ

Будюк Л.Ф., канд. техн. наук, доц., Страхова Т.В., канд. техн. наук, доц.,
Стебловська А. В., магістр, Шпак В.М., аспірант
Одеська національна академія харчових технологій

У роботі наведено результати проведених у виробничих умовах досліджень з формування шарів зернового насипу у металевих силосах великої ємності та температури зерна у них.

In work results of the researches spent under production conditions on formation of layers of a grain embankment in metal silos of the big diameter and grain temperatures in them are resulted.

Ключові слова: металевий силос, шари зернового насипу, термометрія, температура.

В останні роки в Україні відбулося інтенсивне будівництво зерносховищ з на основі металевих силосів, які зводять як та крупних зернових терміналах у портах, так і в невеликих фермерських господарствах. Металеві силоси, доля яких в загальному обсязі сховищ невпинно зростає, являють собою ємність циліндричної форми, що має дах і днище конічної або плоскої форми. За кордоном є великий досвід використання таких силосів (їх частка перевищує 60 %), налагоджене промислове виготовлення, пропонується великий вибір їх конструкцій.

Конструкція силосів забезпечує надійний захист завантаженого зерна від атмосферних опадів і псування гризунами і птахами, і можуть експлуатуватися в будь-яких атмосферних умовах без яких-небудь додаткових укриттів.

Силоси забезпечують надійне тривале збереження кондиційного зерна і тимчасове, з вентиляцією й охолодженням, вологого зерна з найменшими втратами і витратами, а також проведення ряду технологічних операцій із зерном: пошаровий контроль температури зерна, що зберігається; низькотемпературне досушування зерна в силосі; охолодження зернової маси; знезаражування зерна і дезинсекція конструкцій силосу; прийом зерна і його збереження; добір проб зерна; контроль верхнього граничного рівня зернового насипу; вивантаження зерна.

Температура зернової маси — це найважливіший показник, що характеризує її стан. При зберіганні для визначення температури зернової маси в металевих силосах використовують різні системи контролю температури, які складаються з термопідвісок і термодатчиків. Існує два найпоширеніших варіанти комплектації системи термометрії.

1 варіант дозволяє значно заощадити на витратах і рекомендується для невеликих однокорпусних елеваторів. На кожні 12 термопідвісок встановлюється стаціонарний блокпост живлення і підключення з місцевим блоком індикації. Блокпост і блок індикації зазвичай встановлюються в сполучних шафах, які, як правило, встановлені на надсилосному поверсі.

2 варіант являє собою найбільш сучасне і зручне рішення для великих елеваторів. На кожну термопідвіску встановлюється блок вимірювання, що послідовно опитує всі датчики термопідвіски і передає інформацію у персональний комп'ютер. Максимальна кількість підвісок у системі — 250 шт.

Система контролю температури в зернових силосах призначена для цифрового вимірювання та аварійно-попереджувальної сигналізації підвищення температури в зернових силосах.

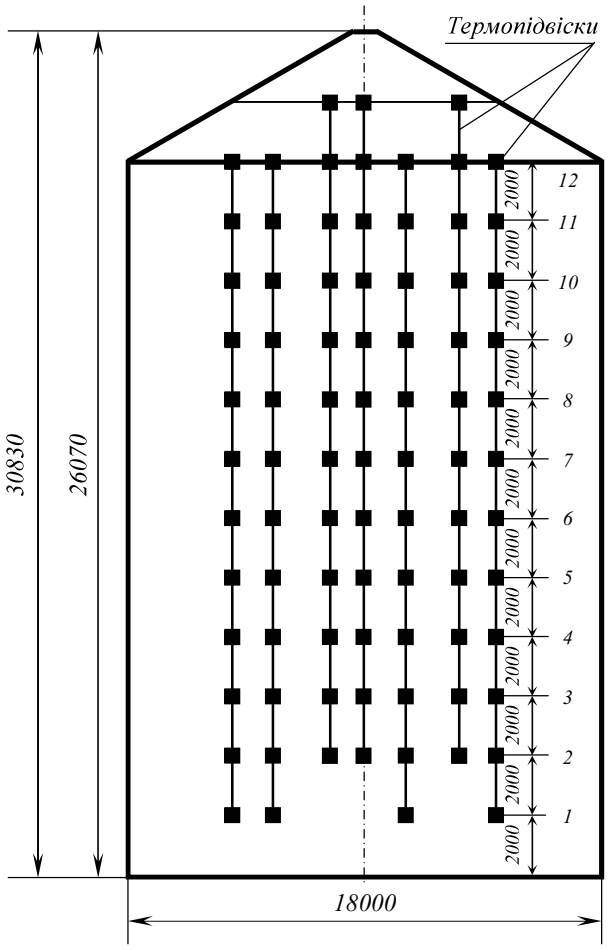
В південних портах України побудовано велику кількість зернових терміналів, що включають до свого складу металеві силоси великого діаметру.

Метою дослідження є дослідження кінетики зміни температури зерна ячменю при формуванні шарів зернового насипу у металевих силосах великого діаметру та обґрунтування оптимального часу для визначення реальної температури зерна в силосі.

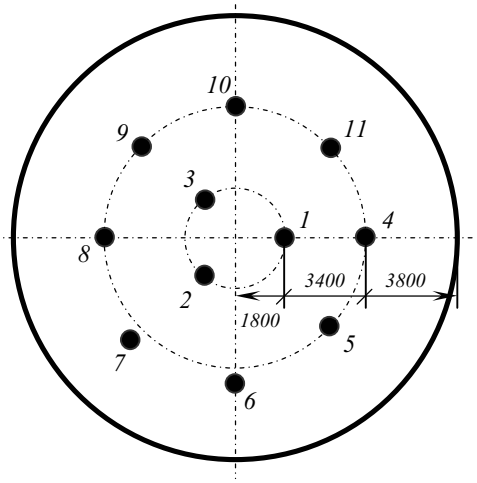
Об’єктом дослідження були металеві силоси об’ємом 5,5 тис. тонн і діаметром 18 м, обладнаних системою термометрії. Розміщення термопідвісок з термодатчиками в металевому силосі наведено на рис. 1.

Нами була досліджена кінетика зміни температури зернового насипу сухого, чистого ячменю (однієї з найбільш поширених культур, які вирощуються на Україні) в силосі № 4 зернового термналу, який формувався в період з 21 по 23 жовтня 2009 року. Отримані дані наведено в табл. 1.

Як видно з табл. 1, за час досліджень маса сформованої партії ячменю склала 2630,45 тонн, тобто було заповнено трохи більше половини ємності силосу.



а) поздовжній розріз



б) поперечний розріз

Рис. 1 – Розміщення термопідвісок та термодатчиків у металевому силосі

Встановлена на підприємстві система термометрії фіксує як температуру зернової маси у різних її шарах (термодатчики 1-8), так і температуру повітря надзернового простору (термодатчики 9-12). Дані, отримані з термопідвісок, за запитом виводились на комп'ютер у формі планшета з цифровими значеннями температури ячменю на кожному з датчиків термопідвіски. Числові значення температури ячменя в об'ємі силосу, отримані на комп'ютері за 21 жовтня 2009 року, наведено в табл. 2. Аналогічні дані були отримані для того ж силосу за 22 і 23 жовтня по мірі його заповнення.

На основі даних температури ячменю в силосі № 4 за 21 жовтня побудовані кінетичні температурні криві, наведені на рис. 2. Такі ж криві були побудовані за даними спостережень 22 та 23 жовтня.

Як видно з рис. 2, температура ячменя на дні силосу, що вимірювалась термодатчиками № 1, (див. рис. 1) коливалась в межах 17,7...18,5 ºС. У верхніх шарах зернової маси (вимірювалась термодатчиками № 3) – вона склала 17,7...18,1 ºС.

Датчики, що вимірюють температуру повітря надзернового простору силосу показані пунктиром. Оскільки силос тільки почали заповнювати зерном, а середня температура повітря за попередню добу коливалася в межах 17 ºС, то температура повітря в силосі також коливалась в межах 17-18 ºС.

Аналіз даних за 22 жовтня показав, що кількість зерна в силосі збільшилася і його температура почала вимірюватись вже датчиками 1–7. Температура зерна, що надійшло в силос, вплинула на температуру зерна, що зберігалося в силосі і вона підвищилася в середньому на 8...10 ºС у всіх шарах насипу.

Температура на рівні сьомих датчиків була найбільш наближена до температури повітря в силосі.

З даних за 23 жовтня було встановлено, що максимальна температура зерна 31 ºС спостерігалась на п'ятій термопідвісці. Це може бути обумовлено тим, що вона розміщена на півдні відносно сторін світу.

Температура на рівні сьомих і восьмих датчиків була найбільш наближена до температури повітря в силосі.

Результати досліджень показали, що температура зерна змінюється протягом доби. Тому необхідно визначити оптимальний час вимірювання температури зерна в силосі, яка буде фіксувати середньодобове (найбільш стабільне) її

значення. Для цього було визначено зміни температури протягом доби в різних шарах зернового насипу — на дні, в середині і у верхньому шарах. В табл. 2 наведено висоту розміщення датчиків в різних шарах зернового насипу силосу. Результати цих досліджень представлені на гістограмі (рис. 3).

Таблиця 1 – Окремі показники насипу ячменю, що сформований в силосі № 4

Доба надходження зерна	Денна температура повітря, °С	Маса ячменя (з добовим наростанням), т	Висота насипу ячменя, м		Номери датчиків, що знаходяться в зерновій масі
			в центрі силосу	у пристінкових шарах	
21.10.2009	11	1088,90	9,38	5,56	1-3
22.10.2009	15	2381,45	17,50	13,68	1-7
23.10.2009	17	2630,45	19,06	15,24	1-8

Таблиця 2 – Температура ячменю в силосі № 4 за станом на 21.10.2009 р. о 17^{00} годині

Номер датчика у термопідвісці	Номер термопідвіски										
	8	7	6	5	2	1	3	4	11	10	9
1	17,9	–	18,3	18,5	18,3	18,1	–	17,9	18,0	18,1	18,0
2	18,1	–	18,1	18,1	18,1	18,0	18,1	17,8	17,9	17,8	17,9
3	17,8	18,0	18,1	18,1	17,9	18,0	18,1	17,9	17,8	17,8	17,8
4	17,8	18,0	17,9	17,9	18,1	18,2	18,1	17,9	17,8	17,8	17,8
5	17,8	17,9	18,1	17,8	17,9	17,9	17,9	17,8	17,8	17,8	17,8
6	17,8	17,8	17,9	17,9	17,9	18,0	17,8	17,8	17,8	17,8	17,7
7	17,5	17,8	17,9	17,8	18,0	17,8	17,9	17,8	17,8	17,6	17,6
8	17,6	17,8	17,9	17,8	17,9	17,9	17,8	18,0	17,8	17,5	17,7
9	17,5	17,8	17,8	17,9	17,8	17,8	17,9	17,8	17,6	17,7	17,7
10	17,6	17,8	17,8	17,7	17,8	17,9	17,8	17,8	17,7	17,7	17,7
11	17,6	17,7	17,7	17,8	17,8	17,8	17,7	17,8	17,7	17,7	17,6
12	17,7	17,7	17,8	17,7	18,0	18,1	17,7	17,7	17,6	17,6	17,5

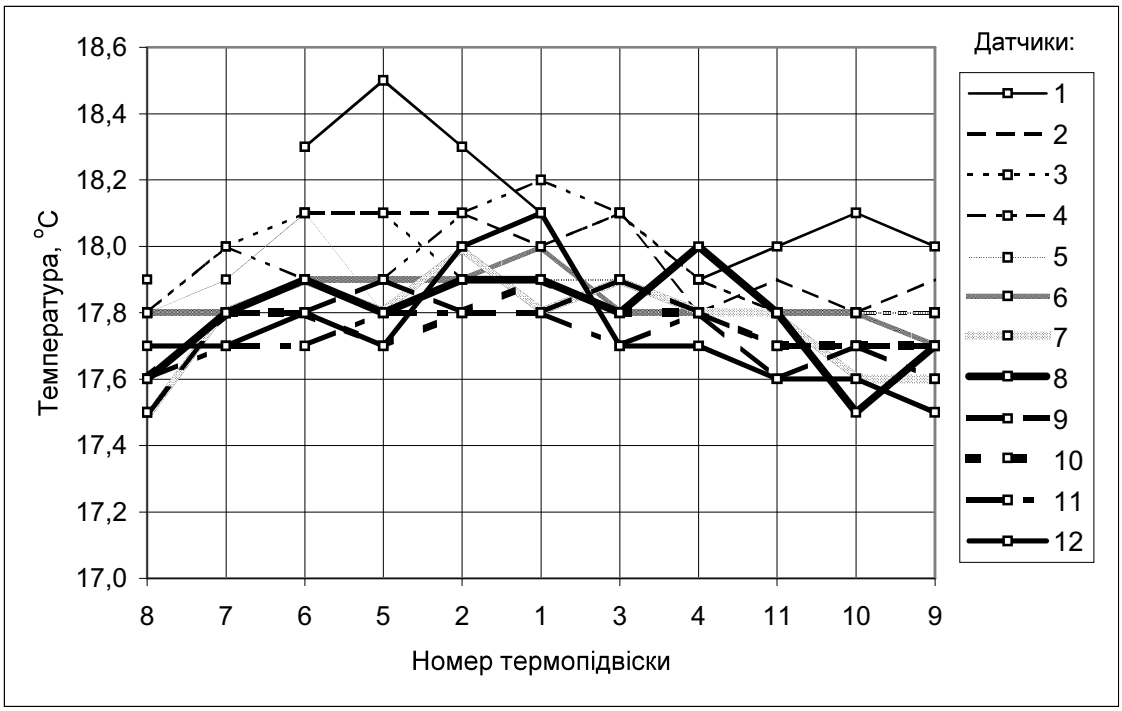


Рис. 2 – Коливання температури в різних шарах зерна в об'ємі силосу 21.10.2009 р.

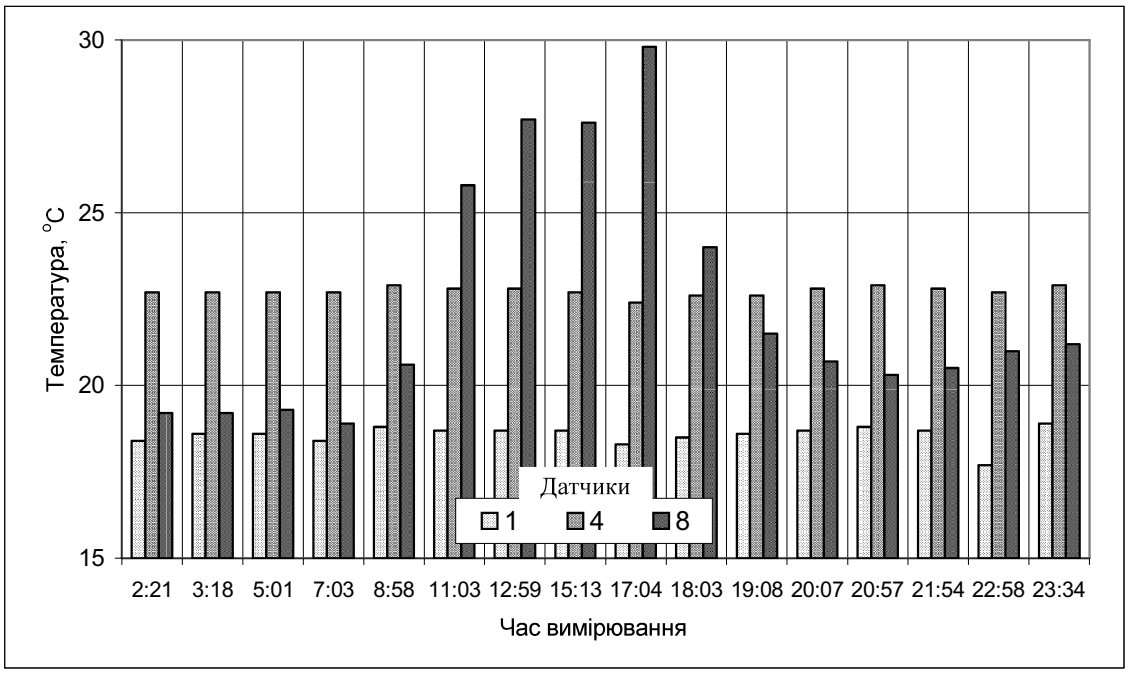


Рис. 3 – Гістограма зміни температури зерна в силосі № 4 протягом доби 21.09.2009 р.

З гістограми видно, що температура зернової маси ячменю в верхніх шарах підвищується з 10 до 18 годин дня. Тому найкращим часом вимірювання температури є 7 або 20 година, які дозволяють визначити реальну температуру зерна в силосі. На терміналі, де проводились дослідження, температуру зерна в силосах вимірюють о 6 годині ранку, що близько до оптимального часу.

Проведені дослідження дають можливість зробити такі висновки:

1) при підвищенні температури навколишнього середовища, температура повітря в силосі підвищується, оскільки металеві поверхні силосу мають високу теплопровідність;

2) температура повітря в силосі впливає на температуру верхніх шарів зернової маси, які мають безпосередній контакт з ним;

3) при нетривалому зберіганні, зернова маса ячменю поводить себе стабільно, без підвищення температури у внутрішніх шарах.

Література

1. Структурні зміни на ринку зерна в Україні // Зернові продукти і комбікорми. – № 1. – 2009. – С. 6-9.
2. Термопідвіски ЗАТ «Темікс». – URL http.www. temix.net.

УДК 636.087.2

ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЖМЫХА КУКУРУЗНОГО ЗАРОДЫША В КОМБИКОРМАХ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ

Подобед Л.И., д-р с.-х. наук, профессор, гл.н.с.
Институт животноводства УААН, г. Харьков

Приведены данные по химическому составу и питательности жмыха кукурузного зародыша. Показано его преимущество в кормлении животных и птицы.

Data on a chemical compound and nutritious ness of an oil cake of a corn germ are cited. Its advantage in feeding of animals and birds is shown.

Ключевые слова: жмых, кукурузный зародыш, химический состав, комбикорма.

Высокий спрос на кукурузное масло в мире обусловил существенный прогресс в наращивании объёмов его пищевого производства в Украине и России за последние годы. Переработка зародыша зерна кукурузы на качественное масло предусматривает полезное использование не более 10-15% массы исходного сырья. Остальная часть зародыша после тепловой обработки и отжима превращается в жмых кукурузного зародыша. По сути образовавшейся побочный продукт производства можно позиционировать как кормовой кукурузный концентрат (ККК) с превосходными вкусовыми для животных и птицы и питательными свойствами.

Щадящая, строго контролируемая по температурным параметрам, тепловая обработка приводит к мягкой денатурации белков кукурузного зародыша с образованием легкопереваримых полипептидов. Крахмал частично распадается на лёгкие декстрины и свободные сахара. Всё это позволяет утверждать, что углеводы и белки в процессе переработки зародыша на масло проходят достаточно эффективную тепловую обработку, сравнимую с известным процессом экструзии или экспандирования.

Однако в отличие от этих известных технологических процессов конечный продукт отжима кукурузного зародыша меняет не только свойства белков и углеводов, но и вследствие извлечения масла существенно накапливает уровень концентрации белка и легкодоступных углеводов.

Отжим сохраняет в образовавшемся жмыхе значительную часть жира (более 6 %), а в нём концентрируется витамин Е, группа водорастворимых витаминов, каротиноиды, легкодоступные минералы.

Клетчатка кукурузного зародыша практически не связана с лигнином и остаётся максимально доступной для ферментации микроорганизмами в желудочно-кишечном тракте сельскохозяйственных животных и птицы. В кормовом кукурузном концентрате нет никаких антипитательных веществ (ингибиторов трипсина, антиферментов). На масло используется только качественный зародыш, не содержащий микотоксинов и тяжёлых металлов, вследствие этого в готовом жмыхе нет опасности накопления этих факторов, негативно влияющих на здоровье птицы.



Рис. 1 – Общий вид кормового концентрата кукурузы (жмыха кукурузного зародыша)

Сочетание декстринизированного крахмала, жира и высокой концентрации частично денатурированных белков при одновременно невысоком накоплении клетчатки в рассматриваемом продукте, превращает его в высококонцентрированный источник доступной энергии.

По органолептическим показателям кормовой кукурузный концентрат представляет собой сухую, измельчённую до оптимального размера частиц, рыхлую мучнистую, но слабо пылящую зерновую массу жёлтого цвета, с приятным запахом, сладковатым привкусом (рис. 1). Частички ККК легко крошатся и хорошо измельчаются до дерти разного гранулометрического состава на обычных зерновых мельницах. Кормовая масса не гигроскопична, хорошо сыпуча.

При характеристике химического состава кормового кукурузного концентрата (жмыха кукурузного зародыша) (табл. 1) для начала его лучше сравнивать с экструдатом зерна кукурузы. При этом легче оценить степень и пользу биохимических превращений в составе предлагаемого корма в процессе его переработки.

Из таблицы 1 видно, что кормовой кукурузный концентрат несколько проигрывает экструдату кукурузы по уровню обменной энергии (–7,8 %). Это обусловлено исключительно более высоким уровнем клетчатки в его составе, которая и снижает показатель переваримости сухого вещества, а, значит, и накопления обменной энергии в нём . Однако по нашему мнению вследствие высокой переваримости в рассматриваемом продукте самой клетчатки, имеющей слабую лигнификацию, её негативный эффект на снижение концентрации доступной энергии будет достаточно небольшим. Поэтому по факту уровень обменной энергии в кукурузном концентрате будет не ниже, а даже несколько выше, чем у экструдата кукурузы. Это означает, что расчётный уровень обменной энергии приведённый в таблице 1 для ККК будет ниже фактического, если выполнить прямые опыты по калориметрическому определению энергетики этого корма.

Таблица 1 – Сравнительный химический состав и питательность кормовых продуктов из зерна кукурузы

Показатель	Кукурузный экструдат	Жмых кукурузного зародыша (кормовой кукурузный концентрат)	В % к кукурузному экструдату
Сухое вещество, %	87,5	91,6	–
Влажность, %	12,5	8,4	–
Обменная энергия для птицы, ккал/100 г	332	306	92,2
Зола, %	1,9	8,08	425
Сырой протеин, %	8,9	17,84	200,4
Сырой жир, %	4,0	6,52	163
Сырая клетчатка, %	2,8	4,5	155
БЭВ, %	71,2	54,7	76,8
В т.ч. крахмал + сахар, %	64,9	53,4	86,9
Линолевая кислота	1,8	0,818	45,4
Са, %	0,02	0,2	1000
Р, %	0,25	1,82	728

Нет сомнения, что ККК следует рассматривать как эффективный концентрат белка, ибо его уровень в корме возрастает более чем в два раза по сравнению с экструдатом кукурузного зерна.

Полезно, что с основной массой извлекаемого жира из кукурузного зародыша удаляется значительная часть линолевой кислоты. Это делает рассматриваемую добавку просто необходимой для рационов птицы, в которые включают подсолнечное или соевое масло в качестве компенсатора избытка линолевой кислоты в этих продуктах..

Зародыш более существенно, чем зерно снабжён минералами, вследствие этого все они и в достаточно высокоусвояемой форме накапливаются в жмыхе. Установлено, что только по кальцию рост превышает в 10 раз и по фосфору — в 7,3 раза по сравнению с кукурузным зерном. Особенно следует отметить рост накопления в корме фосфора — более 15 г на 1 кг.

Абсолютно естественно, что зародыш всегда накапливает больше незаменимых аминокислот, чем эндосперм в любом известном виде кормового зерна. В силу этого аминокислотный состав белка жмыха кукурузного зародыша также кардинально отличается от белка кукурузы и в лучшую сторону с точки зрения его питательной ценности (табл. 2).

Жмых кукурузного зародыша полностью меняет известный стереотип, закрепившийся за кукурузой, как обладающей самой низкой полноценностью белка среди всех известных зерновых. Сравнение белков зерна и жмыха кукурузного зародыша свидетельствует, что лизина в жмыхе зародыша накапливается до 0,89 %, что выше, чем в кукурузном экструдате в 3,4 раза, а метионина — 0,68 %, что соответственно выше в 3,8 раза. В целом сумма незаменимых аминокислот в составе ККК превышает кукурузный экструдат в 2,14 раза. Это серьёзная разница позволяет утверждать, о концентрировании не только общего количества белка, но о позитивном эффекте существенного возрастания его биологической ценности.

Заметим, что аминокислотный профиль жмыха кукурузного зародыша существенно отличается от профиля белка экструдата и максимально приближен к профилю аминокислот в белке нормы у яйценоских кур (рис. 2).

Таблица 2 – Сравнительный аминокислотный состав кукурузного экструдата и жмыха кукурузного зародыша (мг/100г)

Показатели	Кукурузный экструдат		Кормовой концентрат кукурузы (жмых кукурузного зародыша)	
	Валовое содержание	Усвояемые	Валовое содержание	Усвояемые
Протеин, %	8,90	7,10	17,84	15,20
Валин	0,30		0,95	
Треонин	0,30	0,26	0,34	
Метионин	0,18	0,17	0,68	0,64
Метионин+цистин	0,36	0,31	1,09	0,95
Изолейцин	0,23		0,72	
Лейцин	0,81		1,30	
Фенилаланин	0,37		0,67	
Гистидин	0,27		0,57	
Аргинин	0,40	0,36	0,57	0,51
Лизин	0,26	0,23	0,89	0,79
Триптофан	0,07	0,06	0,13	0,11
Итого незаменимых	3,19		6,82	
Серин	0,35		0,42	
Глутаминовая кислота	1,32		2,28	
Пролин	0,59		0,71	
Глицин	0,30		0,94	
Аланин	0,47		1,17	
Аспарагиновая кислота	0,52		0,38	
Тирозин	0,35		0,64	
Итого заменимых	**3,90**		**6,54**	

Примечание: пустые места означают отсутствие экспериментальных данных

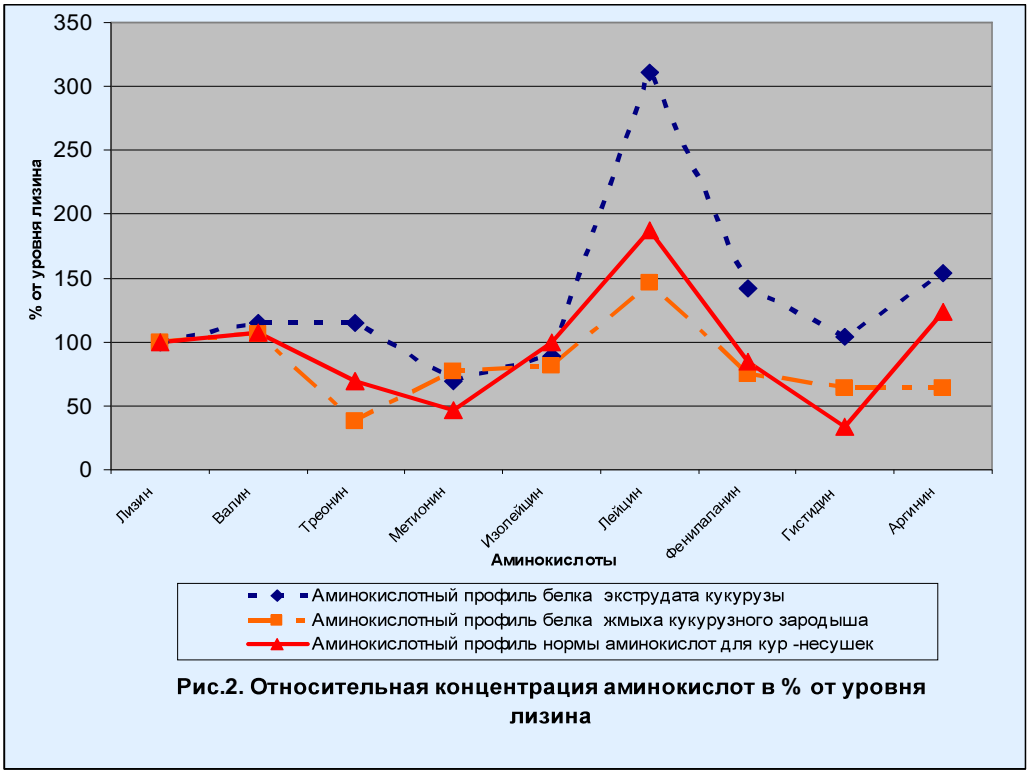


Рис.2. Относительная концентрация аминокислот в % от уровня лизина

Это означает, что кормовой кукурузный концентрат лучше обеспечивает баланс основных незаменимых аминокислот для птицы , чем просто кукурузный белок, т.к. скоры концентраций его аминокислот ближе к установленной норме кормления птицы.

В дополнение к этому при включении кормового кукурузного концентрата в рационы птицы его следует рассматривать как вкусо-ароматический стимулятор потребления корма при одновременно высоком уровне доступной энергии и протеина.

Кормовой кукурузный концентрат можно вводить в рацион, начиная с престартового нулевого рациона для птицы всех видов. В нулевой рацион ККК включают в дозе 5-10 % по массе комбикорма, что обеспечивает достаточную вкусовую чувствительность у птицы к его введению. На фоне использования кукурузного жмыха цыплята быстро приучаются к максимальному потреблению сухих комбикормов и энергично набирают массу в первые дни жизни. При этом существенно возрастает скорость приёма корма.

В стартовые рационы птицы (2-7 недель жизни) кукурузный концентрат вводится в дозе 10-15 % по массе взамен кукурузного экструдата и части жмыхов и шротов масличных, в т.ч. и сои, что уменьшает стоимость рациона в целом при полном сохранении продуктивного эффекта.

Кукурузный жмых — эффективный улучшатель товарных и вкусовых качеств куриного мяса бройлеров, уток, гусей. При включении добавки в комбикорма для мясной птицы в дозе 12-15 % по массе в стартовые и ростовые рационы этот эффект проявляется в виде нормализации цвета тушек, улучшения вкусовых свойств мяса, опережающего накопления мышечной ткани.

Особое значение приобретает ККК при введении в рацион племенных кур-несушек и петухов, индеек, гусей, уток, перепелов и фазанов.

Включение этого кормового продукта в комбикорм в дозе 15-20 % по массе отражается, в первую очередь, на воспроизводительных качествах птицы. Существенно вырастает яйценоскость и улучшается оплодотворяемость и выводимость яиц. Этому способствует не столько легкодоступный протеин и энергия добавки, сколько накопление в ней больших концентраций каротина, витамина Е и витаминов группы В. Хорошо известна повышенная способность птицы, извлекать эти биологически активные вещества из кукурузы и использовать их при строительстве основных структур яйца. Вот по этой причине существует прямая и тесная корреляция между уровнем введения кукурузного концентрата и накоплением витаминов в яйце. Это накопление делает понятным причины увеличения процента оплодотворяемости и, особенно, выводимости яиц у птицы.

Товарная несушка на фоне применения кукурузного жмыха в её рационе (до 20 % по массе) несколько повышает яичную продуктивность и приближает показатель яйценоскости к максимально возможному. Однако главный эффект применения добавки у такой птицы — это существенная нормализация массы яйца, стремящейся к средней величине и получение продукта с насыщенным природным цветом желтка. В этом смысле яйца промышленного производства приобретают идеальный товарный вид (правильная форма, одинаковый размер, оранжевый цвет желтка с истинными каротиноидами).

Жмых кукурузного зародыша — кормовой кукурузный концентрат характеризуется приемлемой ценой единицы массы протеина + энергии. За счёт этого такой добавкой можно заменить часть кукурузы и дорогостоящих белковых кормов (сои, дрожжей). В результате правильного подбора компонентов при включении кукурузного концентрата в рацион в дозе 15-20 % по массе комбикорма стоимость кормовой смеси можно уменьшить как минимум на 5-8 %.

Следует помнить, что для птицеводческих хозяйств, не располагающих кормовыми запасами кукурузы, жмых кукурузного зародыша можно рассматривать как фактор адекватно и эффективно её заменяющий в половинной дозе с существенным возрастанием уровня усвояемого протеина.

Промышленное производство кормового концентрата кукурузы (ККК) высокого качества в достаточных объёмах налажено в южных областях Украины и России.

РОЗДІЛ 2

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СТВОРЕННЯ НОВИХ ПРОДУКТІВ У ХАРЧОВІЙ, ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ І КОНДИТЕРСЬКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 664.64

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ СБИВНОГО БЕЗДРОЖЖЕВОГО ТЕСТА ДЛЯ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРОЛОНГИРОВАННОГО СРОКА ГОДНОСТИ

Магомедов Г.О., д-р техн. наук, профессор, Пономарева Е.И., д-р техн. наук, доцент,
Рязанова Л. Ю., аспирант, Прибыткова О. В., аспирант
Воронежская государственная технологическая академия, г. Воронеж

Представлены результаты влияния различных технологических приемов, способствующих увеличению сроков годности хлебобулочных изделий, на микроструктуру бездрожжевых сбивных полуфабрикатов. Установлено, что изменение температуры теста и внесение дополнительных рецептурных компонентов существенно влияют на его микроструктуру и качество готового изделия. Использование выбранных способов позволяет уменьшить черствение хлеба в процессе хранения и продлить его сроки годности до 5 – 7 сут.

There are presented the results of influence of various technological methods, promoting the increase of bakery shelf – life, on microstructure of aerated half-finished products without yeast. It is established that the changing of dough temperature and adding extra recipe components essentially influence on its microstructure, foam-forming and quality of a finished product. The use of chosen methods allows to reduce bread staling in the course of storage and to prolong its time of shelf-life up to 5-7 days.

Ключевые слова: черствение, микроструктура, бездрожжевой хлеб.

Механизм образования теста, приготовленного по традиционной технологии, известен и представляет собой ряд био- и физико- химических изменений. При этом, поглощая воду, частицы белка и крахмала сильно увеличиваются в объеме, слипаются друг с другом и формируют непрерывную структуру теста. Крахмальные зерна оказываются включенными в белковую матрицу наряду с другими нерастворимыми компонентами муки – отрубистыми частицами [1]. При выпечке хлеба структуры крахмала и белка изменяются, в них образуются микронеплотности, являющиеся резервуарами для влаги. Часть молекул воды связана термодинамически, другая – в виде осмотически связанной распределяется в межмолекулярных пространствах денатурированного белка и клейстеризованного крахмала. В результате охлаждения гидратированная амилоза, высвобождает влагу и затвердевает в виде геля, что приводит к черствению хлеба.

Сотрудниками Воронежской государственной технологической академии разработана технология производства бездрожжевых хлебобулочных изделий пролонгированного срока годности путем механического разрыхления (заявка на патент № 2007125603/13 (027890) приоритет от 09.07.2007).

Сущность данной технологии заключается в сбивании рецептурных компонентов при температуре 50 °С в экспериментальной установке периодического действия под давлением сжатого воздуха 0,4 МПа, что вызывает значительные изменения крахмальных зерен, снижающих черствение.

В результате интенсивной термической и механической обработки при замесе и сбивании бездрожжевого теста при температуре 50 ^{o}С активно протекают основные процессы, характерные для начального периода выпечки хлеба: клейстеризация, гидролиз крахмала и денатурация белков. При этом структурообразование сбивного полуфабриката осуществляется за счет возникновения термодинамически выгодных в данных условиях коагуляционных контактов между основными составляющими теста, приводящими к образованию пенообразной структуры.

Известно, что качество хлеба при механическом способе разрыхления теста обеспечивается, главным образом, качеством получаемой пены, ее разрыхленностью, насыщенностью воздухом. Об этом можно судить по значениям объемной массы теста после сбивания. Предварительно проведенными исследованиями определено, что температура, при которой происходит замес и сбивание теста существенно влияет на его пенообразование и качество получаемых изделий.

Для создания продукта с пролонгированными сроками годности тесто замешивали механическим способом разрыхления при частоте вращения месильного органа – 5 $с^{-1}$ в течение 7 мин, сбивали – при (9,2-13,5) $с^{-1}$ в течение 5 мин с темперирующей рубашкой температурой 20 °С, 30 °С, 40 °С и 50 °С. Воду на замес вносили температурой, соответствующей температуре рубашки. Кроме того, в рецептуру дополнительно вносили амилолитический ферментный препарат Fungamyl компании Novozymes (основной компонент - мальтогенная α-амилаза, активность – 7460 ед/$см^3$ и незначительная фракция протеиназ), ржаной ферментированный солод взамен пшеничной муки, а также заваривали 15 % муки, идущей на замес.

Целью работы являлось исследование влияния температуры замеса и сбивания, а также указанных выше способов приготовления хлебобулочных изделий на микроструктуру теста после сбивания. Оценка сбивных полуфабрикатов осуществлялась по значениям дисперсности воздушных пузырьков микроскопическим методом с помощью линейного окулярмикрометра, микроструктуры - с помощью сканирующей микроскопии на приборе JSM-5610 LV с системой химического анализа EDX JED-2201 JEOL, объемной массы – волюмометрическим способом. Оценку полученных хлебобулочных изделий проводили по значениям пористости – на приборе Журавлева и удельного объема – по методике, описанной в пособии [2].

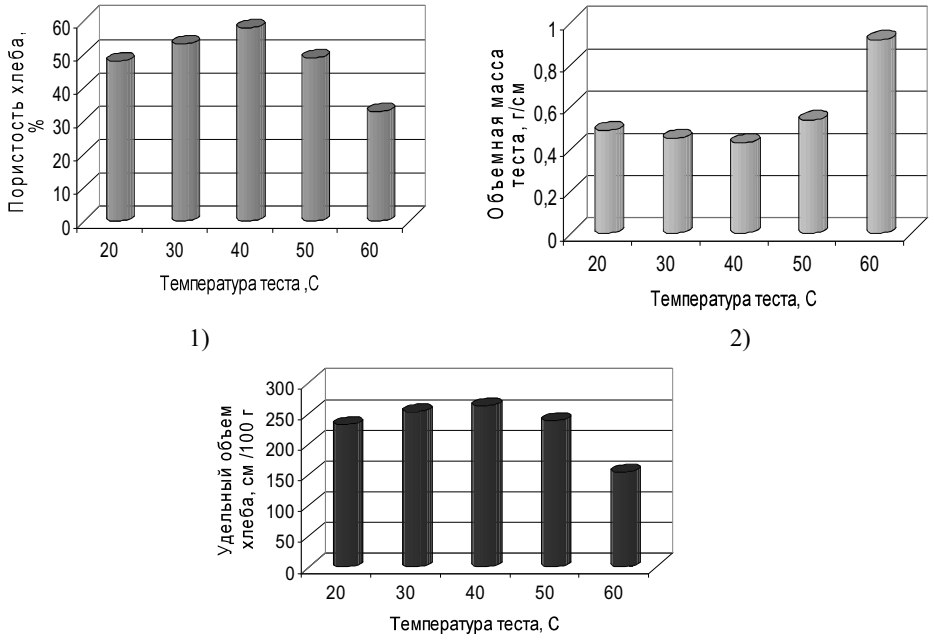
Известно, что плотность теста (его объемная масса), а следовательно и пористость изделия зависят от размера, равномерности и скопления воздушной фазы (таблица).

Выявлено, что с увеличением температуры теста возрастает средний размер воздушных пузырьков и изменяется их дисперсность. Так, для теста температурой (20-30) °С основная масса пузырьков характеризуется размерами от 15 до 25 мкм и составляет (34,3-42,3) % от их общего количества; при 40 °С – (25-40) мкм и 45,6 %; при 50 °С – (25-50) мкм и 39,1 %. Полученные результаты основываются на возросшем внутреннем давлении внутри пузырьков с усилением термической обработки теста.

На фотографиях микроструктуры образцов сбивного теста видны зерна крахмала разного размера: более крупные – при температуре теста 40 и 50 °С , более мелкие – при невысоких температурах; окруженные белком в виде набухших глобул. С увеличением температуры полуфабриката возрастает проникновение диссоциированных молекул горячей воды между плотно упакованными крахмальными полисахаридами, уменьшается прочность водородных связей, т.е усиливается набухание крахмала и увеличивается его размеры.

На микрофотографиях сбивного теста температурой 50 °С видны следы воздействия амилолитических ферментов в виде небольших углублений в крахмальных зернах. В условиях интенсивного замеса и сбивания теста при 50 °С вода, поступающая внутрь крахмальных зерен растворяет часть полисахаридов. Наибольшее их количество (в основном амилоза) переходит в окружающую среду, что и вызывает частичный распад цепей крахмальных полисахаридов.

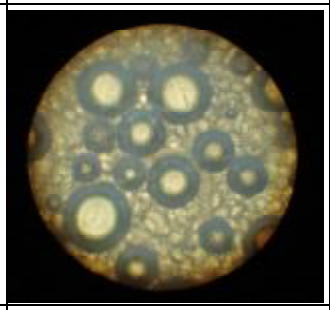
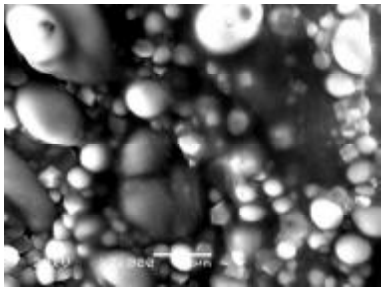
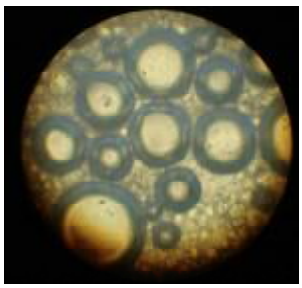
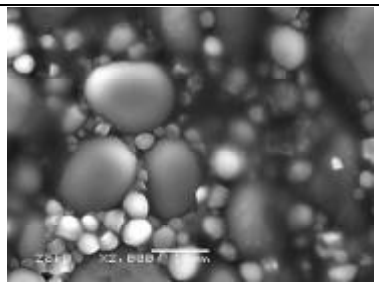
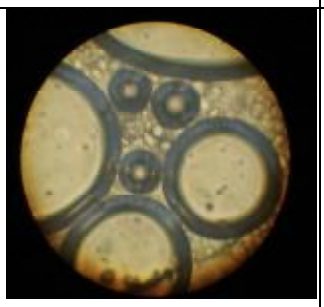
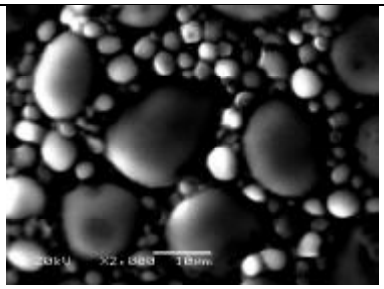
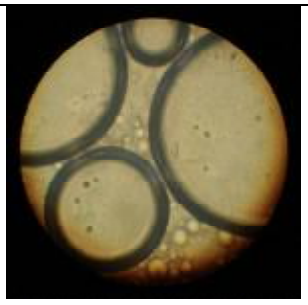
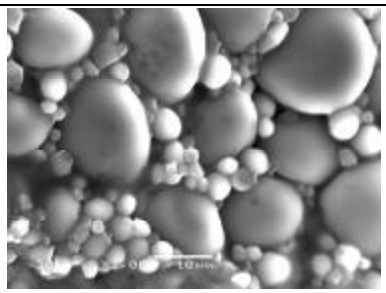
Результаты исследования объемной массы теста, пористости и удельного объема изделия представлены на рисунке.



1 – объемную массу теста; 2 – пористость хлеба; 3 – удельный объем хлеба

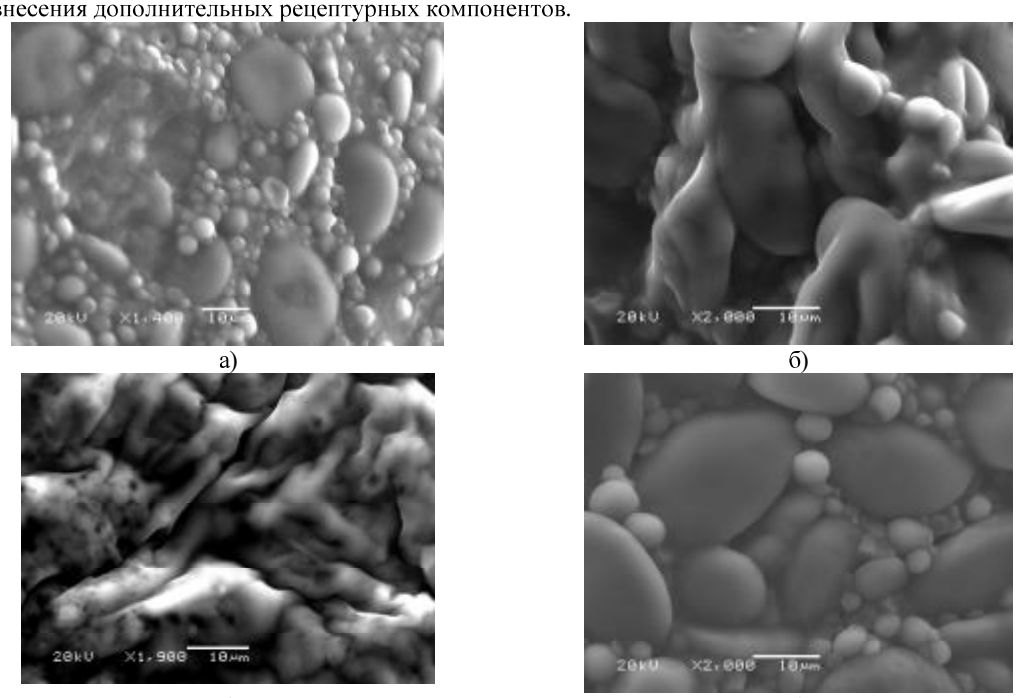
Рис. 1 – Влияние температуры теста

Таблица 1 - Характеристика микроструктуры сбивного бездрожжевого теста в зависимости от температуры

t теста, °С	Структура воздушных пузырей (х 100)	Микрофотографии теста (х 2000)	Размер возд. пузырьков, мкм	Количество возд. пузырьков, %
20			до 15	21,5
			15-20	34,3
			20-25	31,5
			25-40	7,6
			40-50	5,1
			50-65	-
30			до 15	24,6
			15-20	42,3
			20-25	18,6
			25-40	11,0
			40-50	3,5
			50-65	-
40			до 15	-
			15-20	5,6
			20-25	33,0
			25-40	45,6
			40-50	12,6
			50-65	3,2
50			до 15	-
			15-20	2,2
			20-25	23,9
			25-40	39,1
			40-50	26,1
			50-65	8,7

Наименьшей объемной массой и лучшей пористостью характеризовался образец теста, замешанный при температуре 40 °С (0,43 г/см^3 и 58 % соответственно). Полученные изменения можно объяснить ранее установленным фактом, что увеличение температуры до некоторого предела способствует улучшению свойств пластичности и упругости теста, что в свою очередь, благотворно влияет на пенообразование и повышает ее устойчивость. Однако замес и сбивание теста при 50 °С также обеспечивает показатели качества, предъявляемые к сбивным бездрожжевым хлебобулочным изделиям, а главное, в большей степени способствует снижению черствения мякиша хлеба, что подтверждено результатами дополнительных исследований.

Итак, для исследования влияния предлагаемых нами рецептурных компонентов на микроструктуру сбивного полуфабриката, готовили образцы по рецептурам, разработанным в технических условиях: ТУ 9110-023-02068108-2009 – для хлеба с ферментом «Санлеван», ТУ- 9297-034-02068108-2010 – для хлеба с солодом «Вечерок» и ТУ- 9297-050-02068108-2010 (для хлеба с заваркой) – «Були», хлеб дрожжевой из муки пшеничной первого сорта ГОСТ 26987-86. В качестве контрольного образца выбрали полуфабрикат без внесения дополнительных рецептурных компонентов.



а) б) в) г)

а) – «Були»; б) – «Санлеван»; в) – «Вечерок»; г) – хлеб белый

Рис. 2 – Фотографии микроструктуры образцов

Из рисунка видно, что в образцах с завариванием 15 % муки на фоне набухших белковых глобул и, деформированных в результате гидролиза, крахмальных зерен заметны участки клейстеризованного крахмала. На микрофотографиях теста с внесением ферментного препарата и ферментированного солода зерна крахмала под действием ферментов и температуры деформировались, потеряв свою четкую форму и образовав расплывчатую структуру. При этом белок пшеничной муки денатурирует и совместно с крахмалом образует конгломераты, вокруг которых отсутствуют белковые глобулы. В большей степени структура теста меняется под действием ржаного ферментированного солода, о чем свидетельствует аморфная консистенция белка и крахмала. При этом, остается незначительное содержание нативных крахмальных зерен, способных к ретроградации в процессе хранения. Как видно из рисунка микроструктура теста для хлеба белого во многом идентична структуре, полученной при сбивании теста только при повышенных температурах, без внесения дополнительных рецептурных компонентов.

Выводы

1. Результаты исследований показали, что изменение температуры теста и внесение дополнительных рецептурных компонентов существенно влияет на микроструктуру сбивного полуфабриката, пенообразование и качество готового изделия.
2. Выявлено, что внесение амилолитического ферментного препарата, замена части муки ржаным ферментированным солодом, а также заваривание части муки совместно с повышенной температурой замеса и сбивания способствует интенсификации гидролиза крахмала и тем самым благотворно влияет на снижение черствения мякиша хлеба при хранении.

Литература

1. Козьмина, Н. П. Биохимия хлебопечения [Текст] / Н. П. Козьмина. - М.: Пищевая промышленность, 1978. - 280 с.

2. Пащенко, Л.П. Практикум по технологии хлеба, кондитерских и макаронных изделий (технология хлебобулочных изделий) [Текст]: учеб. / Л.П. Пащенко, Т.В. Санина и др. – М.: КолосС, 2006. – 215 с.

УДК 664.665

РОЗРОБКА НОВИХ ВИДІВ БЕЗБІЛКОВИХ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

Дробот В.І., д-р техн. наук, професор, Грищенко А.М., аспірант
Національний університет харчових технологій, м. Київ

Розглянуто проблеми створення нових видів безбілкових продуктів харчування без глютену. Безбілкові продукти, що не містять глютену, виготовляються на основі різних крохмалів. Такі вироби призначені для хворих на фенілкетонурію та целіакію. Запропоновано нову технологію безбілкового безглютенового хліба на основі суміші картопляного та кукурудзяного крохмалів. Розраховано харчову та енергетичну цінність нового хліба.

In this article was studied the problem about new gluten-free products . Dietary products without an albumen and without a gluten made on the basis of different types of starches and intended for patients with a phenylketonuria and coeliac disease. Recipes of the new gluten-free bread have been developed.

Ключові слова: безбілковий хліб, глютен, безглютеновий хліб.

В останні роки значно поширилися захворювання, пов'язані з порушенням обміну білкових речовин в організмі людини або алергічними реакціями на окремі білки. При порушеному обміні окремих амінокислот також виникають тяжкі симптоми. Такі зміни в обміні речовин призводять до погіршення функціонування шлунково-кишкового тракту (целіакія), нирок (хронічна ниркова недостатність), розладу центральної нервової системи (фенілкетонурія) [1]. Хворі з таким діагнозом зареєстровані і в Україні.

Харчування людей, які страждають подібними захворюваннями, серйозна проблема. Їм призначають дієту, яка полягає у зменшенні кількості білків (особливо рослинних) або у виключенні з раціону окремих компонентів та продуктів, що їх містять [1, 2].

При захворюванні на фенілкетонурію призначають "безбілкову дієту", при якій вміст білків у добовому раціоні зменшують до (20-50) г. Спеціальні безбілкові продукти з крохмалю дають змогу розширити раціон харчування хворого [3]. Наприклад, безбілкові макаронні вироби, каші, безбілковий хліб з крохмалю.

Захворювання на целіакію спричинене алергічною реакцією організму на α-гліадин, що проявляється у подразненні слизової оболонки тонкого кишечника. При цьому порушується засвоєння організмом поживних речовин, мінеральних елементів. При захворюванні на целіакію забороняється вживати продукти, що містять гліадин. Секалін та гордеїн, які містяться в житі та ячмені, також спричиняють подразнення слизової оболонки кишківника, то ж і ці продукти не можна вживати хворим на целіакію. Традиційні хлібобулочні, макаронні, кондитерські вироби у раціоні харчування хворого замінюють безглютеновими, які відрізняються від традиційних хімічним складом, фізичними властивостями. Виробництво таких продуктів – складний технологічний процес і вимагає застосування різних технологічних прийомів та використання харчових добавок для забезпечення високої якості готових виробів [4]. Відомими світовими виробниками дієтичної продукції (Gullon, Orgran, Scher) розроблено спеціальні безбілкові продукти що не містять глютену, а також суміші для приготування страв у домашніх умовах.

Згідно з ДСТУ 4588:2006 «Вироби хлібобулочні для спеціального дієтичного споживання» до групи безбілкових виробів відносять вироби, масова частка білків у яких, в перерахунку на суху речовину, становить не більше ніж 2,2 %. Відомі рецептури безбілкового хліба (ГОСТ 25832-83) з кукурудзяного та пшеничного крохмалів з доданням житнього борошна або без його додання. Такий хліб має на (80-90) % менший вміст білків у порівнянні з пшеничним хлібом.

Безбілкові продукти – важлива група дієтичних продуктів, які можуть вживати як хворі на фенілкетонурію, так і хворі на целіакію, за умови що до їх складу входить лише безглютенова сировина.

Безбілковий хліб, що містить житнє борошно, протипоказаний для хворих на целіакію. Тому створення безбілкових безглютенових виробів – актуальна проблема.

Безбілкові хлібобулочні вироби характеризуються низькими органолептичними показниками якості. Дослідники зазначають, що хліб з крохмалю має нерівну поверхню з великою кількістю тріщин і підривів [1].

У Національному університеті харчових технологій проведено дослідження якості хліба з картопляного і кукурудзяного крохмалів [5]. Перед нами постало завдання забезпечення структурно-механічних властивостей безбілкового тіста. При виборі добавок структуроутворювальної дії керувались такими критеріями: добавка повинна добре набухати у воді при температурі (30-32) °С, утворювати в'язкі розчини при невеликих концентраціях, бути термостабільною [6, 7]. У ході досліджень для забезпечення структурно-механічних властивостей тіста, використовували камеді гуару і ксантану.

Технологія безбілкового хліба передбачає змішування всіх компонентів до утворення однорідного тіста, поділу його на шматки та вистоювання тістових заготовок. Для ілюстрації механізму утворення тіста з камедями одержували фаринограми. За фаринограмами визначити водопоглинальну здатність неможливо, оскільки консистенція тіста не досягає 500 од. приладу (табл. 1). Можна лише фіксувати необхідну кількість води для забезпечення утворення тіста. Слід зазначити, що в такому тісті не спостерігається розрідження, через відсутність ферментативних процесів.

Таблиця 1 – Властивості безбілкового тіста за фариографом

Показник фариографа	Значення
Консистенція, од. пр.	360
Кількість добавленої води, г/100 г суміші рецептурних компонентів	78,0
Тривалість утворення тіста, хв.	1,5
Стійкість тіста, хв.	консистенція тіста не змінюється
Еластичність, од. ф.	112
Розрідження тіста, од. ф.	не спостерігається

При виробництві дієтичних хлібобулочних виробів зі зниженим вмістом білкових речовин, для розпушення тістових заготовок використовують хімічні речовини, які вступають між собою в реакцію, при якій виділяється діоксид вуглецю (наприклад сода харчова і калій виннокислий). Також можна використовувати і дріжджі. В ході досліджень для забезпечення процесу бродіння і розпушення тістових заготовок в тісто додавали цукор та хлібопекарські дріжджі. Спиртове бродіння в тісті забезпечується лише за рахунок внесеного цукру.

Хліб випікали з картопляного і кукурудзяного крохмалів, а також з їх суміші. В рецептуру включали також камеді гуару і ксантану, сіль, олію соняшнику рафіновану.

Встановлено, що хліб з картопляного крохмалю, на відміну від хліба з кукурудзяного крохмалю, має рівну без тріщин і підривів поверхню. Проведені пробні випікання дали змогу визначити, що використання суміші картопляного і кукурудзяного крохмалів забезпечує отримання хліба з високими органолептичними показниками якості, без тріщин і підривів.

Параметри технологічного процесу та якість готових виробів представлено в таблиці 2.

Тривалість вистоювання тіста в залежності від активності дріжджів становила в середньому 55 хв. Кислотність тіста при цьому змінювалась незначно. Хліб випікали лише формовим, оскільки подові вироби втрачали свою форму на стадії вистоювання.

Внаслідок дуже низького вмісту білкових речовин у тісті, забарвлення скоринки безбілкового хліба біле, може бути з кремовим відтінком. Готовий хліб характеризувався рівномірною, тонкостінною пористістю. Смак і аромат слабо виражені, характерні для даного виду виробів.

Безбілковий хліб швидко черствіє, тому реалізація упакованої готової продукції може становити не більше 24 год.

Порівняння хімічного складу та енергетичної цінності хліба безбілкового з хімічним складом традиційних хлібобулочних виробів показало (табл. 3), що вміст білкових речовин у 100 г безбілкового хліба менший у порівнянні з житнім хлібом на 86,5 %, в порівнянні з пшеничним хлібом з борошна вищого сорту на 88,1 %.

Наявність невеликої кількості білків у розробленому хлібі обумовлена вмістом білків у крохмалі та внесених до тіста дріжджів.

Розрахунок забезпечення добової потреби в білках, жирах і вуглеводах організму людини при вживанні 277 г розробленого нами безбілкового хліба, проведений для жінок віком 18-29 років для І групи фізичної активності, наведений у таблиці 4.

Таблиця 2 – Показники технологічного процесу і якості безбілкового хліба з суміші картопляного із кукурудзяного крохмалів

Показники	Значення
Тісто	
Вологість, %	51,0
Кислотність, град.: – початкова – кінцева	 0,9 1,1
Тривалість вистоювання, хв	55
Газоутворення за період вистоювання, $см^3$/100 г	274
Питомий об'єм тіста перед випіканням, $см^3$/г	1,74
Хліб	
Питомий об'єм, $см^3$/г	2,36
Співвідношення, Н/В формового хліба	0,44
Кислотність хліба, град.	1,0
Деформація м'якушки хліба, од. пенетрометра через: 3 год 24 год	 69 22
Ступінь збереження свіжості, % через 24 год.	31,8
Стан поверхні	Без тріщин і підривів
Колір м'якушки	Білий з жовтуватим відтінком
Структура пористості	Середня, тонкостінна

Таблиця 3 – Хімічний склад та енергетична цінність 100 г хліба

Хліб	Вміст у %			Енергетична цінність, кКал
	Білки	Жири	Вуглеводи	
Житній з обойного борошна	5,78	1,05	37,70	178
Пшеничний з борошна вищого сорту	6,47	1,81	45,61	214
Безбілковий	0,78	2,31	56,60	237

Таблиця 4 – Забезпечення добової потреби у харчових речовинах при вживанні 277 г хліба

Складники	Міститься у 277 г хліба			Покриття добової потреби при споживанні 277 г хліба, %		
	Хліб житній з сіяного борошна	Хліб з борошна пшеничного вищого сорту	Хліб безбілковий	Хліб житній з сіяного борошна	Хліб з борошна пшеничного вищого сорту	Хліб безбілковий
Білки	11,4	17,9	2,13	21,1	32,5	3,9
Жири	2,3	5,01	6,37	4,1	8,9	11,4
Вуглеводи	126,2	126,4	156,8	40	40	49
Енергетична цінність, кКал	548,8	593,7	655,5	27,3	29,6	32,7

Дані розрахунки свідчать, що при вживанні безбілкового хліба кількість білкових речовин, що надходить до організму, незначна і у 100 г виробів міститься в межах кількості, передбаченої ДСТУ на хліб безбілковий.

Результати досліджень показали можливість виробництва безбілкового хліба із суміші картопляного і кукурудзяного крохмалів, що розширює асортимент хлібобулочних виробів для хворих на фенілкетонурію і целіакію. Розрахунок хімічного складу свідчить про зменшення кількості білкових речовин у цьому хлібі порівняно з традиційними хлібобулочними виробами. Такий хліб можуть також вживати люди хворі на целіакію, адже до його рецептури не входить сировина, що містить гліадин.

Література
1. Дунаевский Г.А. Диетические продукты / Г.А. Дунаевский, Я.Б. Эйдинов. – К.: Здоровье, 1988. – 159 с.
2. Жушман А.И. Безбелковые продукты для детского лечебного питания / А.И. Жушман, В.Г. Карпов, Н.Д. Лукин, Л.Ф. Бакулина // Пищевая промышленность. – 1996. – №9. – С.24-25.
3. Смоляр В.І. Фізіологія і гігієна харчування. – К.: Здоров'я, 2000. – 334 с.
4. Шнейдер Д.В., Казеннова Н.К. Безбелковые и безглютеновые смеси для выпечки.//Хлебопечение России. – 2008. – №1. – С. 23-24.
5. Дробот В., Михонік Л., Грищенко А. Особливості технологічного процесу виготовлення безбілкового хліба/ Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2010. – №6. – С. 20-22
6. Павлова Н., Матвеева И. Применение структурообразователей для приготовления безбелкового хлеба // Хлебопродукты. – 1998. – №12. – С. 17-20.
7. Ферт К. Уайтхауз Выбор и использование гидроколлоидов // Пищевая промышленность. – 2008. – №10. – С. 76-88.

УДК 664.65.002.62

ПРУЖНО-ЕЛАСТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КЛЕЙКОВИНИ ТІСТОВОГО НАПІВФАБРИКАТУ НА ОСНОВІ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ КОМПОЗИЦІЙ

Кравченко М.Ф., д-р техн. наук, професор, Демічковська М.П., аспірант,
Київський національний торговельно-економічний університет, м. Київ

У статті обґрунтовано вплив функціональних композицій на основі борошна зернобобових культур (сої) і продуктів переробки морських водоростей (карагінану) на пружно-еластичні властивості клейковини тіста для виробництва борошняної кулінарної продукції. Доведено, що використання функціональних композицій є перспективним напрямком у створенні борошняної кулінарної продукції.

In the article influence of functional compositions on the basis of flour of corn cultures (soy) and products of processing of algae (carrageenan) is on resiliently elastic properties of gluten of dough for the production of flour culinary goods. It is proved that the use of functional compositions is perspective direction in creation of flour culinary products.

Ключові слова: функціональні композиції, борошно із зернобобових культур (сої), борошняна кулінарна продукція, продукти переробки морських водоростей, карагінан, клейковина, пружно-еластичні властивості.

Перспективним напрямком у створенні борошняної кулінарної продукції є використання харчових композицій, які надають виробам необхідні функціональні властивості. Застосування у харчовій промисловості нетрадиційної сировини дозволяє збагатити борошняні кулінарні вироби легкозасвоюваними білками, вітамінами і мінеральними речовинами. Використання добавок із зернобобових культур покращує співвідношення амінокислот борошняних сумішей, при цьому спостерігається оптимізація співвідношення гліадинової та глютенінової фракції білка, що впливає на формування клейковинного каркасу тіста, реологічних властивостей напівфабрикатів і якість готових виробів.

Мета досліджень – визначити вплив функціональних композицій на пружно-еластичні властивості клейковини тістового напівфабрикату.

У дослідженнях використовували борошно пшеничне вищого сорту, добавку білково-жирову ЕСО (ДБЖ ЕСО), продукт переробки червоних морських водоростей – карагінан.

Добавка білково-жирова ЕСО – це продукт переробки сої, її харчова цінність пояснюється спеціальною термічною (інфрачервоною) обробкою, що забезпечує руйнування антипоживних речовин, таких як: інгібітор трипсин, гемаглютини, фітоестрогени, алергени, олігоцукри, сапоніни, фітинова кислота, ліпоксигеназа. Крім того, соєві білки мають здатність поглинати й утримувати жири, сприяють їх емульгуванню і стійкості емульсій. Добавка білково-жирова ЕСО не містить клейковину.

Виробництво карагінану включає очищення чорноморських водоростей Phyllophora nervosa та екстрагування з них колоїдних речовин, фільтрацію, очищення, концентрацію (випаровування), осадження спиртом, сушіння, подрібнення, стандартизацію хлоридом кальцію. Карагінан марки МІ00 складається із

суміші двох поліоз, названих щодо іона калію к-(капа-) та λ- (лямбда-) карагінаном у співвідношенні (65:35 відповідно).

У дослідженнях використаний карагінан (суміш йота- і капа-карагінану), отриманий з чорноморської червоної водорості, у вигляді світло-кремового порошку з вологістю (9-12) % і розміром частинок – від 0,25 до 1 мм.

Важливо було визначити, як впливають зазначені рецептурні компоненти на структурно-механічні властивості, зокрема пружно-еластичні характеристики клейковини прісного тіста.

Вплив білково-жирової добавки ЕСО на властивості тіста для борошняних кулінарних виробів досліджували за такими показниками: вміст, питомий розтяг, еластичність, пружність клейковини. Для визначення пружно-еластичних властивостей тіста проводили лабораторні дослідження на приладі ІДК-1.

Структура прісного тіста залежить від кількісного і якісного складу основних полімерних сполук (крохмалю, білків, клітковини), наявністю низькомолекулярних, гідро- і олеофільних сполук, які разом з водою утворюють основу колоїдної структури тіста, яка як і рідина характеризується показником плинності.

Структура тіста визначається властивостями клейковини, що являє собою гідратовані білки. В процесі утворення тіста вони відіграють головну роль, визначають подальші процеси формування борошняних кулінарних виробів. Клейковина – лабільний колоїд, її структурно-механічні властивості можуть змінюватися під впливом різних фізичних і хімічних впливів.

В якості контролю використовували прісне тісто виготовлене за традиційною технологією [4]. За дослід приймали зразки тіста з введенням добавки білково-жирової ЕСО та карагінану.

Оскільки при додаванні білково-жирової добавки ЕСО загальний вміст клейковини в сумішах знижується, а якість погіршується, для її покращення необхідно застосувати структуроутворювач.

Аналіз джерел літератури з питання удосконалення технології пшеничного тіста з борошна зі слабкою клейковиною вказує, що регулювати властивості тіста можна шляхом внесення до його складу гідроколоїдів, зокрема карагінану.

Карагінан зміцнює клейковину, час її випресовування збільшується у 4 рази. Цей вплив залишається протягом 3-х годин відлежування. Він зменшує питому розтяжність, розріджування клейковини під впливом протеолітичних ферментів різко гальмується. Діаметр кульки клейковини та кульки тіста при відлежуванні на рівні контролю. Зміцнювальний вплив карагінану на клейковину тіста при збільшенні концентрації посилюється.

Механізм впливу карагінану пов'язаний з наявністю у його молекулах ефірно-зв'язаної сірчаної кислоти (кислий ефір), що надає їм властивостей аніоно-активних емульгаторів, які, як відомо, можуть зміцнювати клейковину. Таким чином, карагінан є перспективним регулятором властивостей клейковини і тіста.

Найбільш інтенсивне зниження пружності клейковини спостерігається у досліді № 5 (табл. 1) на 18 у. од. порівняно з контролем. Еластичність клейковини при введенні від (5-20) % БЖД ЕСО майже не змінюється. Розтяг клейковини над лінійкою при введенні понад (15- 20) % БЖД ЕСО у дослідних зразках не спостерігається. При додаванні карагінану спостерігається значне зміцнення клейковини, особливо у досліді № 2а, показники якого на рівні контролю (рис. 1).

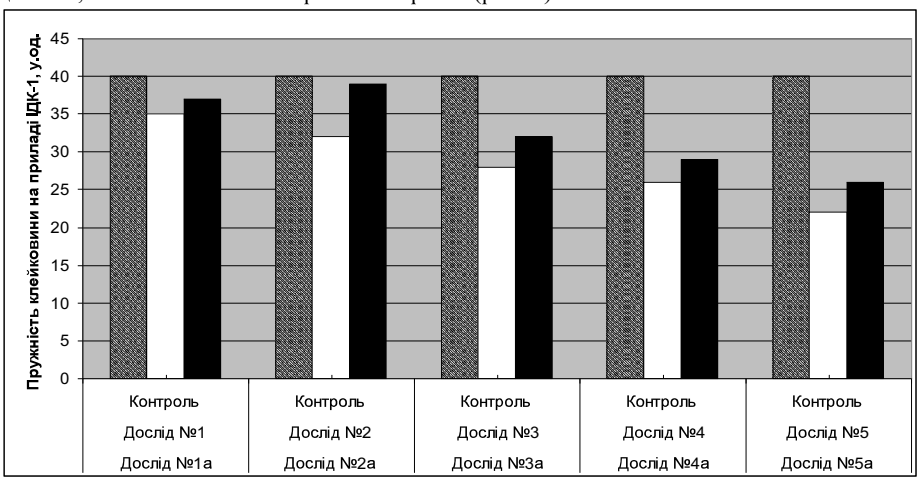


Рис. 1 – Пружно-еластичні властивості клейковини тістового напівфабрикату на основі функціональних композицій

Таблиця 1 – Пружно-еластичні властивості клейковини тістового напівфабрикату на основі функціональних композицій

Найменування зразка тіста	Пружність клейковини на приладі ІДК-1, у.од	Еластичність	Маса клейковини, г	Розтяг (лінійкою), см
Контроль	40±1,32	Міцна	8,61±0,16	17±0,39
Дослід № 1 БЖД ЕСО 5 %,	35±1,08	Міцна	7,51±0,18	13±0,33
Дослід № 1а БЖД ЕСО 5 %, карагінан 0,5 %	37±0,98	Міцна	7,51±0,18	14±0,32
Дослід № 2 БЖД ЕСО 10 %,	32±0,78	Міцна	8,07±0,19	12±0,31
Дослід № 2а БЖД ЕСО 10 %, карагінан 1,0 %	39±1,29	Міцна	8,07±0,19	16±0,36
Дослід № 3 БЖД ЕСО 15 %	27±0,59	Міцна	10,65±0,21	-
Дослід № 3а БЖД ЕСО 15 %, карагінан 1,5 %	32±0,79	Міцна	10,65±0,22	-
Дослід № 4 БЖД ЕСО 20 %,	26±0,62	Міцна	11,24±0,24	-
Дослід № 4а БЖД ЕСО 20 %, карагінан 2,0 %	29±0,58	Міцна	11,24±0,23	-
Дослід № 5 БЖД ЕСО 25 %	22±0,48	Міцна	12,04±0,24	-
Дослід № 5а БЖД ЕСО 25 %, карагінан 2,5 %	26±0,63	Міцна	12,04±0,24	-

Примітка. * Різниця з контролем достовірна, $p<0,05$.

Визначено, що зі збільшенням кількості добавки білково-жирової ЕСО в тісті якість клейковини знижується, це пояснюється зменшенням частки клейковинних білків борошна, а з додаванням гідроколоїду зміцнюється.

Висновки

Визначено пружно-еластичні властивості клейковини тістового напівфабрикату на основі функціональних композицій. Доведено доцільність використання білково-жирової добавки ЕСО та карагінану для тістового напівфабрикату як основи функціональної композиції з метою отримання продукту з підвищеною кількістю білків, харчових волокон, мінеральних речовин і вітамінів, особливо групи В.

Література

1. ТУ У 05775131.001-97 Карагінан харчовий.
2. ТУ У 13693522.002-96 Зернопродукти пробуджені.
3. Водоросли. Справочник / АН.УССР, Ин-т. ботаники им Н.Г.Холодного. – К.: Урожай, 1989. – 358 с.
4. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. / Авт.-сост.: А.И.Здобнов, В.А.Цыганенко, М.И.Пересичный.- К., А.С.К., 1998-656 с.
5. Бобков В.А., Панкратов Г.Н. Влияние функциональных компонентов на реологические свойства пшеничного теста //Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2008. – №12. – С.14-15.
6. Цыганова Т.Б. Функциональные ингредиенты и их использование //Мясные технологии. – 2007. – №4. – С.40-41.
7. Жебелева И.А., Криштафович Д.В., Горошко Г.П. Оптимизация рецептуры пельменей с учетом сбалансированности аминокислотного состава //Мясная индустрия. – 2008. – №2. – С.60-63.

УДК 664.784.6

ЭКСТРУДИРОВАННЫЕ ТЕКСТУРАТЫ – НОВЫЙ ВИД БЕЛКОВЫХ ДОБАВОК

Остриков А.Н., д-р техн. наук, профессор, Василенко В.Н., канд. техн. наук, доцент,
Татаренков Е.А., аспирант, Копылов М.В., студент
Воронежская государственная технологическая академия, г. Воронеж

В статье обоснован выбор рецептурного состава смеси зернобобовых культур для получения на их основе экструдированных белковых текстуратов с повышенной биологической ценностью и сбалансированным аминокислотным составом. Разработка конструкции экструдера с калибрующей матрицей для их получения.

In article the choice compounding structures of a mix of leguminous cultures for reception on their basis extruded albuminous textures with the increased biological value and balanced aminoacid structure is proved. Development of a design extruder with calibrating matrix for their reception.

Ключевые слова: экструдированные текстураты, химический состав.

В настоящее время одним из основных направлений в пищевой промышленности является изготовление продуктов повышенной пищевой и биологической ценности, обогащенных определенным функциональным компонентом (белком, жирами, витаминами и т. д.). В полной мере это перспективное направление реализуются при производстве готовых к употреблению снековых продуктов, изготавливаемых при помощи термопластической экструзии. Возможность регулирования состава продуктов в сторону увеличения содержания белков, витаминов или минеральных веществ играет важную роль в профилактике многих заболеваний человека. Обработка растительного сырья термопластической экструзией обеспечивает большой объем и разнообразие производимой продукции и высокий экономический эффект, обусловленный, прежде всего тем, что один экструдер может заменить целый комплекс машин и механизмов, необходимых для производства продуктов. Его использование позволяет сделать процесс непрерывным, легко контролируемым, универсальным по видам перерабатываемого сырья и готовых продуктов.

Целью данной работы является выбор и обоснование рецептурного состава смеси зернобобовых культур; получение на их основе экструдированных белковых текстуратов с повышенной биологической ценностью и сбалансированным аминокислотным составом и разработка конструкции экструдера для их получения.

Для научного обоснования выбора новых поликомпонентных смесей зернобобовых культур с повышенным содержанием белка учитывали следующие факторы: во-первых, необходимость максимального обогащения экструдированного текстурата, содержащего, в основном, углеводы, белковыми компонентами для достижения их лечебно-профилактической или физиологической дозы, во-вторых, необходимость получать продукт с высокой пищевой и биологической ценностью; в-третьих, достижение приятного вкуса и привлекательной структуры, характерной для продуктов данного класса. Стоит отметить, что именно внешний вид является одним из основных факторов при выборе потребителем продуктов питания. Кроме того наряду с развитой структурой экструдированного текстурата необходимо стремиться к получению продуктов, сбалансированных по пищевой и биологической ценности.

В качестве исходного сырья использовали: люпин [ГОСТ 11321-89 Люпин кормовой. Требование при заготовках и поставках]; фасоль [ГОСТ 7758 – 75 Фасоль продовольственная. Технические условия]; чечевица [ГОСТ 10417-74 Чечевица мелкосеменная. Требование при заготовках и поставках].

Для разработки оптимального состава смеси зернобобовых культур использовалась следующая методика расчета:

1. На первом этапе выбираются компоненты смеси, определяется их химический состав.
2. С шагом в 5 % производим расчет содержания аминокислот в разрабатываемой смеси по формуле

$$A_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} A_{ij} \cdot X_j}{100}, \qquad (1)$$

где A_i – содержание і-ой аминокислоты смеси, мг/г белка; A_{ij} – содержание i -ой аминокислоты в j -ом компоненте, мг/г белка; X_i – содержание j -ого компонента в смеси, $X_i \in [0...100]$, %; $\sum X_i = 100$;

n – число аминокислот.

3. Определяем значение аминокислотного скора и находим минимальное значение из полученных результатов $C_{\min}$

$$C_i = \frac{A_i}{A_{i.этал}}, \qquad (2)$$

где C_i – аминокислотный скор по i-ой аминокислоты смеси; $A_{i.этал}$ – содержание i-ой аминокислоты в соответствии со стандартом ФАО/ВОЗ, мг/г белка.

4. Производим расчет биологической ценности (*BC*) полученной смеси

$$BC = 100 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(C_i - C_{\min})}{n} \cdot 100 \to \max, \qquad (3)$$

где $C_{\min}$ – минимальное значение аминокислотного скора смеси.

5. Производим расчет содержания белков (*B*) и углеводов (*U*) в смеси, а также находим отношение углеводы/белки, которое согласно формуле сбалансированного питания должно быть 4:1.

$$B_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} B_j \cdot X_j}{100}, \qquad U_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} U_j \cdot X_j}{100}, \qquad B_i / U_i \to 4, \qquad (4)$$

где B_j, U_j – соответственно содержание белков и углеводов в j – ом компоненте, %.

Обработка данных производилась с помощью прикладной программы Microsoft Excel и программного математического комплекса Statistica 6.0 и на их основании определено рациональное содержание люпина, фасоли и чечевицы в исходной смеси в следующей пропорции: 15,3**:**41,5**:**43,2 (по массе).

Исходные виды зернобобовых культур измельчали в дробилке и отсеивали через сито № 2 с целью выравнивания гранулометрического состава от 0,3 мм до 0,6 мм, затем загружали в смеситель и смешивали в соотношении компонентов 15,3**:**41,5**:**43,2 по массе, а затем увлажняли до (14-18) %. Далее подготовленную смесь зернобобовых культур обрабатывали на одношнековом экструдере при температуре продукта перед матрицей (403-408) °К и давлении в предматричной зоне экструдера (5,5-6,2) МПа. Под действием давления и температуры белки подвергаются денатурации, которая представляет собой внутримолекулярное явление, характеризующееся физической перегруппировкой внутренних связей. При этом происходит нарушение упорядоченности внутреннего строения молекулы, количественно определяемое изменением физико-химических свойств белков (растворимости, способности к гидратации, вязкости растворов, устойчивости к действию ферментов, биологической активности и др.) [1]. В процессе термомеханической деструкции белоксодержащих веществ в экструдере глобулярная структура белковой молекулы преобразуется в фибриллярную. В результате термомеханического воздействия длинные белковые молекулы разрывает на более мелкие полипептидные и пептидные.

Химический состав люпина, фасоли, чечевицы и экструдированного текстурата из этих продуктов (соотношение люпина, фасоли и чечевицы 15,3**:**41,5**:**43,2 по массе) (содержание веществ в 100 г продукта) представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Химический состав люпина, фасоли, чечевицы и экструдированного текстурата

Вещества	Продукт			Смесь люпина, фасоли и чечевицы	Экструдированный текстурат
	люпин	фасоль	чечевица		
Белок, %	26,3	21	24	21,95	28,79
Вода, %	14	14	14	14	5
Валин, г	0,92	1,12	1,27	0,5	0,91
Изолейцин, г	1,22	1,03	1,02	0,45	0,79
Лейцин, г	2,25	1,74	1,89	0,81	1,42
Лизин, г	1,05	1,59	1,72	0,68	1,28
Метионин, г	0,51	0,43	0,51	0,2	0,27
Треонин, г	1,18	0,87	0,96	0,41	0,91
Триптофан, г	0,21	0,26	0,22	0,1	–
Фенилаланин, г	1,17	1,76	2,03	0,78	1,02

Для оценки качественных характеристик экструдированного текстурата были исследованы их физи-

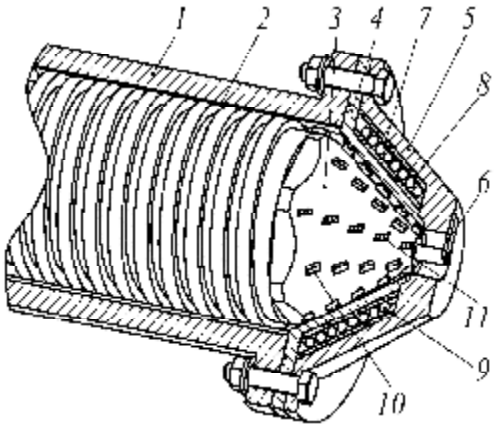
ко-химические свойства: набухаемость (водопоглотительная способность), растворимость и водоудерживающая способность (табл. 2). Эти важные показатели, демонстрирующие возможность экструдата связывать воду и растворяться в ней, характеризуют его углеводный состав, а также потребительские свойства и частично усвояемость продукта.

Другие физико-химические характеристики также соответствовали нормам для этой категории изделий (табл. 2). Энергетическая ценность полученного продукта составляет 795,65 кДж/100 г.

Таблица 2 – Физико-химические характеристики

Наименование показателей	Экструдированный текстурат
Набухаемость, г/г	21,6
Водоудерживающая способность, г/г	55,45
Влажность, %	6,6
Массовая доля общего сахара, в пересчете на СВ, %	15,3
Массовая доля жира, в пересчете на СВ, %	1,98

Для реализации технологии экструдированных белковых текстуратов с повышенной биологической ценностью и сбалансированным аминокислотным составом из смеси зернобобовых культур была разработана конструкция экструдера с калибрующей матрицей.



1 – корпус; 2 – шнек; 3 – конусообразная часть; 4 – нижняя конусообразная часть; 5 – верхняя конусообразная часть; 6 – нож; 7 – пластина из слюды; 8 – конусообразный кожух; 9 – спираль; 10 – плоские лопатки; 11 – лопатки с пазообразным вырезом

Рис. 1 – Экструдер с калибрующей матрицей

Экструдер работает следующим образом. Исходный продукт из загрузочного патрубка поступает в зону загрузки винтового канала шнека 2, при этом постепенно уплотняясь. В зоне смешивания продукт перемещается и перемешивается винтовой нарезкой шнека 2 с целью получения однородной смеси. Далее в зоне гомогенизации происходит уплотнение и измельчение продукта, что вызывает образование расплава экструдата.

Попадая в зону расположения конусообразной части 3, продукт дополнительно подогревается спиралью 9. Регулируемый теплоподвод за счет нагревательной спирали 9 обеспечивает поддержание наиболее рационального температурного режима, необходимого для обеспечения протекания физико-химических изменений с компонентами обрабатываемого продукта. Обрабатываемый продукт, находящийся в матричной зоне экструдера (в зоне расположения конусообразной части 3), подвергается интенсивному механическому перемешиванию с помощью лопаток 10 и 11. При воздействии плоских лопаток 10 расплав экструдата срезается тонкими слоями (за счет постепенно увеличивающейся их высоты в каждом ряду), а за счет лопаток 11, имеющих пазообразные, изогнутые в сторону вращения вырезы, он подвергается интенсивной термомеханической деструкции.

При этом происходит разрыв цепи белковых молекул на более мелкие составляющие (полипептиды и пептиды). При этом лопатки 10 и 11, имеющие в поперечном сечении форму параллелограмма, создают дополнительные завихрения, способствующие ускорению выхода продукта из калибрующей матрицы. При выходе из матрицы жгут продукт отрезается с помощью радиально установленного ножа 6.

Выводы

Таким образом, использование предлагаемой технологии экструдированных текстуратов позволяет повысить качество получаемых белковых текстуратов за счет регулирования термомеханического воздействия на обрабатываемый продукт; обеспечить необходимую глубину физико-химических превращений компонентов обрабатываемого продукта за счет регулирования теплоподвода с помощью нагревательной спирали 9 и степени термомеханической деструкции с помощью лопаток 10 и 11; получать экструдированные текстураты с хорошими потребительскими свойствами и достаточно высокой биологиче-

ской и пищевой ценностью; использовать в качестве исходных компонентов смеси широко распространенные и недорогие виды сырья и расширить ассортимент выпускаемой продукции.

Литература

1. Остриков, А. Н. Экструзия в пищевой технологии [Текст] / А. Н. Остриков, О. В. Абрамов, А. С. Рудометкин. – С.-Пб.: ГИОРД, 2004. – 288 с.

УДК 664.647.19:664.681.1:664.667

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОДУКТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЯЧМЕНЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕЧЕНЬЯ И ПРЯНИКОВ

Новожилова Е.С., канд. техн. наук, доцент; Рукшан Л.В., канд. техн. наук, доцент
Могилевский государственный университет продовольствия, г. Могилев, Республика Беларусь

Исследована возможность использование ячменной муки для расширения ассортимента сдобного печенья и сырцовых пряников. Определен химический состав зерна ячменя. Оценено качество ячменной муки. Оценено качество печенья и пряников. Определена пищевая ценность мучных кондитерских изделий. Определены оптимальные дозировки ячменной муки. Изучены технологические режимы при производстве печенья и пряников с ячменной мукой. Установлено положительное влияние ячменной муки на качество, сроки хранения и пищевую ценность мучных кондитерских изделий. Использование ячменной муки в технологическом процессе производства сдобного песочно-выемного печенья и сырцовых пряников требует снижения продолжительности замеса теста и удлинения времени выпечки готовых изделий. Установлено, что использование ячменной муки взамен пшеничной снижает себестоимость мучных кондитерских изделий.

Possibility use of a barley flour for expansion of assortment of rich cookies an spice-cakes is investigated. The chemical compound of grain of barley is defined. Quality of a barley flour is estimated. Quality of cookies and spice-cakes is estimated. Food value of flour confectionery products is defined. Optimum dosages of a barley flour are defined. Technological modes are studied by manufacture of cookies and spice-cakes with a barley flour. It is established positive influence of a barley flour on quality, periods of storage and food value of flour confectionery products. Use of a barley flour in technological process of manufacture rich pesochnovyemnogo cookies and сырцовых spice-cakes demands duration decrease замеса the test and lengthening of time of a batch of finished articles. It is established, that use of a barley flour instead of the wheaten reduces the cost price of flour confectionery products.

Ключевые слова: ячмень, мука ячменная, мучные кондитерские изделия, печенье сдобное, пряники сырцовые.

В рационе питания большей части населения ведущее место занимают мучные продукты, в том числе мучные кондитерские изделия. Расширение ассортимента мучных кондитерских изделий с функциональными свойствами, оказывающих благотворное влияние на деятельность жизнеобеспечивающих систем организма человека, снижающих риск возникновение различных заболеваний, является одной из задач кондитерской промышленности на современном этапе.

Все большую популярность в производстве мучных кондитерских изделий приобретает использование нетрадиционных видов муки из кукурузы, сои, риса, овса и других злаковых и бобовых культур.

Неоправданно мало в кондитерском производстве используется мука и продукты переработки из зерна ячменя, хотя ячмень – одна из широко распространенных сельскохозяйственных культур, Он имеет достаточно сбалансированный химический состав, богатый витаминами (РР, Е, К, группы В) и минеральными веществами (по содержанию калия, кальция, фосфора, кобальта, кремния превышает зерно пшеницы). По содержанию белка и сахаров ячмень занимает промежуточное положение между пшеницей и рожью. Ячмень содержит достаточно ценные по аминокислотному составу белки (не сбалансированы только по лизину и треонину), слизи, богат активными ферментами (амилаза, протеаза, пероксидаза). Липиды ячменя содержат значительное количество ненасыщенных жирных кислот. Особенностью химического состава ячменя является высокое содержание пищевых волокон, особенно водорастворимого полисахарида β-глюкана, обладающего холестериноснижающим эффектом [1−4].

Таким образом, применение зерна ячменя при производстве мучных изделий на данный момент является целесообразным, что обусловлено его ценным химическим составом и повышенной пищевой цен-

ностью, обширной зоной распространения, неприхотливостью при выращивании, чем выгодно отличается от пшеницы. Кроме того, эта зерновая культура является недорогостоящим сырьем.

Ячмень является сырьем при получении крупы, муки, солода, пива, спирта, солодовых экстрактов и кофейных напитков. В хлебопечении ячмень используют преимущественно в тех регионах, где затруднено выращивание других злаков. Хлеб из ячменя получается низкого качества, быстро черствеет, поэтому ячменную муку применяют, в основном, в качестве добавки к пшеничной муке. В кондитерской отрасли ячмень используется мало и также чаще всего с целью обогащения мучных изделий [5–8].

Целью настоящей работы явилось исследование возможности использования ячменной муки при производстве сдобного печенья и сырцовых пряников.

При оценке качества зерна ячменя и ячменной муки использовались стандартные методы и методики. При проведении исследований по получению кондитерских изделий использовалось сырье, соответствующее требованиям соответствующих ТНПА. В качестве контрольных образцов использовали сдобное песочно-выемное печенье «С корицей» из муки высшего сорта [9] и пряники сырцовые «Симферопольские» из муки первого сорта [10]. Тесто для печенья и пряников готовили на эмульсии [11]. Для оценки качества сырья, полуфабрикатов и готовых изделий применяли стандартные методы испытаний.

В связи с тем, что нет ячменя, предназначенного для мукомольного производства и рекомендаций по использованию ячменя продовольственного назначения, нами проведены комплексными исследованиями по оценке качества сортового ячменя белорусской селекции. Исследованию подвергались такие сорта, как Пасадена, Филадельфия, Атаман, Бровар, Тюрингия и Талер. В результате анализа полученных данных сорт Бровар, который селекционерами Республики Беларусь отнесен к пивоваренным ячменям, выбран для последующих помолов в муку. Ячмень Бровар имел следующий химический состав: белок – 11,1 %, крахмал – 46,2 %, сахар – 2,1 %, жир – 1,4 %, клетчатка – 4,1 %. В нем содержалось 0,4 % фосфора, 0,19 % кальция и достаточное количество микро- и макроэлементов. По показателям безопасности ячмень не выделялся из всех исследуемых сортов и имел значения всех показателей безопасности намного ниже допустимых.

Ячменная мука получена по схеме, включающей три драных и две размольных системы, в качестве одного из потоков. Оценка качества ячменной муки показала, что по органолептическим показателям качества ячменная мука существенно отличается от пшеничной муки, имеет сероватый цвет; специфический крахмалистый привкус, характерный запах. Особенностями физико-химических свойств муки из пивоваренного ячменя по сравнению с пшеничной мукой являются более низкая влажность (10,6%), высокая кислотность (8,4 градуса). Она охарактеризована как слабая по силе (седиментационный осадок менее 20 мл), с умеренным содержанием водорастворимых веществ (автолитическая активность 15%), с высокой крупностью (средний размер частиц около (170-200) мкм) и значительной щелочеудерживающей способностью (114%), что позволяет ее считать пригодной для получения мучных кондитерских изделий.

Исследуемая ячменная мука имела 12,5 % белка, 62,5 % крахмала, 1,3 % жира, 1,8 % сахаров и 1,95 % клетчатки. Ее вносили при замесе теста для сдобного печенья и сырцовых пряников в количестве 10 %, 15 %, 20 %, 50 % и 100 % взамен пшеничной муки высшего сорта.

На последующем этапе исследований проводили изучение влияния добавления ячменной муки на качество клейковины. В таблице 1 приведены показатели качества клейковины при добавлении 10 и 15 % ячменной муки к пшеничной муке высшего сорта. Видно, что приводимые дозировки оказали влияние только на количество сырой клейковины, показатели качества клейковины изменялись несущественно. При добавлении большего количества ячменной муки к пшеничной муке высшего сорта клейковина не отмывалась.

Таблица 1 – Показатели качества клейковины

Показатели	Единицы измерения	Пшеничная мука высшего сорта (контроль)	Количество ячменной муки, %	
			10	15
Количество сырой клейковины	%	28	24	24
Качество сырой клейковины	ед.пр. ИДК	58	64	64
Растяжимость сырой клейковины	см	18	18	17
Эластичность	см/с	8	9	10
Количество сухой клейковины	%	8,4	8,4	8,2
Гидратационная способность	%	232	175	131

Влияние ячменной муки на технологические параметры приготовления полуфабрикатов приведены в таблицах 2 и 3.

Как видно из данных таблиц 2 и 3, с внесением ячменной муки несколько увеличивается влажность теста, что, вероятно, связано с повышением количества свободной влаги в тесте в результате снижения содержания клейковины. По этой же причине при внесении ячменной муки свыше 15 % взамен пшеничной немного уменьшается продолжительность замеса теста. При этом температура теста практически не изменяется, а продолжительность выпечки при постоянной температуре возрастает.

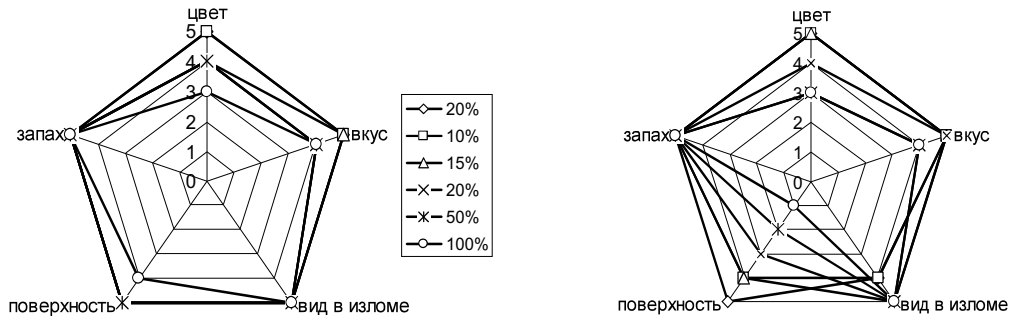
Таблица 2 – Влияние ячменной муки на технологические параметры приготовления печенья

Наименование технологических параметров	Значения технологических параметров при различном содержании ячменной муки, %					
	0	10	15	20	50	100
Сдобное печенье						
Влажность теста, %	17,5	17,5	17,6	17,8	18,0	18,4
Температура теста, °С	20	20	20	20	20	20
Продолжительность замеса, мин	5	5	5	4	4	4
Продолжительность выпечки, мин	10	10	10	10	12	12
Температура выпечки, ºС	210	210	210	210	210	210

Таблица 3 – Влияние ячменной муки на технологические параметры приготовления пряников

Наименование технологических параметров	Значения технологических параметров при различном содержании ячменной муки, %					
	0	10	15	20	50	100
Сырцовые пряники						
Влажность теста, %	23,8	24,3	24,6	24,7	25,4	27,2
Температура теста, ºС	20	20	20	20	20	20
Продолжительность замеса, мин	5	5	5	4	4	4
Продолжительность выпечки, мин	12	20	20	22	25	25
Температура выпечки, ºС	210	210	210	210	210	210

Готовые изделия оценивали по органолептическим (вкус и запах, цвет, поверхность, вид в изломе) и физико-химическим показателям качества (влажность, щелочность, плотность, для печенья – намокаемость). Результаты органолептического анализа печенья и пряников с ячменной мукой представлены на рисунке 1.



а) б)

а – сдобное печенье; б – сырцовые пряники

Рис. 1 – Сенсорная оценка мучных кондитерских изделий с использованием ячменной муки

Из рисунка 1 видно, что введение ячменной муки незначительно ухудшает вкус изделий (появляется крахмалистый привкус), существенно влияет на изменение их цвета (от светло-желтого до серого), а в

пряниках приводит к растрескиванию поверхности. Запах изделий и их вид в изломе при добавлении ячменной муки остаются на уровне контрольных образцов.

Результаты исследований физико-химических показателей качества готовых изделий представлены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 – Влияние ячменной муки на физико-химические показатели качества сдобного печенья

Наименование параметров	Значения технологических параметров при различном содержании ячменной муки, %					
	0	10	15	20	50	100
Влажность, %	7,2	7,6	7,6	7,6	9,1	11,0
Щелочность, град	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Плотность, г/см^3	0,54	0,54	0,54	0,55	0,55	0,56
Намокаемость, %	150	150	150	150	140	135

Из результатов таблиц 4 и 5 видно, что с возрастанием дозировки ячменной муки влажность готовых изделий несколько повышается, щелочность не изменяется, намокаемость печенья незначительно снижается, при этом все показатели качества соответствуют ГОСТ 24901-89 [12] и ГОСТ 15810-96 [13]. Внесение ячменной муки в незначительной степени повышает плотность готовых изделий, которая при этом остается на уровне «хорошей» [14]. Отмечено, что все показатели качества печенья и пряников соответствуют стандартам на протяжении гарантийных сроков хранения.

Таблица 5 – Влияние ячменной муки на физико-химические показатели качества сырцовых пряников

Наименование технологических параметров	Значения технологических параметров при различном содержании ячменной муки, %					
	0	10	15	20	50	100
Влажность, %	12,6	12,8	12,8	13,1	14,0	14,8
Щелочность, град	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
Плотность, г/см^3	0,50	0,50	0,51	0,52	0,56	0,60

В результате проведенных исследований отобраны образцы сдобного печенья с использованием 100 % ячменной муки и сырцовых пряников – с внесением 15 % ячменной муки взамен пшеничной. Цвет изделий скорректирован путем применения порошка какао в рецептурах печенья и пряников.

Разработаны две унифицированные рецептуры – печенья сдобного песочно-выемного «Ячменное» и пряников сырцовых «Злаковые». Пищевая ценность разработанных сортов печенья и пряников в сравнении с контрольными образцами приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Характеристика пищевой ценности мучных кондитерских изделий

Наименование показателей	Содержание в 100 г изделия			
	печенье сдобное		пряники сырцовые	
	«С корицей» (контроль)	«Ячменное»	«Симферо-польские» (контроль)	«Злаковые»
Белки, г	8,11	8,91	5,54	5,67
Жиры	9,18	9,04	2,40	2,36
Усвояемые углеводы, в том числе	62,08	62,13	71,39	67,79
моно- и дисахариды	23,01	23,48	38,39	36,64
крахмал	37,51	37,10	31,68	29,91
Неусвояемые углеводы, в том числе	3,48	3,74	2,85	2,28
Клетчатка	0,58	0,69	0,10	0,16
Органические кислоты	0,04	0,04	0,02	0,02
Зола	0,57	0,98	0,35	0,53
Энергетическая ценность	356	358	320	325

По результатам таблицы 6 можно судить о положительном влиянии использования ячменной муки на пищевую ценность печенья и пряников. При добавлении ячменной муки в готовых изделиях отмечено увеличение содержания белковых веществ, пищевых волокон, минеральных веществ, при этом калорийность печенья и пряников почти не изменилась.

Экономическим расчетом установлено, что полная себестоимость 1 кг сдобного печенья «Ячменное» ниже себестоимости печенья «С корицей» на 0,65 $, а 1 кг пряников «Злаковых» дешевле на 0,12 $ по сравнению с пряниками «Симферопольские».

Выводы

— Использование муки из пивоваренного ячменя возможно и целесообразно для расширения ассортимента сдобного печенья и сырцовых пряников.

— При производстве сдобного песочно-выемного печенья возможна замена 100 % муки пшеничной мукой из пивоваренного ячменя.

— При производстве сырцовых пряников возможно использование муки из пивоваренного ячменя взамен 15 % муки пшеничной.

— Качество и срок хранения готовых изделий с использованием рекомендуемого количества ячменной муки соответствует требованиям действующих стандартов.

— Использование ячменной муки в технологическом процессе производства сдобного песочно-выемного печенья и сырцовых пряников требует снижения продолжительности замеса теста и удлинения времени выпечки готовых изделий.

— Внесение ячменной муки улучшает пищевую ценность мучных кондитерских изделий по содержанию белков, минеральных веществ, пищевых волокон.

— Использование ячменной муки взамен пшеничной снижает себестоимость мучных кондитерских изделий.

Литература

1. Ячмень обыкновенный / Он-лайн Энциклопедия «Кругосвет» – [Электрон. ресурс]. – 2001-2009. Режим доступа: http: // www. info@krugosvet.ru.
2. Ячмень (Hordeum) / Зерно Он-Лайн – [Электрон. ресурс]. – 2008. – Режимы доступа: http: // www.zol@zol.ru, http: // www.mydieta.ru.
3. Фаст, Р., Зерновые завтраки / Р.Фаст, Э.Колдуэли; Под общ. ред. В.С. Иунихиной и С.В. Крауса – СПб.: Профессия, 2007. – 528 с.
4. Егоров, Г.А. Управление технологическими свойствами зерна. – Воронеж: Воронеж. госуд. Университет, 2000. – 348 с.
5. Еремина, О.Ю. Использование вторичных продуктов переработки ячменя / О.Ю.Еремина, Т.Н. Иванова // Пищевая промышленность. – 2009. – №6. – С. 34-35.
6. Капрельянц, Л.В. Зерновые многокомпонентные ингредиенты для функционального питания / Л.В. Капрельянц, Е.Г. Иоргачева // Пищевая промышленность. – 2003. – №3. – С. 22-23.
7. Валишина, Г.Л. Зерновые смеси // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2009. – №8. – С.16-17.
8. Стальнова, И.А. Разработка технологии хлебобулочных изделий с ячменной мукой / И.А. Стальнова, В.П. Чистяков, Г.В. Шабурова. // Естественные и технические науки. – 2007. – №4. – С. 272-276.
9. Рецептуры на печенье. – М.: ВНИИКП, 1987. – 248 с.
10. Рецептуры на пряники. – М.: ВНИИКП, 1986. – 210 с.
11. Маршалкин, Г.А. Производство кондитерских изделий: учебник. – М.: Колос, 1994. – 272 с.
12. ГОСТ 24901-89. Печенье. Общие технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 13 с.
13. ГОСТ 15810-96. Изделия кондитерские пряничные. Общие технические условия. – Минск: Издательство стандартов, 1998. – 9 с.
14. Лурье, И. С. Технохимический контроль сырья в кондитерском производстве: справочник / И.С. Лурье, А.И.Шаров. – М.: Колос, 2001. – 351 с.

УДК 664.6/.7

ВПЛИВ ІНТЕНСИВНОЇ ВОДНО-ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ НА ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТІСТА

Сафонова О.М., д-р техн. наук, професор, Полудненко О.О., аспірант, Дугіна К.В., магістрант, Юферов В.Б., д-р техн. наук, професор, Озеров О.М., молодший науковий співробітник
Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка

Представлено новий спосіб скорочення водно-теплової обробки зерна пшениці перед сортовим хлібопекарським помелом. Наведені результати впливу такої обробки на фізичні властивості тіста.

This article represents a new way of reduction water thermal processing of grain of wheat before high-quality a bread baking grinding. Results of influence of such processing on the physical properties of the dough are resulted.

Ключові слова: водно-теплова обробка, фізичні властивості тіста.

Важливою характеристикою борошна є його фізичні властивості, які в кінцевому результаті визначають якість готового виробу. Тому необхідними є дослідження впливу нового способу водно-теплової обробки зерна пшениці перед сортовим помелом на фізичні властивості тіста.

Сила борошна є основним фактором, що визначає його хлібопекарські властивості. Сила борошна визначає здатність утворювати тісто, яке має певні структурно-механічні властивості (пружність, еластичність, пластичність, в'язкість). Сильне борошно містить багато білків, має високу водопоглинальну здатність, утворює велику кількість клейковини. Головним показником сили борошна є кількість і фізичні властивості клейковини.

Правильне ведення процесу водно-теплової обробки (ВТО) неможливе без спрямованого покращення технологічних властивостей зерна. Особливо важливо покращити властивості клейковини. Це необхідно у тих випадках, коли у зерна, що надходить на переробку, клейковина відрізняється дуже малою або ж, навпаки, великою розтяжністю. У першому випадку кріпку клейковину потрібно ослабити, а в другому – укріпити.

Очевидно, ослаблення клейковини відбувається, якщо молекули формуючих клейковину білків піддати деякому ферментативному гідролізу. Тому необхідно забезпечити умови для такого гідролізу відповідним підбором параметрів ВТО. Краще за все це досягається при температурі 20-35 ^{o}C і при тривалому відволоженні, тобто при «холодному» або «теплому» кондиціюванні.

Навпаки, для укріплення клейковини потрібно білки, які входять до її складу, піддати деякій денатурації, що краще за все досягається обробкою зерна при 50-60 ^{o}C протягом невеликого періоду.

При «холодному» кондиціюванні збільшується питома розтяжність клейковини, особливо помітно змінюються властивості слабкої клейковини.

Встановлено також, що в результаті ВТО еластичність клейковини підвищується; може бути збільшеним і вихід сирої клейковини, але це відбувається в результаті зростання її гідрофільності.

Таким чином, при виборі методу ВТО і параметрів її режиму необхідно знати вихідну якість клейковини. У процесі ВТО властивості клейковини можуть бути значно покращені.

Крім покращення клейковини, при ВТО може бути знижена зольність ендосперму і завдяки цьому збільшений вихід борошна високих ґатунків. Окрім цього, можливим є перенесення мінеральних речовин з ендосперму у зародок.

При «гарячому» та «швидкісному» кондиціюванні порівняно з «холодним» спостерігається тенденція до зниження зольності борошна та збільшення виходу високих ґатунків і всього борошна, а також помітного покращення білизни борошна.

«Гаряче» кондиціювання при помірних температурах нагріву до 45 ^{o}C також здійснює розслаблюючий вплив (менш помітний, ніж при «холодному» кондиціюванні) на клейковину або залишає її без змін, що характерно для м'якої пшениці I та III типів. Перевищення температури викликає часткову денатурацію білків, внаслідок чого підвищується їх стійкість до дії ферментів. Тому при температурі нагрівання зерна вище 45 ^{o}C відбувається укріплення клейковини [1, 2].

Метою досліджень було визначення впливу акустичних хвиль в умовах розрідженого середовища на фізичні властивості тіста з борошна, яке отримали з обробленого імпульсами зерна.

Для дослідження використовували прилади фариноґраф та альвеоґраф, за допомогою яких вивчали структурно-механічні властивості тіста під час замісу, а також визначали зміни, які відбуваються під час формування структури тіста (табл.1, табл. 2).

Таблиця 1– Показники борошна, отримані на фаринографі

Показники	Умови проведення водно-теплової обробки зерна				
	без ВТО (зразок 1)	традиційна холодна ВТО (зразок 2)	100 імпульсів (імп=144,8Дж ∑=14480 Дж) силою 3 бали, тиск-60 мм. рт. ст. (зразок 3)	122 імпульсів (імп=118,6Дж, ∑=14480 Дж) силою 3 бали, тиск-180 мм. рт. ст. (зразок 4)	150 імпульсів (імп=118,6Дж, ∑=17790 Дж) силою 3 бали, тиск-180 мм. рт. ст. (зразок 5)
Вологість борошна, %	11,0±0,33	13,2±0,40	13,3±0,40	12,0±0,36	13,2±0,40
Водопоглинальна здатність, %	52	52	52	52	52
Час утворення тіста, хв	4,5±0,14	5±0,15	6±0,18	6,5±0,20	6,5±0,20
Стійкість тіста, хв	1±0,03	1±0,03	1,5±0,05	1±0,03	1,5±0,05
Час опору тіста, хв	5,5±0,17	6±0,18	7,5±0,23	7,5±0,23	8±0,25
Максимальна величина підйому кривої, од. пр.	610±18,3	620±18,6	620±18,6	560±16,8	600±18,0
Еластичність і розтяжність, од. пр.	100±3,0	100±3,0	120±3,6	80±2,4	100±3,0
Розрідження тіста, од. пр.	130±3,9	130±3,9	110±3,3	100±3,0	85±2,6
Сила борошна, од. валориметра	89±2,7	90±2,7	91,5±2,7	90,5±2,7	92±2,8

Як видно з отриманих даних, у контролю, 3 та 5 зразків при однаковій вологості борошна і однаковій кількості води, витраченої на заміс, максимальна величина підйому кривої фарингограми у перших двох зазначених зразках – 620 од. пр. (більша сила борошна), в останнього – 600 од. пр., (дещо менша сила за водопоглинальною здатністю). Вихідний (вологістю 11,0 %) та 4 (вологістю 12,0 %) зразки, враховуючи їх меншу вологість і однакову кількість води, за величиною максимального підйому кривої фарингограми менші за силою від вказаних вище зразків.

Час опору тіста, який складається з часу на утворення тіста та його стійкості, однаково вищий у всіх зразків, оброблених імпульсами (дещо більший у 4 зразка), що свідчить про більшу силу борошна, ніж у вихідного зразка і контролю.

Більша еластичність і розтяжність при меншому розрідженні характеризує сильніше борошно, таке, яким є 3 зразок у порівнянні з 1 та 2 зразками. У 5 зразка еластичність та розтяжність така, як і у контрольних зразків, а розрідження менше на 45 од. пр. (34,5 %); 4 зразок характеризується меншим на 30 од. пр. (23 %) розрідженням, але й еластичність та розтяжність у нього зменшуються на 20 од. пр. (20 %) у порівнянні з контролем та вихідним зразком.

Сумарний показник сили борошна підвищився на 1,5...2 од. валориметра у 3-го та 5-го зразків відносно контролю.

Аналіз даних фарингограм вказує на те, що 3 та 5 зразки близькі за силою, але 3 зразок характеризується більшою водопоглинальною здатністю, більшою еластичністю та розтяжністю, але й більшим розрідженням порівняно з 5 зразком, що пояснюється станом біополімерів (білків та крохмалю) та активністю ферментативного комплексу борошна.

Можна припустити, що обробка зерна пшениці в умовах більшого розрідження у середовищі камери значнішою мірою здійснює конфірмаційні зміни в молекулах білка, зокрема клейковинних, та крохмальних зернах. Слід також враховувати вплив обробки на ферментативний комплекс борошна, який також зазнає змін, у тому числі змінюється і його активність по відношенню до складових борошна. Тому відбуваються відповідні зміни фізичних властивостей тіста, які обумовлені станом та характеристиками біополімерів.

Таблиця 2 – Показники борошна, отримані на альвеографі

Показники	Умови проведення водно-теплової обробки зерна				
	без ВТО (зразок 1)	традиційна холодна ВТО (зразок 2)	100 імпульсів (імп=144,8Дж, ∑=14480 Дж) силою 3 бали, тиск-60 мм. рт. ст. (зразок 3)	122 імпульсів (імп=118,6Дж, ∑=14480 Дж) силою 3 бали, тиск-180 мм. рт. ст. (зразок 4)	150 і мпульсів (імп=118,6Дж , ∑=17790 Дж) силою 3 бали, тиск-180 мм.рт.ст. (зразок 5)
Вологість борошна, %	11,0±0,33	13,2±0,40	13,3±0,40	12,0±0,36	13,2±0,40
Пружність тіста P, мм	62±1,9	60±1,8	69±2,1	60±1,8	68±2,0
Розтяжність тіста L, мм	83±2,5	111±3,3	113±3,4	89±2,7	102±3,1
Відношення P/ L	0,7	0,5	0,6	0,7	0,7
Сила борошна, од. альвеографа	190±5,7	216±6,5	275±8,3	177±5,3	255±7,7
Індекс еластичності	48±1,4	63±1,9	71±2,1	50±1,5	72±2,2

У 3 та 5 зразків підвищилася пружність відносно контролю на 15 % та на 13,3 % відповідно, що свідчить про збільшення сили борошна. Розтяжність у 3 зразка близька до контролю, а у 5 менша на 8 %, тому відношення пружності до розтяжності в останнього більше.

Четвертий зразок за всіма показниками близький до вихідного зразка і за силою навіть дещо менший за нього.

За силою борошна 3 зразок перевищує 5 зразок, і в обох цей показник вищий у порівнянні з вихідним та контрольним зразками. Величина роботи деформації 3 та 5 зразків характеризує борошно за силою як середнє, тоді як вихідний зразок за цим показником – слабкий за силою.

Індекс еластичності також найвищий у 3 та 5 зразків.

Тож, інтенсивніша обробка (3 зразок) при меншій сумарній енергії впливу на зерно забезпечує суттєвіше підвищення пружності й розтяжності тіста з такого борошна, ніж при меншій інтенсивності обробки (5 зразок).

Висновки

Більш суворі параметри обробки (більше розрідження середовища камери) суттєвіше впливають на зерно, його біополімери та ферменти, навіть при меншій сумарній енергії впливу.

Вплив імпульсної обробки при однаковій сумарній енергії і більшому тиску в камері має менш ефективний результат у порівнянні з високим розрідженням. Тільки за рахунок підвищення сумарної енергії впливу на зерно завдяки збільшенню кількості імпульсних коливань можна досягти більш позитивного ефекту.

При підборі відповідних параметрів обробки у пневмоімпульсній установці можливим є скорочення тривалості ВТО зерна без погіршення хлібопекарських властивостей отриманого з нього борошна.

Література

1. Єгоров Г.А. Гідротермічна обробка зерна. – М.: Колос, 1968. – 274 с.
2. Бутковский В.А., Мерко А.И., Мельников Е.М. Технология зерноперерабатывающих производств. – М.: Интерграф сервис, 1999. – 487 с.

УДК 664:613.4: 665.52

НОВІ АРОМАТИЗАТОРИ У ВИРОБНИЦТВІ ЛЬОДЯНИКОВОЇ КАРАМЕЛІ

Фролова Н.Е, канд. техн. наук, доцент, Українець А.І., д-р техн. наук, професор,
Усенко В.О., старш. наук. співробітник
Національний університет харчових технологій, м. Київ

Розроблено композиційний натуральний ароматизатор на основі комбінування двох частин − ароматичної А і екстрактивної Б. До складу частини А входять ефірні олії, до складу частини Б − екстракти лікарських трав. Складники ароматизатора здатні справляти оздоровчу дію на дихальну систему організму та проявляти тонізуючий ефект. Ароматизатор вноситься на стадії охолодження карамельної маси, що дозволить виготовляти продукцію з високими органолептичними показниками. Крім того, відбувається якісна зміна структури карамелі шляхом введення в карамельний сироп перед його уварюванням піноутворювача – екстракту кореня солодки. Карамель має приємний кисло-солодкий смак, запах квітучого лугу з тонами цитрусу, пористу структуру.

A composition natural flavour is developed on the basis of combining of two parts - aromatic A and extract B. Composition part A is essential oils, part B is extracts of medicinal herbares. Constituents a flavour are able to produce the health operating on the respiratory system of organism and show a restorative effect. A flavour is brought in on the stage of cooling of caramel mass which will allow to make products with high organoleptic indexes. In addition, there is a high-quality change of structure of caramel by introduction to caramel syrup before his boiling of foamer – to the extract liquorice root. Pleasant sweet-and-sour taste has a caramel, smell of flowering meadow with tones a citrus, porous structure.

Ключові слова: натуральний ароматизатор, льодяникова карамель, екстракт, шавлія мускатна, корінь солодки, рецептура, функціональна дія.

Ароматизатори при виробництві льодяникової карамелі застосовують давно. Для надання виробам відповідного аромату в карамелеву масу вводять різні ароматизувальні джерела, до яких можна віднести есенції, ванілін, ефірні масла тощо. Довгий час найбільш поширеними джерелами аромату були есенції на основі ефірних олій (анісова, апельсинова, лимонна, трояндова, м'ятна, мандаринова та ін.); натуральні соки (вишневий, малиновий, виноградний); настої прянощів, плодів, рослин (гвоздика, кориця, бруньки чорної смородини, кава, какао); екстрактів ягід (полуниця, чорна смородина, малина, вишня, виноград). Проте зараз найчастіше використовують есенції (ароматизатори), синтезовані хімічним шляхом. Наприклад, грушеву есенцію отримують розчиненням у спиртовому розчині ароматизатора на основі амілацетату, ананасову есенцію − на основі етилбутирату, яблучну есенцію – на основі амілвалеріату, ромову – етилформіату [1]. Такі ароматизатори не несуть жодної користі організму людини, а в деяких випадках можуть викликати алергію.

В усьому світі відома карамель Доктор Тайс (країна Германія) з екстрактом шавлії і вітаміном С, ароматизована ефірною олією шавлії. Ця карамель належить до фармацевтичної групи як антисептичний засіб, застосовуваний при захворюваннях верхніх дихальних шляхів, при запальних захворюваннях порожнини рота й горла, кровоточивості ясен. Продукт має високу ціну і комерційну таємницю технологічного виготовлення.

Метою представленої наукової розробки є льодяникова карамель функціональної дії „Цілителька". В основу розробки покладено внесення на стадії охолодження карамельної маси комбінаційного натурального ароматизатора, що дозволить виготовляти продукцію з високими органолептичними показниками і фізіологічною дією на організм людини. Крім того, відбувається якісна зміна структури карамелі шляхом введення в карамельний сироп перед його уварюванням піноутворювача – екстракту кореня солодки.

За харчовою цінністю розроблена карамель „Цілителька" практично не відрізняється від виробів, виготовлених класичною технологією, але перевищує поширені вироби за фізіологічною цінністю та органолептичними показниками. Така карамель має приємний кисло-солодкий смак, запах квітучого лугу з тонами цитрусу, пористу структуру.

Ароматизація карамельної маси відбувається натуральним ароматизатором на основі комбінації ароматичної частини А і екстрактивної частини Б. До складу частини А входять ефірні олії, до складу частини Б − екстракти лікарських трав. Складники ароматизатора здатні справляти оздоровчу дію на дихальну систему організму та проявляти тонізуючий ефект.

До складу ароматичної частини А входять дві ефірні олії − шавлії мускатної і м'яти котячої. Ефірна олія шавлії мускатної бактерицидна стосовно збудників гострих запальних захворювань органів дихання, простудних захворювань, при катаральних явищах та супутньої мікрофлори. Крім протизапальної і бактерицидної дії, ця ефірна олія є стимулятором симпатичної нервової системи, проявляє тонізуючий ефект, спроможна стимулювати бар'єрні фактори імунітету, володіє антиокислювальною дією. Ефірна олія м'яти котячої підтримує та оновлює захисні сили організму людини, володіє антибактеріальною дією, посилює діяльність шлунково-кишкового тракту, позитивно впливає на нервову систему.

Французькі вчені довели, що один день голодування й прийом протягом 1 – 2 доби ефірних олій шавлії, м'яти котячої забезпечують повну ліквідацію патогенних бактерій у кишечнику при збереженні корисної мікрофлори [2].

У Кримському НДІ ім. І.М. Сєченова підтверджена й імуномодулююча активність ефірної олії шавлії, проявом якої була здатність активно впливати на первинну і вторинну імунну відповідь в експерименті [3].

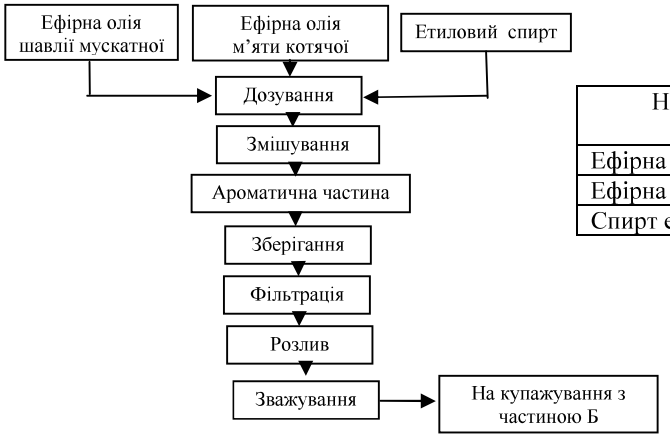
Розраховано енергетичну цінність 100 г карамелі „Цілителька", яка становить 366 ккал. Визначено, що при споживанні карамелі 25...50 г за добу кількість простих вуглеводів становитиме 30 % до рекомендованої норми [4]. Використання у раціоні харчування цього виробу дасть змогу споживачам, у тому числі дітям, проводити профілактику респіраторних захворювань та підвищувати опірність організму.

В таблиці 1 показано основні органолептичні характеристики ефірних олій, використовуваних в розробці ароматизатору.

Таблиця 1 – Органолептичні характеристики ефірних олій

Назва показника	Ефірні олії	
	Шавлії мускатної	М'яти котячої
Зовнішній вигляд	Рідина світло-коричневого кольору	Рухлива рідина від світло-жовтого до темно-жовтого кольору
Запах	Мускатний, пряний	Трав'янисто-цитрусовий
Смак	Пряний	Від пряного до терпкого

На рис. 1 наведено технологічну схему отримання ароматичної частини А, в таблиці 2 показано масові співвідношення її складників.



Таблиця 2 – Співвідношення компонентів ароматичної частини А

Назва компонентів	Масова частка, $см^3$
Ефірна олія шавлії мускатної	1,57
Ефірна олія м'яти котячої	1,43
Спирт етиловий	10:1

Рис. 1 – Технологічна схема отримання ароматичної частини А

Отримання екстракційної частини Б композиційного ароматизатора здійснюється шляхом екстрагування обраної пряно-ароматичної сировини (квітки й листя шавлії лікарської та кореня солодки) з наступним концентруванням отриманого екстракту в м'якому режимі. Оптимальними умовами концентрування екстрактів шавлії лікарської та кореня солодки у ротаційному випарнику є температура 40...50 °С та залишковий тиск 0,01 МПа. За такими параметрами процес відбувається з мінімальними втратами ароматичних речовин унаслідок виносу з водяною парою. Готовий продукт купажується з ароматичною частиною А. Параметри отримання екстрактивної частини Б наведено у таблиці 3.

Таблиця 3 – Параметри отримання екстрактивної частини Б

Найменування показника	Значення
Частка спирту в екстрагенті, об. %	40
Ступінь помелу сировини, мкм	200...300
Співвідношення “сировина : розчинник”	1:15
Час екстракції, хв	40...45
Температура екстракції, °С	20...25
Температура концентрування, °С	40...45
Залишковий тиск, МПа	0,01

Екстракти шавлії лікарської виявляють протизапальну, в’яжучу, дезінфекційну, відхаркувальну, екстрогенну дії, зменшують потовиділення, збуджують виділення шлункового соку.

Препарати кореня солодки широко використовуються у фітомедицині й косметології. Останнім часом екстракт та сироп кореня солодки знайшов своє використання: у харчовій промисловості, зокрема при виробництві безалкогольних напоїв, кисломолочних продуктів [5]. Містить комплекс поліфенольних сполук, які мають жовчогінну, протизапальну і спазмолітичну дію, а також гліциризин із солодким смаком, який у 40 разів солодший від цукру. Окрім того, гліциризин регулює водно-сольовий обмін, має антимікробну й спазмолітичну дію [6].

Таким чином, додавання рослинних екстрактів до ароматичної комбінації дає змогу збагатити продукт біологічно активними речовинами, знижуючи при цьому калорійність виробу.

В таблиці 4 наведено результати досліджень якісних показників концентрованих екстрактів шавлії лікарської та кореня солодки, проведених за стандартними методиками.

Таблиця 4 – Органолептичні і фізико-хімічні показники екстрактів рослинної сировини

Найменування показника	Характеристика концентрованого екстракту	
	Шавлії лікарської	Кореня солодки
Зовнішній вигляд	Густа прозора рідина без сторонніх включень	В’язка, густа рідина без сторонніх включень
Колір	Темно-коричневий	Зеленувато-коричневий
Смак і аромат	Лимонно-трав’янистий аромат з в’яжучого смаку	Солодкий із післясмаковою гірчинкою
Масова частка екстрактивних речовин	15 ± 2,0 %	12 ± 2,0 %
Дубильні і барвні речовини, г/л	2.931	2,737
Забарвленість, мл 0,1 N I_2 на 100см^3	8,4	7,6

У таблиці 5 наведено рекомендовані співвідношення (1, 2, 3) частин А і Б для отримання аромату композиції різних тонів.

Таблиця 5 – Рекомендовані співвідношення частин А і Б для отримання композиційного ароматизатора

Найменування показника	1	2	3
Складник А, г	0,0473	0,0316	0,1058
Складник Б, см^3	0,815	0,543	0,272

складник А – розчини ефірних олій м’яти котячої; шавлії мускатної;

складник Б – екстракти шавлії лікарської та кореня солодки.

За органолептичними і фізико-хімічними показниками розроблені варіанти комбінаційних ароматизаторів відповідають показникам, зазначеним у таблиці 6.

Таблиця 6 – Якісні показники натурального композиційного ароматизатора

Найменування показника	Характеристика показника
Зовнішній вигляд	Густа рідина без сторонніх включень
Колір	Темно-коричневий
Смак і аромат	Приємний із ароматом польових квітів і ніжними лимонними відтінками різної інтенсивності
Масова частка СР, %	26,7 ± 2,0

У таблиці 7 наведено варіанти рецептур льодяникової карамелі «Цілителька» для отримання різних за інтенсивністю і насиченістю ароматичних тонів готового продукту.

Таблиця 7 – Варіанти рецептур льодяникової карамелі «Цілителька»

Найменування операції та інгредієнтів	Одиниці вим.	Варіанти рецептури		
		1	2	3
Приготування карамельного сиропу вологістю	%	13...15		
З просіяного цукру-піску	г	750	750	750
Карамельної патоки	г	300	300	300
Введення екстракту кореня солодки	г	0,255	0,27	0,3
Уварювання цукрового сиропу до отримання карамельної маси вологістю	%	Не більше 8		
Температура охолодженої карамельної маси, при послідовному внесенні до неї рецептурних добавок	°С	25		
Комбінаційний ароматизатор	г	0,85	0,9	1,2
Лимонна кислота	г	7,0	7,0	7,0

Сенсорний аналіз отриманих зразків льодяникової карамелі „Цілителька” наведено в таблиці 8.

Таблиця 8 – Органолептичні показники зразків льодяникової карамелі

Технологічні та органолептичні показники	Варіанти рецептури		
	1	2	3
Смак	Кисло-солодкий з приємним пряним присмаком		
Аромат	Квітково-пряний	Польових квітів із ніжним лимонним відтінком	Квітучого лугу з тонами цитрусу
Колір	Різноманітний, у залежності від кількості внесеного барвника		
Зовнішній вигляд	Льодяники з монолітною структурою	Льодяники зі злегка пористою структурою з маленькими перловими бульбашками повітря	

Висновки

Льодяникова карамель „Цілителька” має високоякісні споживчі властивості, цілком імовірно збагатить організм людини рослинними біокомплексами, які мають властивості протистояти захворюванням верхніх дихальних шляхів, виразковим хворобам шлунку та дванадцятипалої кишки, запальним процесам печінки, нирок, жовчного міхура тощо.

Література

1. Нечаев А.П. Пищевые ароматизаторы / А.П. Нечаев, Е.В. Смирнов // Пищевые Ингредиенты. Сырье и Добавки. – 2000. – № 2. – С. 8–11.
2. Blum M. Food Fortification // Animportant Tool in Desining Foods for health. Fi Europe, 1995. – P. 192.
3. Шавлія лікарська (Salvia officinalis L.) (еколого-біологічні особливості й господарсько-цінні ознаки) : монографія, М.И. Федорчук, В.Д. Работягов, С.П. Кутько. – Херсон : Айлант, 2007. – 212 с.
4. Норми фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії: Наказ № 272 від 18.11.1999 р. – Міністерство охорони здоров’я України, 1999. – (Нормативні директивні правові документи).
5. Остроумов Л.А. Комбинированные молочные белковые продукты с использованием растительного сырья / Л. А. Остроумов, В. В. Бобылин, Т. А. Остроумова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1998. – № 8. – С. 28–30.
6. Тмчев Ю.Ю. Руководство по биологически активным добавкам / Тмчев Ю.Ю., Гичев Ю.П. – М.: Триада-Х, 2001. – 175 с.

УДК 664.64.016.7(045)

ПОЖИВНА ЦІННІСТЬ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Пересічний М.І., д-р техн. наук, професор, Пересічна С.М., канд. техн. наук, доцент,
***Пахомська О.В., аспірант**
Київський національний торговельно-економічний університет м. Київ
***Вінницький торговельно-економічний інститут КНТЕУ м. Вінниця**

У статті розглянуто можливість створення технологій хлібобулочних виробів підвищеної харчової цінності за рахунок додавання пророщеної пшениці та хмельової закваски.

The article considers on the possibility of creating technologies for producing bakery products of improved saturating value due to addition of grown wheat and hop ferment.

Ключові слова: хлібобулочні вироби, споживання, функціональні продукти харчування, пророщене зерно, хмельова закваска, паростки, пророщування, пшениця.

Хліб традиційно займає найважливіше місце в раціоні українців. Згідно з фізіологічними нормами, споживання хлібних продуктів (хліб і макаронні вироби в перерахунку на борошно, крупи, бобові) в Україні повинно становити 110 кг на людину за рік. На хліб із житнього борошна повинна припадати 1/3 частина всієї кількості хлібобулочних виробів.

Проте в умовах ринкових відносин, коли життєвий рівень більшої частини населення знижується, частка споживання хлібобулочних виробів у раціоні харчування населення України зростає і становить (128-146) кг на рік. Тоді як у країнах із високорозвиненою економікою і високою культурою харчування хліба вживають значно менше за рахунок збагачення раціону м'ясними, молочними продуктами, овочами чи фруктами, наприклад в Англії вживають хлібних виробів 48,4 кг на рік, у Німеччині – 83 кг, Японії – 32 кг, у США – 33,6 кг, у Канаді – 33,5 кг.

Особливістю сучасного розвитку харчової галузі є розроблення якісно нових продуктів харчування функціонального призначення, які сприяють збереженню і покращенню здоров'я за рахунок регулюючої і нормалізуючої дії на організм людини з урахуванням фізіологічного стану і віку. Розроблення асортименту хлібобулочних виробів функціонального призначення, орієнтованих на вживання різними категоріями населення, виявляється одним із пріоритетних, актуальних і сучасних завдань.

На відміну від багатьох інших продуктів хлібні вироби здатні забезпечувати організм людини значною кількість енергії та необхідними речовинами: білками, вуглеводами, вітамінами, мінеральними речовинами, а булочні вироби ще й жирами. Так, у хлібобулочних виробах із пшениці вищого ґатунку міститься близько 50 % вуглеводів, (5-8) % білків та близько 1 % жирів. Енергетична цінність 100 г продукту містить (220-250) ккал. Крім того, хлібобулочні вироби з пшениці – важливий постачальник до організму людини вітамінів групи В (тіамін, рибофлавін, ніацин) та мінеральних речовин (калій, кальцій, залізо, магній, фосфор).

Моніторингові дослідження асортиментного складу хлібобулочних виробів показали, що населення отримує з вказаними видами продуктів не більше (15-20) % необхідної кількості харчових волокон, а виробництво дієтичних видів хліба складає не менше 1 % при добовій потребі харчових волокон для дорослої людини 20-30 г.

Як дієтичні добавки при виробництві хлібобулочних виробів використовують різноманітну природну сировину, в тому числі ягідно-плодову і овочеву. Особливу нішу займають вторинні продукти їх переробки: обліпиховий шрот і айвовий жом. Аналіз хімічного складу цих продуктів показав, що вони містять різноманітний комплекс природних компонентів (вітамінів, β-каротинцу, ліпідів, поліненасичених жирних кислот, харчових волокон, макро- і мікроелементів), які можуть бути використанні при виробництві хлібобулочних виробів [1].

Також при виробництві хлібобулочних виробів функціонального призначення широко використовують продукти переробки круп'яних культур: гречки, риса, сої, кукурудзи, чечевиці.

Хліб із сумішшю круп має не тільки привабливий і приємний смак і аромат, але й високу харчову цінністю. Також сприяє збагаченню хліба вітамінами, мінеральними речовинами і харчовими волокнами [2].

Пшеничний хліб з використанням рослинної олії, яка має високий вміст поліненасичених жирних кислот (ПНЖК) родини ω-6 і ω-3, фосфоліпідів, токоферолів (рапсове, рижикове, сурепне, льняне, конопляне та ін.), дозволяє отримати готові вироби з високими органолептичними і фізико-хімічними показниками якості, а також підвищити їх біологічну цінність за рахунок збагачення фізіологічно функціональними інгредієнтами [3].

Слід зазначити, що для покращення якості хлібопекарських виробів використовують солодові екстракти різних торгових марок, у тому числі «Глофа» (IREKS GmbH Німеччина); «Малтакс 10», «Малтакс 200F», «Малтакс 800 COLD», «Малтакс 1500» (OY Lahden Polttimo AB, Фінляндія); Dark Mail Extract Extra (Laihian Mallas Oy, Фінляндія); «Солэкс» (Backaldrin International GmbH, Австрія).

Проведені дослідження показали, що додавання солодових екстрактів замість житнього ферментованого солоду надало позитивно впливає на структуру хліба [4].

Найбільш ефективним з фізіологічної, технологічної та економічної точок зору способом підвищення вітамінної і мінеральної цінності хлібобулочних виробів є збагачення їх мінерально-вітамінними сумішами, які дозволяють отримати продукт із підвищеним вмістом вітамінів і мінеральних речовин [5].

В останні роки підвищився інтерес до використання під час приготування хлібобулочних виробів харчових волокон, які ефективно впливають на властивості тіста і забезпечують підвищення якості готових виробів, їх харчову цінність, а також знижують енергетичну цінність [6].

Сьогодні широко проводяться дослідження з розробки нових сортів хлібобулочних виробів, які містять фізіологічно активні інгредієнти (рис .1).

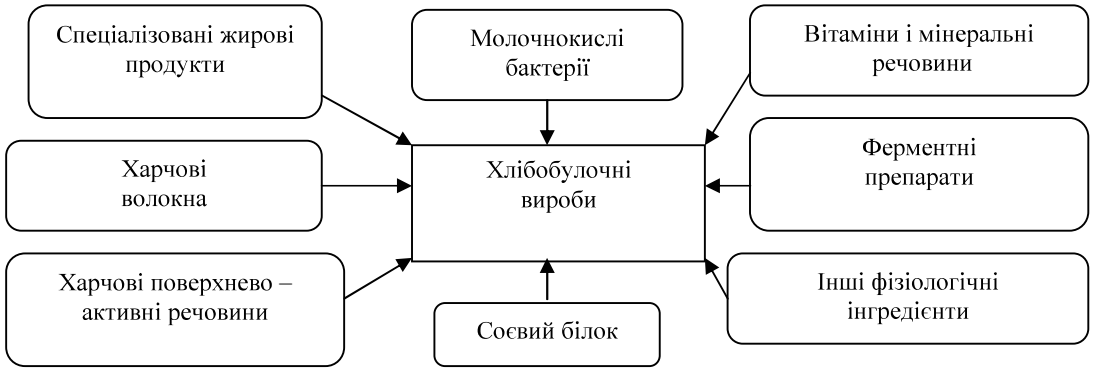


Рис. 1 – Фізіологічно активні інгредієнти, що використовуються у виробництві хлібобулочних виробів

Мета досліджень полягає в науковому обґрунтуванні і розроблянні технологій хлібобулочних виробів функціонального призначення.

Об'єкт дослідження: технологія хлібобулочних виробів з використанням пророщених зерен пшениці на хмельовій заквасці.

Предмет дослідження: житньо-пшеничний хліб (контроль), житньо-пшеничний хліб з паростками пшениці (дослід № 1), житньо-пшеничний хліб з паростками пшениці на хмельовій заквасці (дослід № 2).

Пшениця – це основне харчування в житті кожної людини. Вона містить всі необхідні мікроелементи в потрібній пропорції для регенерації клітинної тканини. Пшениця на 15 % складається з білків, на (70-75) % з вуглеводів.

Традиційний хліб випікається з борошна вищих сортів. Але при одержанні борошна із зерна відокремлюються біологічно коштовні, утримуючі мікроелементи частини, такі як зародок, зернова оболонка й алейроновий шар, воно втрачає близько половини вітамінів B_2, майже повністю відсутні вітаміни B_1 і РР, а також вітамін Е. Значно зменшується вміст таких елементів, як магній і калій, марганець, мідь і залізо. Такі втрати корисних речовин спонукають розробляти альтернативні технології виробництва хліба, які дозволять зберегти поживні речовини, що містяться в цілому зерні. І саме пророщування зерна пшениці значно покращує кількість біохімічних показників зерна (табл. 1). Пророщені зерна – це їжа, не тільки особлива, а й цілюща.

Таблиця 1 – Вміст мікроелементів і вітамінів у зернових продуктах, мг/100 г

Продукт	Мікроелементи						Вітаміни		
	Калій	Кальцій	Фосфор	Магній	Залізо	Цинк	B_1	B_2	B_3
Борошно пшеничне	122	22	92	20	1,1	0,7	0,18	0,13	1,2
Зерно пшениці	350	45	423	145	3,9	4,1	0,45	0,23	5,1
Пророщене зерно пшениці	850	70	1100	400	10	20	2	0,7	4,5

Під оболонкою зерна укладена своєрідна життєва енергія нової рослини, момент звільнення якої настає разом із проростанням. У момент проростання активізуються всі життєві сили, збільшується кількість ферментів, вітамінів, мінералів, таке зерно має найбільш цілющу і живильну цінність і є унікальним джерелом найважливіших біологічно активних речовин. Так, вміст мікроелементів і вітамінів групи В (в 6-7 разів більший ніж до проростання); у сто разів більше стає вітаміну Е. Необхідно відзначити, що вітамін Е особливо активний у поєднанні з органічними формами мікроелемента селену, що також є сильним антиоксидантом. Дослідженнями доведено, що проросле зерно містить увесь набір інгредієнтів, необхідних для раціонального харчування. При цьому значну біологічну цінність мають білкові речовини. Білки, які входять до складу пророщених злаків, відрізняються як кількісним складом амінокислот, так і їх співвідношенням, що й визначає їх біологічну дію на організм людини.

Головна особливість технології зернового хліба, на відміну від традиційних способів приготування хлібобулочних виробів з пшеничного борошна, полягає в підготовці зерна, включаючи його очищення, сортування, миття, замочування у воді, солодження (пророщування), сушіння і подальше подрібнення. Подрібнення зерна для отримання однорідної маси – один з важливих етапів технології зернового хліба. Від ступеня подрібнення залежить органолептична оцінка готового продукту: зовнішній вигляд, пористість м'якушки.

Метою пророщування є синтез і активізація ферментів. Саме під дією ферментів при пророщуванні значна частина складних речовин (крохмаль, білок) перетворюється на мальтозу, глюкозу, декстрини, пептони, пептиди, амінокислоти й інші, відбувається перехід макро- і мікроелементів у легкозасвоювану форму і, отже, з пророслого зерна неможливо одержати хліб поганої якості. Зерно після солодження (пророщування) стає легко засвоюваним продуктом.

При вживанні пророщеного зерна розсмоктуються різні утворення доброякісної та злоякісної пухлини і їхнього різновиду − фіброми й поліпи; стабілізуються й омолоджуються всі функції і системи організму, незалежно від віку; вщухають різні інфекційні й запальні процеси; підвищується витривалість організму до кисневої недостатності; збагачується кров киснем; виводиться із організму аміак − продукт життєдіяльності клітин, а також надлишковий холестерин, тим самим розвантажуючи серцево-судинну систему; за рахунок вмісту кальцію загоюються рани й відновлюється волосся, повертається гострота зору та відбувається стабілізація нервової системи. Пророщені зерна пшениці та їх екстракти рекомендуються дієтологами для дієтичного та лікувального харчування.

Користуючись рекомендаціями дієтологів, зерно пророщували до отримання паростків довжиною 1,5 мм. Подальше проростання зерна на рекомендовано через ріст активності амілолітичних і протеолітичних ферментів, що може призвести до отримання хліба низької якості з липкою м'якушкою, яка заминається.

Якісний хліб отримують при температурі пророщування пшениці (23- 25) °С тобто такій самій, як і при замочуванні. Оптимальний час пророщування для пшениці при температурі 24 °С складає (12-13) годин (з моменту зливання води). При пророщуванні менше 12-ти годин пшениця буде недостиглою, паросток її буде ледве помітний, тісто не таким м'яким, скориночка — бліда, смак хліба – недостатньо солодким і смачним. При збільшенні часу пророщування понад 13 годин, пшениця розпочинає різко втрачати свої технологічні властивості: клейковина стає не еластичною, мало розтяжною, короткою та рветься. Втім, пшениця з високим вмістом клейковини (сильна) витримує триваліше пророщування – 15 годин.

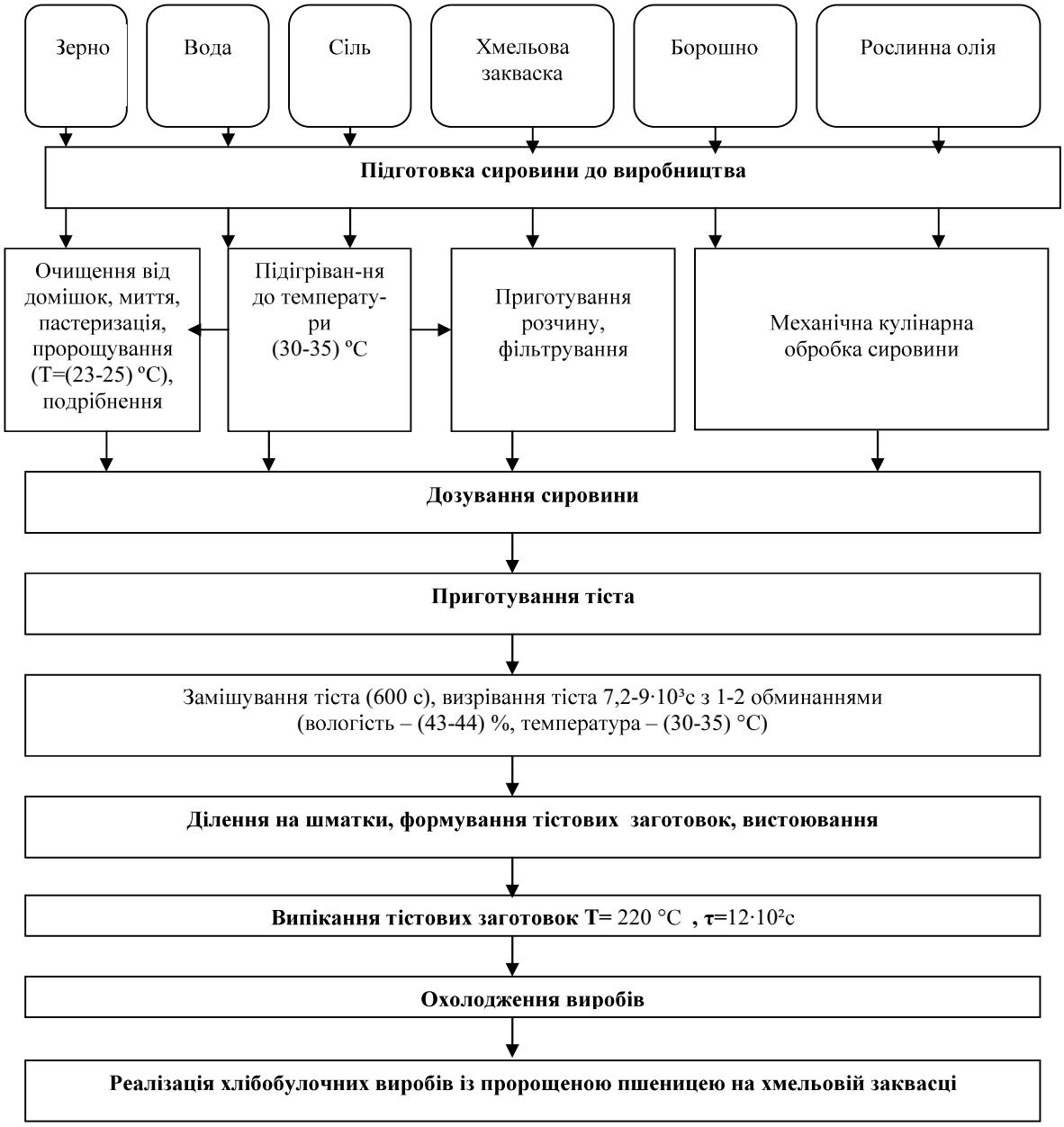


Рис. 2 – Технологічна схема приготування хлібобулочних виробів із пророщеною пшеницею на хмельовій заквасці

Харчова цінність хлібобулочних виробів підвищується за рахунок приготування тіста на хмельовій заквасці, яка містить всі незамінні амінокислоти, вуглеводи, клітковину, вітаміни B_{12}, РР, мінеральні речовини: солі натрію, калію, магнію, фосфору, заліза, кальцію. Хліб на хмельовій заквасці засвоюється організмом без шлакоутворення, нормалізує травлення і запобігає дисбактеріозу, тому його споживання не може бути обмеженим для людей, схильних до ожиріння. Також не має у своєму складі гербіцидів, пестицидів та інших неекологічних сполук. Такий хліб є постачальником вітамінів й інших корисних речовин. Сприятливо впливають на організм й інші складові хмельової композиції. Так, холін, наприклад, знижує рівень холестерину в крові, тим самим перешкоджаючи розвитку атеросклерозу й інших супутніх йому серцево-судинних захворювань; аргінін підвищує імунітет; гліцин поліпшує секреторну функцію шлунку, а аспарагін нормалізує роботу печінки.

На основі постановочних досліджень розроблено технологічну схему виробництва хлібобулочних виробів з паростками пшениці та хмельової закваски (рис. 2).

У процесі експерименту досліджено хімічний склад хлібобулочних виробів з додаванням паростків пшениці та хмельової закваски. З добавленням хмельової закваски в тісто якість його покращувалася, збільшувався об'єм, пористість ставала більш рівномірною і розвиненою, кислотність збільшувалася, хліб набував своєрідних яскраво виражених смаку й аромату. Отримані результати експериментальних досліджень наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Хімічний склад хлібобулочних виробів з додаванням пророщеної пшениці та хмельової закваски

Нутрієнти	Контроль	Дослід № 1	Дослід № 2	Різниця (дослід № 1)	Різниця (дослід № 2)	Відносне відхилення, % (дослід № 1)	Відносне відхилення, % (дослід № 2)
Білки, г	16,0	19,16	20,04	3,16	4,04	22,50	25,25
Вуглеводи, г	70,0	76,24	76,7	6,24	6,70	8,90	9,57
Харчові волокна, г	0,3	7,94	7,96	7,64	7,66	2646	2653
K, мг	300	397,87	397,95	97,87	97,95	32,60	32,65
Ca, мг	250	261,55	261,87	11,55	11,87	4,62	4,75
P, мг	250	431,2	431,88	181,2	181,88	72,48	72,75
Fe, мг	2,0	4,45	11,8	2,45	9,8	2,22	5,90
Mg, мг	50	143,1	144,09	93,1	94,09	186,20	188,18
B_1, мг	0,2	0,77	1,37	0,57	1,17	285,0	585,0
B_3, мг	1,0	1,35	3,08	0,35	2,08	35,0	308,0
B_6, мг	0,5	0,9	1,72	0,40	1,22	180,0	344,0
PP, мг	5,0	5,35	5,39	0,35	0,37	7,0	7,8
E, мг	6,0	6,3	7,04	0,30	1,04	5,0	17,3
Фолієва кислота, мг	–	0,11	0,18	0,11	0,18	–	–
Енергетична цінність, ккал	335,5	395,1	445,91	59,60	110,41	17,8	32,9

Порівнявши хімічний склад контрольного та досліджуваних хлібобулочних виробів, можна зробити висновок, що поживна цінність виробів збільшилася за такими показниками: білків на 22,5 % і 25,25 %; калію – на 32,6 % і 32,65 %; магнію – на 186,2 % і 188,18 %, тіаміну – 285 % і 585 %, піридоксину – на 180 % і 344 %; харчові волокна на 27 % задовольняють добову потребу в дослідах № 1 і № 2 відповідно.

Резюмуючи вищевикладене, можна зазначити, що дані хлібобулочні вироби мають підвищену харчову цінність за рахунок збагачення їх поживними речовинами і дають можливість ширше використовувати та урізноманітнювати асортимент даних виробів функціонального призначення у закладах ресторанного господарства.

Література

1. Алексеенко, Е. Нетрадиционное природное сырье для производства хлебобулочных изделий / Алексеенко Е// Хлебопродукты. – 2008.–№ 9. – С. 50.
2. Захарова, А., Козубаева, Л. Пищевая ценность хлеба со смесью круп / А. Захарова, Л. Козубаева //Хлебопродукты. –2009. –№9. –С.48-49.
3. Кононова Н. Приготовление хлеба с добавлением растительного масла / Н. Кононова, Т. Рензяева, И. Шарфунова, Т. Кичаева, О. Рянзяев //Хлебопродукты. –2009.–№2. – С. 50-51.
4. Серякова. Е. Оценка качества хлеба с добавлением солодовых экстрактов / Е. Серякова, А. Романов, З. Гарш //Хлебопродукты. –2009.–№12. – С. 48-49.
5. Тарасова, В., Матвеева И., Нечаев А. Хлебобулочные изделия функционального назначения /В. Тарасова, И. Матвеева, А. Нечаев // Хлебопродукты. –2009. –№ 6. – С. 54.
6. Тарасова В. Пищевые волокна серии «Витацель» фирмы «Могунция» в производстве хлебобулочных изделий / В. Тарасова, А. Филатова, А. Нечаева, В. Прянишников, Т. Банщикова //Хлебопродукты.-2007. –№9. –С.46-48.

УДК [544.022.822:577.114]:664.856

ВЛИЯНИЕ УГЛЕВОДНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ НА СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ ЖЕЛЕЙНЫХ МАСС

Иоргачева Е.Г., д-р техн. наук, профессор, Аветисян К.В., ассистент
Толстых В.Ю., канд. техн. наук, доцент
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

В работе представлены результаты исследования кинетики структурообразования желейных масс с различным углеводным составам. Доказана целесообразность применения глюкозного сиропа в технологии желейного мармелада на разных стдуднобразователях. Определены основные показатели качества, обуславливающие стойкость изделий при хранении.

The results of research kinetics structurizations jelly paste with various carbohydrate structure are presented in the work. Expediency of application of the glucosic syrup in technology jelly fruit on different galantineform is proved. The basic indicators of quality, which cause safety of products at storage are defined.

Ключевые слова: агар, пектин, желейная масса, студнеобразование, прочность, углеводный состав, редуцирующие вещества.

Среди факторов, формирующих потребительские предпочтения при выборе мармеладных изделий, наиболее значимый – это его текстура [1]. Поэтому в технологии производства желейных изделий предопределяющим является процесс студнеобразования, обусловленный переходом раствора содержащего студнеобразователь из жидкого текучего состояния, в полутвердое, студнеобразное. От процесса студнеобразования зависят структура, механическая прочность отформованных масс и в итоге качество готовых изделий и их стойкость при хранении.

Выбор того или иного студнеобразователя влияет как на параметры ведения технологического процесса, так и на текстурные свойства готового изделия. Традиционно при производстве желейного мармелада наиболее широко используются агар и пектин. Введение в рецептуру (0,8-1,0)% агара, и (1,0-1,5)% пектина обеспечивает получение достаточно прочного студня, образование которого может быть упрощенно принято как ассоциация макромолекул или фрагментов с формированием трехмерной сетки, удерживающей жидкую фазу и оказывающей сопротивление внешним нагрузкам. В желейном мармеладе жидкая фаза представлена как правило раствором сахарозы [2, 3]. В рецептуру некоторых видов изделий входит кристаллическая глюкоза, которая обеспечивает приятные органолептические свойства, а также стойкость изделий к засахариванию при хранении. Однако ее высокая стоимость ограничивает производство мармелада с использованием глюкозы. Наряду с сахарозой и глюкозой, основным сырьем при производстве желейных изделий является крахмальная патока, которая выполняет роль подсластителя и антикристаллизатора.

Раньше производство крахмальной патоки основывалось на кислотном способе, когда в качестве катализатора при гидролизе крахмала использовалась соляная кислота. Основным недостатком такой патоки является непостоянство химического состава, и узкий спектр технологических свойств, ограничивающий ее применение.

Сегодня на отечественном рынке крахмалопродуктов появились новые виды крахмальных паток. Это стало возможным благодаря внедрению на крахмалопаточных предприятиях современных технологий, которые предусматривают использование ферментных препаратов на различных стадиях гидролиза крахмала: разжижении, осахаривании. В результате управляемого, неполного гидролиза крахмала образуется многокомпонентная смесь, включающая моносахарид D-глюкозу, дисахарид мальтозу, олигосахариды (три-, тетра- и т.д. вплоть до декасахаридов) а также полисахариды (молекулы, содержащие свыше десяти остатков D-глюкозы). На ход гидролиза существенно влияют многие факторы: pH среды, температура, тип гидролизующего агента, длительность процесса [4].

Преимущества ферментативного процесса в том, что можно получить продукт с необходимым углеводным составом и соответственно, с заранее заданными технологическими свойствами для целенаправленного применения в различных технологиях кондитерской промышленности, чего очень трудно достичь при использовании кислоты. Так для получения геля с высокой прочностью необходимо выбирать сиропы с высоким уровнем глюкозы и мальтозы и низким уровнем высокомолекулярных олигосахаридов [5]. Предварительными исследованиями установлено, что наибольшей прочностью обладают студни, полученные при использовании глюкозного сиропа ИГ–42 (ГС) [6 ,7, 8].

Для изучения возможности его использования в технологии желейных изделий готовили мармелад на агаре "Майский", в рецептуре которого заменяли глюкозу на ГС (образец 1), глюкозу и патоку на ГС (образец 2), глюкозу, патоку и ¼ сахара на ГС (образец 3), а также весь сахар, глюкозу и патоку на ГС (образец 4). При использовании в качестве контрольного образца мармелада на пектине "Вкус лета" заменяли патоку на ГС (образец 5), ½ сахара и патоку на ГС (образец 6), и сахар и патоку на ГС (образец 7) (табл. 1, 2).

Качество сахаристых кондитерских изделий (вкус, сладость, стойкость при хранении, консистенция и другие свойства) определяются рецептурой, т.е. соотношением в ней различных углеводов, их свойствами, а так же теми изменениями, которые претерпевают углеводы в ходе технологического процесса и т.д. Поэтому любое изменение состава или соотношения его компонентов, при использовании новых видов сырья оказывает влияние на многие физические свойства такие как: степень гидратации сахаров, активность их молекул, упругость пара над раствором и, как следствие этих изменений, повышается или понижается вязкость растворов, способность сахаров к кристаллизации, гигроскопичность готовых изделий.

Таблица 1 – Рецептуры мармелада на агаре

Наименование сырья	Содержание сухих веществ, %	Майский				
		Контроль	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Сахар	99,85	528,6	528,6	528,6	396,45	–
ИГ–42	78,00	–	227,1	331,8	500,1	1007,3
Патока	78,00	104,7	104,7	–	–	–
Глюкоза	91,0	194,6	–	–	–	–
Агар	85,00	10,2	10,2	10,2	10,2	10,2
Пюре яблочное	10,0	97,0	97,0	97,0	97,0	97,0
Кислота лимонная	98,0	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5

Таблица 2 – Рецептуры мармелада на пектине.

Наименование сырья	Содержание сухих веществ, %	Вкус лета			
		Контроль	Образец 5	Образец 6	Образец 7
Сахар	99,85	571,56	571,56	285,78	–
Патока	78,00	192,0	–	–	–
ИГ–42	78,00	–	192,0	557	923,6
Пектин	92,00	14,0	14,0	14,0	14,0
Подварка цитр., ябл.	69,00	1,0	1,0	1,0	1,0
Кислота молочная	40,00	29,5	29,5	29,5	29,5
Лактат Na	40,00	10,0	10,0	10,0	10,0

В состав мармеладной массы входят такие сахара как сахароза, глюкоза, фруктоза, мальтоза и декстрины. При замене сахара, глюкозы или патоки на глюкозный сироп ИГ–42 происходит изменение соотношения этих сахаров (табл. 3 и 4), которое необходимо учитывать, особенно при использовании в качестве студнеобразователя высокометаксилированного пектина, который образует студень необходимой прочности при соотношении пектина, сахара и кислоты 1:60:1. Это соотношение может меняться в зависимости от качества и количества пектина.

Основной задачей при замене сахара и глюкозы в пастило-мармеладных изделиях является сохранение текстуры и физико-химических показателей качества. При этом получение гелевой структуры определенной прочности, обусловлено главным образом количеством и качеством студнеобразующего сырья.

Таблица 3 – Углеводный профиль исследуемых образцов мармелада на агаре

Сахара	Майский						
	Патока	ИГ–42	Контроль	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4
Сахароза	–	–	527,8	527,8	527,8	395,8	–
Глюкоза	20	15,5	193,4	43,8	40,1	60,6	121,8
Мальтоза	20	16	16,3	44,6	41,4	62,4	125,7
Мальтотриоза	–	19,5		34,5	50,4	76,1	153,3
Высшие сахара (декстрины)	60	49,0	49	135,8	126,8	191,1	385,1

Таблица 4 – Углеводный профиль исследуемых образцов мармелада на пектине

Сахара	Вкус лета					
	Патока	ИГ–42	Контроль	Образец 5	Образец 6	Образец 7
Сахароза	–	–	570,7	570,7	285,4	–
Глюкоза	20	15,5	29,8	23,1	67,2	111,6
Мальтоза	20	16	29,8	23,8	69,4	115,2
Мальтотриоза	–	19,5	–	29,1	86,8	140,4
Высшие сахара (декстрины)	60	49,0	89,4	73,0	212,2	352,6

При растворении студнеобразователя, представляющего собой лиофильный гидроколлоид, поверхность его частиц покрывается гидратной оболочной препятствующей их сцеплению. Добавление в раствор сахаров, которые выполняют роль обезвоживающего фактора, способствует коагуляции студнеобразователя с образованием и постепенным упрочнением пространственной трехмерной сетки, которая отвердевает вместе с дисперсной фазой в одну сплошную массу.

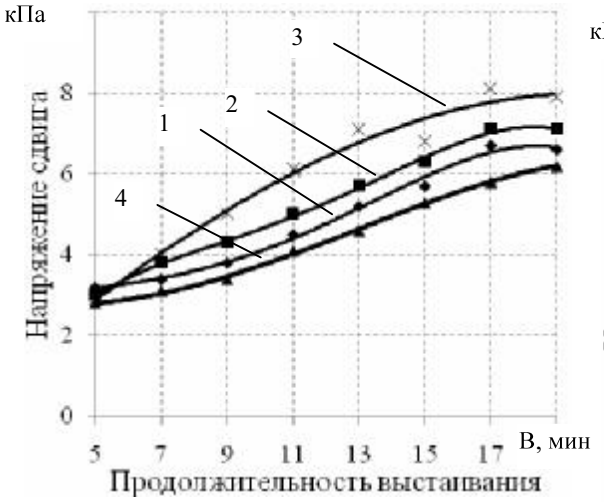
Изменение соотношения добавляемых сахаров при использовании глюкозного сиропа приводит к изменению суммарной степени гидратации сахаров, а следовательно их способности к дегидратации и понижению сольватации частиц гидроколлида, оказывая влияние на процесс образования структурного каркаса за счет сцепления частиц по десольватированным участкам поэтому изменение состава дисперсионной среды, которое происходит при использовании ГС приводит к изменению прочности студня, а также продолжительности его образования.

Время достижения прочности 6 кПа, при которой можно производить выемку мармелада из форм или его резку зависит от количества и вида используемого студнеобразователя, а также от условий окружающей среды, и составляет для желейных масс на агаре (90-120) мин, а на пектине (15-19) мин.

Применение ГС вместо патоки в желейном мармеладе на пектине оказывает незначительное влияние на величину максимальной прочности, и через (14-15) мин образец 5 как и контроль достигает значения 6 кПа (рис. 1, кривая 2). Замена 50 % сахара и патоки в образце 6 (рис. 1, кривая 3) повышает прочность студня до 8 кПа, а продолжительность студнеобразования сокращается на 2 мин.

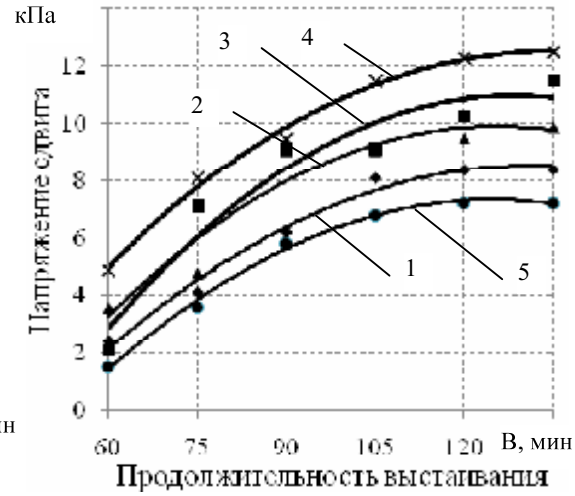
Применение ГС в рецептуре желейного мармелада на агаре показало, что повышение прочности образцов 1 кПа и 2 кПа до 10 кПа и 11 кПа соответственно, происходит с увеличением доли декстринов (табл. 3), которые являясь высокомолекулярными соединениями, имеют коллоидный характер, при этом время достижения заданной прочности составляет 75 мин (рис. 2). Образец 3 обладает максимальной прочностью (12,5 кПа) и через (60-70) мин можно производит выемку мармелада из форм.

Однако полная замена сахара глюкозным сиропом приводит к понижению прочности и увеличению продолжительности студнеобразования масс как на агаре, так и на пектине.



1 – контроль; 2–образец 5; 3 – образец 6; 4 – образец 7.

Рис. 1 – Кинетика структурной прочности мармеладных масс на пектине

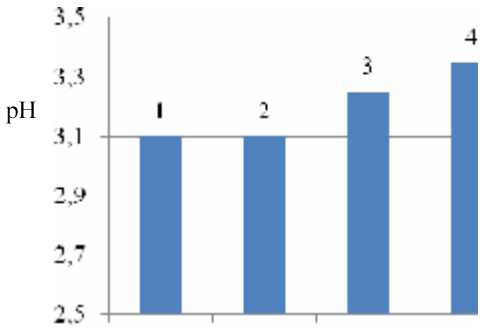


1 – контроль; 2 – образец 1; 3 – образец 2; 4 – образец 3, 5 – образец 4.

Рис. 2 – Кинетика структурной прочности мармеладных масс на агаре

Известно, что высокометоксилированные пектины, применяемые при производстве желейного мармелада, представляют собой анионы, которые несут на своей поверхности электрический заряд, поэтому горячей в мармеладной массе в результате броуновского движения молекулы студнеобразователя беспорядочно сближаются и отталкиваются в дисперсионной среде, которой является водный раствор различных сахаров. Чтобы произошло сцепление молекул необходимо добавление кислоты при котором пектиновые молекулы лишаются одноименного электрического заряда и, будучи десольватированными смесью сахаров, легко объединяются в ассоциаты.

Кроме того при добавлении кислоты ионы водорода замещают ионы металлов в карбоксильных группах пектиновых молекул, образуя пектиновые кислоты которые в отличие от их солей участвуют в процессе студнеобразования.



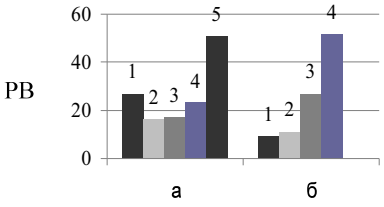
1 – контроль; 2–образец 5; 3 – образец 6; 4 – образец 7.

Рис. 3 – Концентрация ионов водорода (pH) обеспечивающая максимальную прочность пектиновых студней:

Изучение влиянии концентрации ионов водорода (pH) на прочность пектиновых студней с различным углеводным профилем (рис. 3) показало, что замещение сахара глюкозным сиропом ведет к повышению оптимума pH гелеобразования на фоне некоторого снижения максимальной прочности геля.

Выбор того или иного студнеобразователя оказывает влияние на текстурные свойства готового изделия. Так если студни на пектине обладают мягкой текстурой, то на агаре – хрупкой. Однако при их хранении протекают физико-химические процессы, вызывающие изменения физического состояния и структуры, изделия теряют первоначальную консистенцию, изменяется их форма. В зависимости от условий хранения – относительной влажности и температуры; рецептурных компонентов и их соотношения в результате влагообмена с окружающей воздушной средой может происходить намокание изделий или их высыхание, с образованием грубой кристаллической корочки.

Изменение химического состава при использовании глюкозного сиропа оказывает влияние на гигроскопичность мармеладных изделий, которая главным образом обусловлена содержанием редуцирующих веществ (РВ), и согласно ДСТУ4333:2004 для мармелада на пектине или с глюкозой составляет не более 28 %. Определение их количества показало, что в мармеладе на агаре при замене глюкозы а затем глюкозы и патоки на ГС содержание редуцирующих веществ уменьшается и составляет 16,1 % и 16,9 % соответственно (рис. 4), что приводит к засахариванию изделий. При дальнейшей замене ¼ сахара происходит увеличение содержания редуцирующих веществ до 22 %, которое тем не менее остается меньше чем у контрольного образца (27 %). Несмотря на это при хранении данного образца на его поверхности не наблюдается нарастания кристаллической корочки. Возможно, этому способствует повышение содержания декстринов, которые с одной стороны обладают гидрофильными свойствами и прочно удерживают влагу, а с другой повышая вязкость мармелада, затрудняют миграцию влаги в нем.



***а)** на агаре: 1 – контроль; 2 – образец 1; 3 – образец 2; 4 – образец 3, 5 – образец 4;*
***б)** на пектине:1 – контроль; 2 – образец 5; 3 – образец 6; 4 – образец 7.*

Рис. 4 – Содержание редуцирующих веществ в мармеладе

В мармеладе на пектине содержание редуцирующих веществ в образце с заменой патоки на ГС изменяется незначительно и составляет 11,2 %. Образец с заменой 50 % сахара (содержание редуцирующих веществ 27%) обладает стойкостью к засахариванию при хранении и внешний вид изделий остается неизменным.

Независимо от используемого студнеобразователя высокое содержание редуцирующих веществ и декстринов в образцах с полной заменой сахара на глюкозный сироп приводит к намоканию изделий при хранении.

Органолептические свойства желейных изделий обусловлены количеством и относительной сладостью используемых углеводов (табл. 5), которые обеспечивают получение заданной структуры. Поэтому, изменение их соотношения при увеличении доли ГС приводит к некоторому понижению сладости, а вкус и аромат компонентов наполнителей становится более выраженным.

Таблица 5 – Относительная сладость рецептурных компонентов

Сахароза	1,00
Глюкоза	0,70-0,80
ИГ-42	0,36
Патока	0,38

Изучение кинетики структурообразования желейных масс с различной заменой углеводсодержащих компонентов на ГС, а также их показателей качества позволило разработать рецептуры новых видов изделий с заданными структурно-механическими свойствами, что способствует расширению ассортимента пастило-мармеладных изделий и улучшению их качества.

Литература

1. Шеховцева Т.Г. Разработка технологии желейного мармелада с заданными потребительскими свойствами./Сидоренко Ю.И., Шебершнева Н.Н.//Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008 – № 8 – С 65–67.
2. Лурье И.С. Технология кондитерского производства. – М.: Агропромиздат, 1992. – 399 с.
3. Зубченко А.В. Физико-химические основы технологии кондитерских изделий: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп./Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж, 2001. –389 с.
4. Бакулина О.Н. Продукты гидролиза крахмала как пищевые добавки. // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. – 2003 – №2 – С. 51 – 52.
5. Е. Богданов Мальтозные и глюкозно-фруктозные сиропы:функциональные возможности при производстве желейных кондитерских изделий. // Продукты & ингредиенты 2007 №10 С 42 – 44
6. Иоргачева Е.Г. Кукурузные сиропы в технологии изготовления желейного мармелада / Иоргачева Е.Г, Золотарева Л.А., Аветисян К.В, // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2008. – № 1. – С. 18-20.
7. ПАТ. 37088 Україна, МПК A23 G/34 A 23 L 1/06 Композиція інгредієнтів для двошарового мармеладу/К.Г. Іоргачова, К.В. Аветисян–№200810403 Заявл. 15.08.2008; Опубл. 10.11.2008; Бюл. № 21 – 4 с.
8. Иоргачева Е.Г Альтернативные виды сырья в технологии получения пастило-мармеладных изделий / Иоргачева Е.Г, Аветисян К.В, Куц А.В. // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2009. – № 1. – С. 14-16.

УДК 664.665

ВИКОРИСТАННЯ ДІЄТИЧНОЇ ДОБАВКИ «ШРОТ ЗАРОДКІВ ПШЕНИЦІ ХАРЧОВИЙ» ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА

Кравченко О.І. аспірант, Лисюк Г.М., д-р техн. наук, професор,
Олійник С.Г., канд. техн. наук, доцент
Харківський державний університет харчування та торгівлі
Карпенко П.О, д-р мед. наук, професор
Київський національний торговельно-економічний університет

У статті обґрунтовано доцільність використання дієтичної добавки «Шрот зародків пшениці харчовий» для підвищення харчової цінності хлібобулочних виробів. За результатами визначення органолептичних, фізико-хімічних показників якості хліба та розрахунку покриття добової потреби у вітамінах та харчових волокнах при його споживанні визначено раціональні концентрації дослідної добавки. Досліджено її вплив на перебіг основних процесів, що протікають під час дозрівання дріжджового тіста, виготовленого за новою технологією.

The article substantiates the use of dietic addition "Wheat Germ Oil-Cake" to raise the nutritional value of wheat bread. The determination of organoleptic, physical-chemical scores of bread and calculations of how much of the daily vitamin and fiber need bread covers allowed to determine the rational concentration of the researched addition. Its effect on the essential processes taking place during fermentation of leavened dough produced according to the new technology have been researched.

Ключові слова: продукти підвищеної харчової цінності, дієтична добавка «Шрот зародків пшениці харчовий», показники якості, харчова цінність.

Забезпечення раціонального харчування населення є однією з найбільш важливих проблем, що постали перед людством на межі третього тисячоліття. Актуальність цієї проблеми в Україні визначається стійкими порушеннями структури харчування, що зумовлені низькою спроможністю більшості населення у забезпеченні повноцінного харчового раціону та недостатнім рівнем освіти з питань здорового харчування.

Радикальним методом покращення забезпечення населення необхідними харчовими нутрієнтами є додаткове збагачення ними продуктів масового вжитку, насамперед, хлібобулочних виробів, які традиційно користуються постійним попитом у населення. Саме розширення асортименту хлібобулочних виробів групи «Здоров'я», які характеризуються збільшеним вмістом харчових волокон, вітамінів, мінеральних речовин, протеїнів, антиоксидантів, є одним з основних завдань «Галузевої програми розвитку хлібопекарської галузі на період до 2015 року», затвердженої Наказом Міністерства аграрної політики України.

Нами з метою підвищення харчової цінності хлібобулочних виробів запропоновано використовувати нову дієтичну добавку «Шрот зародків пшениці харчовий» (ТУ У 20608169.002-99), яка є продуктом переробки зародків пшениці [1]. Дієтична добавка є природним концентратом цінних речовин, має високу фізіологічну активність і може бути використана як натуральний збагачувач рослинного походження, здатний внести в хімічний склад хлібобулочних виробів біологічно активні речовини – харчові волокна, мінеральні речовини, вітаміни групи В, вітамін Е та каротиноїди.

Початковий етап досліджень передбачав обґрунтування раціональних концентрацій добавки, який базувався на результатах органолептичних та фізико-хімічних показників якості готового хліба, а також розрахунку покриття добової потреби організму вітамінами та харчовими волокнами при споживанні 277 г хліба з дослідною добавкою. Початковий дослідний інтервал дієтичної добавки «Шрот зародків пшениці харчовий» становив (5-25) % від маси борошна. Приготування хліба здійснювали традиційним безопарним способом, добавку вносили у сухому вигляді, попередньо змішаною з борошном на стадії замішування тіста. У якості контрольного зразка використовувалися зразки хліба без добавки.

Результати визначення органолептичних та фізико-хімічних показників якості дослідних зразків наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Органолептичні та фізико-хімічні показники якості хліба з дієтичною добавкою «Шрот зародків пшениці харчовий»

Найменування показника	Контроль (без добавки)	Зразки з добавкою «Шрот зародків пшениці харчовий» (% від маси борошна)				
		5	10	15	20	25
Форма, стан поверхні	Добре розвинутий об'єм та правильна форма, без підривів та тріщин, гладка з глянцем			Менш розвинутий об'єм правильної форми, без підривів та тріщин, без глянцю		Слабо розвинутий об'єм і форма, без підривів та тріщин, шорохувата без глянцю
Стан м'якушки, пористість	Еластична, добре розвинена, однорідна пористість			Еластична, але слабо розвинена, однорідна пористість		Нееластична, слабо розвинена, неоднорідна пористість
Колір скоринки	Жовтий	Світло-коричневий				Коричневий
Смак та запах	Характерний для виробу	Характерний для виробу з приємним присмаком та запахом добавки			Характерний для виробу з інтенсивним, вираженим присмаком та запахом добавки	
Кислотність,град	2,8	3,0	3,2	3,4	3,8	4,0
Вологість, %	43,0	44,0	44,0	44,5	45,0	45,0
Пористість, %	72	72	72	70	68	66

З наведених результатів видно, що внесення дієтичної добавки у кількості (5-10) % від маси борошна дозволяє отримати готові вироби з високими показниками якості, наближеними до контрольного зразка. Подальше підвищення концентрації призводить до зниження якості, яке виражається у зменшенні об'єму хліба, погіршенні структури м'якушки та втраті її еластичності, що є характерним для виробів з такими добавками. Смак та запах виробів з добавкою у кількості (5-15) % від маси борошна набувають приємних відтінків добавки, а подальше збільшення дозування добавки надає виробам надмірно вираженого смаку та запаху добавки. Використання максимальної кількості добавки (25 % від маси борошна) призводить до значного зниження органолептичних показників якості хліба за всіма ознаками.

При дослідженні фізико-хімічних показників якості хліба з використанням дієтичної добавки «Шрот зародків пшениці харчовий» у дослідному інтервалі визначали такі основні їх характеристики, як кислотність, вологість та пористість. З представлених результатів (табл. 1) видно, що титрована кислотність з підвищенням концентрації даної добавки у всіх зразках збільшується. Вологість виробів підвищується не значно та знаходиться в межах норми. Показник пористості хліба з дієтичною добавкою у кількості (5-10) % знаходиться на рівні з контрольним зразком, подальше підвищення вмісту добавки зменшує значення даного показника на (3-8) %, що є характерним для виробів, збагачених харчовими волокнами, оскільки заміна частини пшеничного борошна дослідною добавкою зменшує відсоток білків, які беруть участь у створенні клейковинного каркасу тіста, що призводить до зниження еластичності м'якушки та погіршення її стану.

Отже, хоча за фізико-хімічними показниками якості весь дослідний інтервал добавки може бути рекомендований для подальших досліджень, результати органолептичних показників якості хліба стали передумовою обмеження максимальної кількості добавки до 20 % від маси борошна.

Відомо, що необхідною умовою створення продуктів оздоровчого призначення є забезпечення (15-50) % денної потреби у нутрієнтах у разі вживання добової норми продукту [2, 3]. Дані розрахунку покриття добової потреби у вітамінах та харчових волокнах за рахунок вживання 277 г (згідно з нормативами) хліба пшеничного з борошна вищого ґатунку з додаванням дієтичної добавки «Шрот зародків пшениці» представлені в табл. 2.

З результатів таблиці видно, що при додаванні дієтичної добавки в хлібі збільшилася кількість вітаміну Е у 1,1…1,6 рази, B_1 – 1,1-1,3 рази, B_2 – 3,2-4,8 рази, B_6 – 1,3-1,5 рази, РР – 1,1-1,2 рази.

Таблиця 2 – Покриття добової потреби людини у вітамінах і харчових волокнах за рахунок вживання денної норми хліба з дієтичною добавкою «Шрот зародків пшениці харчовий»

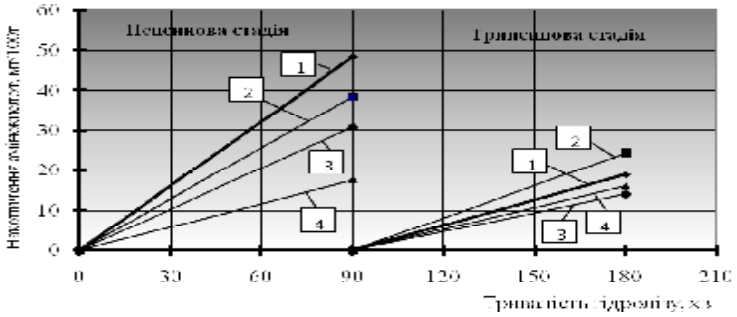
Нутрієнти	Покриття добової потреби людини у вітамінах і харчових волокнах ,% від денної потреби				
	Хліб без добавки (Контроль)	Хліб з добавкою,% від маси борошна			
		5	10	15	20
Вітамін Е	31,0	34,2	40,4	45,0	49,0
Вітамін B_1	19,0	20,0	21,8	22,5	24,0
Вітамін B_2	4,0	8,3	12,5	16,6	20,0
Вітамін B_6	14,0	16,0	17,3	19,0	21,0
Каротиноїди	–	10,0	18	26,0	34,0
Вітамін РР	11,6	11,8	12,0	12,3	12,6
Харчові волокна	2,4	16,0	28,0	41,2	54,4

Важливим є те, що у разі внесення добавки хліб збагачується каротиноїдами, покриття добової потреби в яких складає (10-34) %, тоді як хліб без добавки каротиноїдів не містить взагалі.

Значно підвищується відсоток покриття добової потреби людини у харчових волокнах за рахунок вживання дослідних зразків хліба – на (16,0-54,4) % проти 2,4 % контрольного зразка. Слід зазначити, що суттєве підвищення кількості вітамінів та харчових волокон у пшеничному хлібі з додаванням дієтичної добавки «Шрот зародків пшениці харчовий» спостерігається, починаючи з внесення її у кількості 10 % від маси борошна.

Отже, результати комплексу проведених експериментів довели доцільність використання для подальших досліджень дієтичної добавки у кількості (10-20) % від маси борошна.

Важливим показником споживчих властивостей виробів є перетравлюваність білків, тобто їх атакованість травними ферментами шлунково-кишкового тракту. Для порівняльної оцінки ступеня перетравлюваності білкових речовин хліба досліджували інтенсивність їх гідролізу пепсином і трипсином *in vitro*. Результати досліджень представлені на рис. 1.



1 – без добавки (контроль), 2, 3, 4 – з добавкою у кількості 10 %, 15 %, 20 % від маси борошна відповідно

Рис. 1 – Швидкість накопичення вільних амінокислот під час гідролізу *in vitro* білків хліба

Встановлено, що додавання дієтичної добавки «Шрот зародків пшениці харчовий» у кількості (15-20) % знижує ступінь ферментативного гідролізу білків хліба порівняно з хлібом без добавок як на пепсиновій стадії (на (20,5-63,6) %), так і на трипсиновій стадії (на (15,4... 25,4) %) їх гідролітичного розщеплення. Є підстави вважати, що зниження інтенсивності перетравлення білкових речовин хліба з цими добавками пов'язане з утворенням білок-полісахаридних комплексів, які ускладнюють доступ протеолітичних ферментів до субстрату [4]. Ця закономірність характерна для виробів, збагачених харчовими волокнами, що в цілому призводить до зниження енергетичної цінності хліба.

Відомо, що інтенсивність газоутворення в дріжджовому тісті залежить, в основному, від активності хлібопекарських дріжджів. Враховуючи багатий вітамінний склад дослідної добавки, визначали її вплив на показники підйомної сили та осмочутливості пресованих дріжджів.

Результати визначення зміни підйомної сили та осмочутливості дріжджів у присутності добавки представлені на рис. 2 і 3.

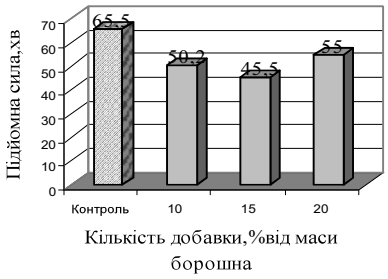


Рис. 2 – Вплив дієтичної добавки «Шрот зародку пшениці харчовий» на підйомну силу пресованих дріжджів

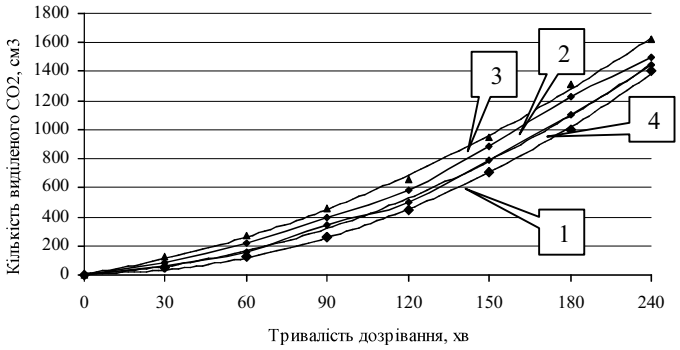


Рис. 3 – Вплив дієтичної добавки «Шрот зародку пшениці харчовий» на осмочутливість пресованих дріжджів

Як видно з рис. 2, використання усього досліджуваного інтервалу добавки приводить до покращення показника підйомної сили дріжджів. Проте найбільший ефект від її внесення спостерігається у зразках з 10 % та 15 % від маси борошна. У цьому випадку підйомна сила була краща за контрольний зразок на 30 % і 43 % відповідно. Подальше підвищення кількості добавки призводило до деякого погіршення покращуючого ефекту, але, все-таки, порівняно з контролем показник підйомної сили покращився на 23 %.

Результати досліджень впливу добавки на показник осмочутливості дріжджів (рис. 3) показали, що у зразках з концентрацією добавки 10 % та 15 % осмочутливість покращується на 38 % та 33 % відповідно, а 20 % – на 25,7 % .

Підтвердженням отриманих даних було визначення впливу добавки на газоутворення у пшеничному тісті. У ході дослідження визначали динаміку і швидкість газоутворення в тісті протягом 4 год його бродіння. Результати експериментів наведені на рис. 4.

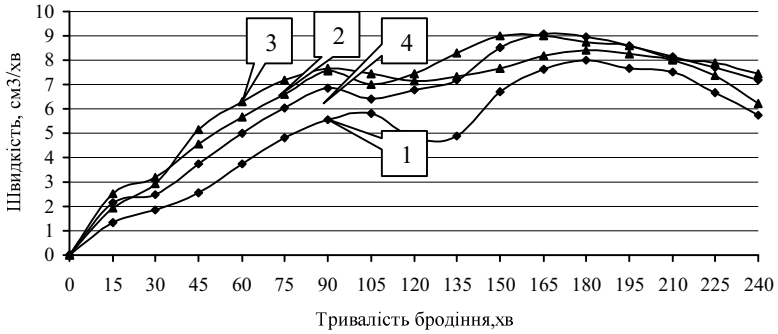


1 – контрольний зразок (без добавки), 2 – 10 %, 3 – 15 %, 4 – 20 %

Рис. 4 – Динаміка газоутворення під час бродіння дріжджового тіста з додаванням дієтичної добавки (% від маси борошна)

Аналіз динаміки утворення диоксиду вуглецю в тісті з дієтичної добавкою свідчить, що його накопичення у зразках з добавкою у кількості (10-15) % від маси борошна вище у порівнянні з контрольним зразком на (12,7-14,0) %. Підвищення вмісту добавки до 20 % від маси борошна дещо погіршує отриманий технологічний ефект, але в порівнянні з контролем вище на 11,0 %.

Результати визначення швидкості газоутворення у дослідних зразках тіста наведені на рис. 5. Відомо, що криві кінетики газоутворення мають два екстремуми, наявність яких обумовлена специфікою зброджування цукрів дріжджами. Утворення першого екстремуму пов'язане зі зниженням кількості у системі легкодоступних цукрів і початком індукції α-глюкозидази для зброджування мальтози, яка утворилася в результаті амілолізу під дією β-амілази борошна. Другий екстремум утворюється через настання дефіциту в системі мальтози і є передумовою для припинення процесу дозрівання тіста.

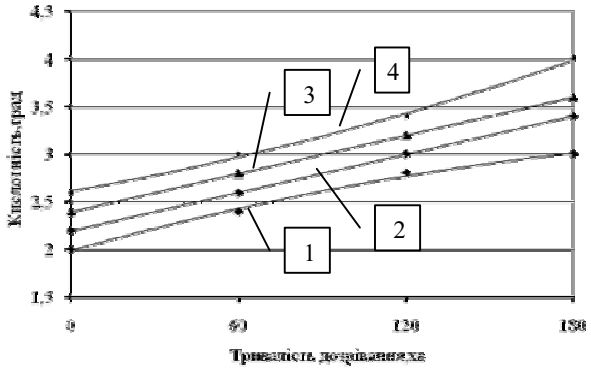


1 – контрольний зразок (без добавки); 2 – 10 %; 3 – 15 %; 4 – 20 %

Рис. 5 – Швидкість газоутворення в тісті з дієтичною добавкою (% від маси борошна)

Як видно з рисунка, криві швидкості газоутворення мають слабко виражені піки, що пояснюється відсутністю дефіциту цукру протягом бродіння за рахунок додаткового його внесення у складі дієтичної добавки. Час настання другого піку в контрольному зразку становить 180 хв, присутність добавки у тісті в кількості (10-15) % від маси борошна дозволяє скоротити цей період на 15…30 хв відповідно. Підвищення дозування дослідної добавки до 20 % від маси борошна призводить до зниження отриманого ефекту – настання другого піку збігається з контрольним зразком, але швидкість при цьому все ж таки більша на 10 % відносно контролю без добавки. Таке підвищення інтенсивності газоутворення в тісті пояснюється результатами вищенаведених даних про активізацію дріжджів у присутності добавки.

Одним із показників вибродженості напівфабрикатів є їх титрована кислотність, яка залежить від кислотності сировини, її властивостей та тривалості дозрівання тіста. Кислотонакопичення в тісті з дослідною добавкою та без неї визначали протягом трьох годин дозрівання з інтервалом 1 год (рис. 1).



1 – контрольний зразок (без добавки), 2 – 10 %, 3 – 15 %, 4 – 20 %

Рис. 6 – Динаміка титрованої кислотності під час бродіння дріжджового тіста з додаванням дієтичної добавки (% від маси борошна)

За результатами досліджень можна зазначити, що внесення дієтичної добавки «Шрот зародків пшениці харчовий» не впливає на інтенсивність кислотонакопичення у тісті, проте початкова величина цього показника в дослідних зразках збільшується відносно контрольного зразка за мірою підвищення кількості добавки в тісті. Це пояснюється тим, що титрована кислотність добавки вища за таку у пшеничного борошна. Наприкінці експерименту показник титрованої кислотності дослідних зразків тіста на (13-40) % вищий, ніж у контрольного зразка.

Отже, отримані дані газо- та кислотонакопичення в тісті в присутності добавки дають можливість скоротити тривалість дозрівання тіста на 15…30 хв у разі внесення дієтичної добавки (10-15) % від маси борошна, при цьому значення кінцевої титрованої кислотності тіста буде становити 3,3 град та 3,4 град, що є оптимальною для тіста з пшеничного борошна.

Висновки

1. Показано перспективність використання дієтичної добавки «Шрот зародків пшениці харчовий» для підвищення харчової цінності хлібобулочних виробів.
2. За результатами визначення органолептичних, фізико-хімічних показників якості готового хліба та розрахунку покриття добової потреби людини у вітамінах та харчових волокнах визначено раціональну кількість дієтичної добавки для розробки технології хліба, яка становить 10…20 % від маси борошна.
3. Досліджено ступінь перетравлюваності білкових речовин хліба за інтенсивністю їх гідролізу пепсином і трипсином *in vitro*. Визначено, що внесення дієтичної добавки призводить до зниження ступеня перетравлюваності білків та меншої засвоюваності хліба, що в цілому дозволяє знизити енергетичну цінність готових виробів.
4. Досліджено вплив дослідної добавки на властивості хлібопекарських дріжджів, газонакопичення та кислотонакопичення в тісті під час дозрівання. Отримані дані дозволяють судити про скорочення тривалості дозрівання тіста на 15…30 хв із забезпеченням потрібної титрованої кислотності напівфабрикату.

Література

1. Козловський, В. С. Біологічно активні добавки із зародків пшениці виробництва КП «Білоцерківхлібпродукт» [Текст] / В. С. Козловський // Хранение и переработка сырья. – 2009. – № 1. – С. 36 – 38.
2. Спиричев, Б. П. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами [Текст] / Б. П. Спиричев, Л.Н. Шатнюк, В.М. Поздняковский. – Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2004. – 548 с.
3. Капрельянц, Л. В. Функціональні продукти [Текст] / Л.В. Капрельянц, К.Г. Іоргачова. – О.: Друк, 2003. – 312 с.
4. Дудкин, М. С. Пищевые волокна [Текст] / М.С. Дудкин, Н. К. Черно, Н.С. Казанская и др. – К.: Урожай, 1988. –150 с.

УДК 664.644

ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА НА ХМЕЛЕВИХ ЗАКВАСКАХ

[*]Рак В.П., аспірант, Ірха Ю.О., магістрант, Юрчак В.Г., д-р техн. наук
Національний університет харчових технологій, м. Київ
[*]Львівський державний коледж харчової і переробної промисловості НУХТ

Вивчено вплив хмелю на технологічний процес приготування заквасок та якість хліба. Досліджено вплив способів приготування хмелевих заквасок з борошна пшеничного вищого та першого сорту на якість хліба.

The influence of hop on the tehnological process of leaven making as well as quality of bread has been investigated. The influence of ways of hop leaven-making from wheat flour (extra and first class) to the quality of bread.

Ключові слова: хміль, заварка, закваска, тісто.

У хлібопеченні до середини минулого століття застосовували технологію хліба з використанням хмелевих заквасок. Хміль використовували як антисептик при приготуванні рідких хмелевих заквасок для збереження чистоти мікрофлори. Крім того, хмелеві закваски сприяли подовженню тривалості збереження свіжості, покращенню смакових та ароматичних властивостей хліба. Ця технологія використовувалась для приготування хліба з борошна пшеничного обойного, другого сорту. В даний час на хлібозаводах і пекарнях використовуються технології, які передбачають збільшене дозування пресованих дріжджів. Відомо, що дріжджові клітини у великій кількості викликають метеоризм, діарею, знижують імунітет, негативно впливають на організм людини загалом. Тому актуальним є повернення до призабутих технологій з використанням хмелевих заквасок.

Метою даної роботи було розроблення технології приготування хліба на хмелевих заквасках з пшеничного борошна вищих сортів.

Останнім часом розроблено декілька способів приготування бездріжджового хліба з використанням хмелевих заквасок.

Запропоновані способи приготування хліба на заквасках з використанням гірких заварок, проте ці способи передбачають використання житнього борошна [1] або борошна з цільнозмеленого зерна [2]. Інший спосіб полягає у приготуванні заквасок з пшеничного борошна, але передбачене спонтанне зброджування закваски [3].

Для розроблення способу приготування пшеничного хліба на хмелевих заквасках потрібно забезпечити інтенсифікацію в них цукроутворення, оскільки у пшеничному борошні менше міститься водорозчинних поживних речовин і знижена активність амілолітичних ферментів порівняно з житнім борошном. Також необхідно збагатити поживне середовище амінокислотами. З цією метою при приготуванні гірких заварок для заквасок нами досліджено можливість використання кукурудзяного, соєвого борошна та борошна солоду сої. А також досліджували можливість використання ферментного препарату Grindamil A1000. Досліджували накопичення цукрів та амінного азоту в заварках приготовлених різними способами. Готували п'ять варіантів гірких заварок з пшеничного борошна: 1) без ферментного препарату; 2) з ферментним препаратом; 3) з ферментним препаратом та кукурудзяним борошном; 4) з ферментним препаратом та соєвим борошном; 5) з ферментним препаратом та борошном солоду сої.

Відвар хмелю вносили безпосередньо при приготуванні заварки. Борошно кукурудзяне, сої та солоду сої вносили в кількості 0,3 % до маси борошна в тісті.

Визначали початковий вміст та через кожну годину протягом 3 год масову частку цукрів та амінного азоту.

Таблиця 1 – Вміст цукрів та амінного азоту у заварці залежно від способу приготування

Показники	Гірка заварка з пшеничного борошна		Гірка заварка з пшеничного борошна з додаванням ФП та:		
	без ферментного препарату	з ферментним препаратом	кукурудзяного борошна	соєвого борошна	борошна солоду сої
Масова частка цукрів у заварці в перерахунку на мальтозу, % до СР					
Початкова					
Через 1год	12,4	14,0	14,0	14,4	15,0
Через 2год	16,8	23,0	22,8	23,0	25,8
Через 3год	19,0	23,8	24,6	24,8	28,2
Масова частка цукрів у заварці в перерахунку на мальтозу, % до маси борошна у заквасці	19,2	25,0	25,7	28,8	29,6
Початкова	6,2	7,0	7,0	7,2	7,5
Через 1год	8,40	11,5	11,4	11,5	12,9
Через 2год	9,5	11,9	12,3	12,4	14,1
Через 3год	9,6	12,5	12,8	14,4	14,8
Вміст амінного азоту, % до СР					
Початкова	0,4	0,5	0,8	0,9	0,93
Через 1год	0,5	0,6	1,0	2,0	2,0
Через 2год	1,0	1,2	1,2	2,5	2,5
Через 3год	1,2	1,3	1,3	2,6	2,6

Встановлено, що найбільш інтенсивне накопичення редукуючих цукрів у заварках, приготовлених різними способами, відбувається протягом першої години оцукрення заварки. В подальшому інтенсивність накопичення цукрів закономірно зменшується. У гіркій заварці з пшеничного борошна з ферментним препаратом інтенсивніше накопичуються цукри, ніж без ферментного препарату.

Використання кукурудзяного борошна, соєвого та борошна із солоду сої і ферментного препарату сприяє збільшенню вже початкової кількості цукрів з 6,2 % до 7,5 % до маси борошна у заквасці, а також більш інтенсивному їх накопиченні, особливо у разі використання соєвого борошна і борошна солоду сої на 35 % за першу годину оцукрення. Використання кукурудзяного борошна є менш ефективним.

Встановлені аналогічні дані для амінного азоту. Найбільше накопичення амінного азоту відбувається у гіркій заварці з додаванням борошна солоду сої протягом першої години оцукрення заварки. В порів-

нянні з контролем накопичення амінного азоту збільшилось на 70 %, а в порівнянні з заваркою з додаванням кукурудзяного борошна на 50 %.

В досліді готували три види заквасок на гіркій заварці: з кукурудзяним борошном; з соєвим борошном; з борошном солоду сої, ферментним препаратом. Як маточну закваску використовували хмелеву закваску. Кислотність закваски 9,6 град, підйомна сила – 18 хв. Культивування закваски здійснювали протягом 16 год. Температура закваски складала (29-30) °С, тривалість бродіння 4 год. Кількість пшеничного борошна в хмелевих закваскаx становила 24 %. Отримані дані зведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Показники якості пшеничної закваски, приготовленої на заварках з кукурудзяним, соєвим борошном та борошном солоду сої

Показники	Закваска на гіркій заварці з:		
	кукурудзяним борошном	соєвим борошном	борошном солоду сої
Перше підживлення			
Кислотність, град	9,6	9,6	9,7
Підйомна сила, хв	18,0	18,0	17,0
Друге підживлення			
Кислотність, град	9,0	9,2	9,2
Підйомна сила, хв	24	23	23
Третє підживлення			
Кислотність, град	9,2	9,2	9,3
Підйомна сила, хв	26	25	22
Четверте підживлення			
Кислотність, град	8,7	9,6	9,8
Підйомна сила, хв	27	19	15

З таблиці видно, що заквaски на гіркій заварці з додаванням соєвого борошна або борошна солоду сої мали вищу кислотність і кращу підйомну силу, ніж закваска на заварці з додаванням кукурудзяного борошна. Проте для виготовлення пшеничного хліба з борошна першого та вищого сорту бажано, щоб кислотність закваски була нижчою. Тому для зниження кислотності заквасок за допомогою технологічних прийомів знижували тривалість бродіння та зменшували кількість закваски, що йде на відновлення. Температуру знизили до (26-27) °С, тривалість бродіння до 3,5 год, кількість заквасок, що використовувалась на відновлення, складала 48 % (варіант № 1) та 42 % (варіант № 2 та варіант № 3). Підживлення здійснювали через кожні 4 год. Результати дослідження наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Показники якості пшеничної закваски при різних параметрах її приготування

Показники	Закваска на гіркій заварці з:		
	кукурудзяним борошном	соєвим борошном	борошном солоду сої
Варіант № 1*			
Кислотність, град	8,3	8,9	9,8
Підйомна сила, хв	27	21	15
Варіант № 2*			
Кислотність, град	7,6	8,1	9,1
Підйомна сила, хв	29	30	24
Варіант № 3*			
Кислотність, град	7,9	8,3	9,1
Підйомна сила, хв	27	25	18
Масова частка спирту в напівфабрикаті, %	1,12	1,30	1,48
Вміст летких кислот, %, у перерахунку на оцтову кислоту	30	31	31

Встановлено, що у разі скорочення тривалості бродіння заквасок з 4 год до 3,5 год (варіант № 1) кислотність їх дещо знижується на (0,4-0,5) град у порівнянні з даними, наведеними у табл. 2, а у заквасці з борошном солоду сої залишилось на тому самому рівні. Зменшення кількості закваски на відновлення до 42 % і тривалості бродіння до 3,5 год привело до більш суттєвого зниження кислотності – (1,1-1,7) град, але у цьому разі і підйомна сила заквасок також падала і складала у зразках з кукурудзяним та соєвим борошном 29-30 хв, а з борошном солоду сої 24 хв. Кращі результати отримані, якщо тривалість бродіння заквасок залишилась 4 год, а кількість закваски для відновлення 42 % (варіант № 3).

Визначення масової частки спирту у закваскаx свідчить про активніше бродіння закваски з борошном солоду сої.

Високий вміст летких кислот обумовлений використанням мікрофлори, характерної для житніх заквасок. Це потребує оптимізації складу мікрофлори заквасок.

Визначали кислотність тіста, тривалість вистоювання, питомий об'єм, кислотність хліба і ступінь черствіння за показником деформації на пенетрометрі.

Таблиця 4 – Вплив хмелевих пшеничних заквасок на показники технологічного процесу і якість хліба

Показники	Дозування закваски, %			Дозування закваски, %		
	42			48		
	Закваска на заварці з:					
	кукурудзяним борошном	соєвим борошном	борошном солоду сої	кукурудзяним борошном	соєвим борошном	борошном солоду сої
Тривалість бродіння тіста, хв	60					
Кислотність тіста, град	3,4	3,4	3,9	3,9	3,9	4,5
Тривалість вистоювання, хв	114	140	106	94	100	77
Питомий об'єм, $см^3$/100 г	255	303	306	271	308	311
Кислотність, град	4,2	5,2	5,2	4,4	5,0	5,2
Деформація м'якушки, од. пенетрометра, через:						
1 добу	40	64	54	40	56	45
3 доби	23	31	30	25	32	30

За тривалості бродіння тіста 60 хв кислотність тіста, приготовленого з використанням 42 % закваски, була нижчою на (0,5-0,6) град, порівняно з тістом з використанням 48,0 % закваски до маси борошна в тісті. За різних способів приготування заварки кислотність тіста була однаковою у разі використання заварки з кукурудзяним борошном і з соєвим борошном, а у разі використання заварки з борошном солоду сої збільшується на (0,5-0,6) град.

Тривалість вистоювання тістових заготовок зменшувалась при збільшенні кількості закваски з 42 до 48 % на 20-40 хв. Найменшу тривалість вистоювання мали тістові заготовки з тіста на закваскаx з використанням борошна солоду сої. Найбільший питомий об'єм досягнуто при використанні закваски з борошном солоду сої. Загальна деформація м'якушки більша у хліба з використанням закваски з соєвим борошном та з борошном солоду сої.

На підставі вищевикладених досліджень нами запропонований спосіб приготування пшеничного хліба з використанням хмелевої закваски. Цей спосіб відрізняється тим, що заварку готують з пшеничного борошна при співвідношенні борошна і води 1/1,25÷1/4, кількість борошна у заварці складає (6-12) %, хміль вноситься у вигляді (0,5-1) % відвару, що містить хміль у кількості (0,04-0,1) % до маси борошна. У заварку для забезпечення в ній достатньої кількості поживних речовин вноситься соєве борошно або борошно солоду сої, або кукурудзяне борошно в кількості (0,3-1,0) % до маси борошна в тісті. Для збільшення накопичення цукрів у заварці, в неї додається ферментний препарат амілолітичної дії в кількості (0,002-0,004) % до маси борошна у тісті після її охолодження до (50-60) °С. Кількість борошна у хмелевих закваскаx складає (18-24) %, вологість заквасок (68-72) %, закваска вноситься у тісто в кількості (42-48) % до маси борошна [4].

Висновки

На підставі дослідження інтенсивності накопичення редукуючих цукрів та амінного азоту можна рекомендувати спосіб приготування заварки з пшеничного борошна з додаванням борошна солоду сої чи борошна сої та використання ферментного препарату в кількості 0,002 % до маси борошна в тісті.

Встановлено дозування закваски (42-48) %, що забезпечує стабільні показники якості заквасок, високу підйомну силу заквасок, сприяє скороченню тривалості вистоювання, збільшенню питомого об'єму хліба, подовженню збереження свіжості. Використання пшеничного борошна для приготування заварки і закваски сприяє утворенню хліба з невисокою кислотністю, і такий хліб може бути рекомендований для вживання людям із захворюванням шлунково-кишкового тракту [4].

Література

1. Пат. № 15527 Україна. Спосіб приготування оцукреної заварки на хмелю для виробництва хлібопекарських виробів / Малиновський В.В., Белей О.В., Букшина Л.С., Дахно Б.М., Церковна С.М. // Бюлетень №7. – 2006.
2. Пат. № 2174303 Россия. Способ производства хлеба «Фатима» / Чехоева В.И., Поландова Р.Д., Харлампович И.Я., Калагова Ф.Н.// Бюлетень № 34. – 2002. – С.1.
3. Пат. № 2258 372 Россия. Способ приготовления бездрожжевого хлеба / ПащенкоЛ.П., Никитин И.А., Павлова Н.В. // Воронежская государственная технологическая академия. – Бюл. № 23. – 2005.
4. Пат. № 40846 Україна. Спосіб виготовлення хліба з використанням хмелевих заквасок /Юрчак В.Г., Рак В.П., Ірха Ю.О., Ганжа М.І., Голікова Т. П.// Національний університет харчових технологій. – Бюлетень № 8. – 2009. – С.1.

УДК 664:613.2:006.015.8

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СМЕШИВАНИЯ ТЕСТООБРАЗНИХ МАСС ХЛЕБОПЕКАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Пшенишнюк Г.Ф., канд.техн.наук, доцент, Павловский С.Н, канд.техн.наук, доцент
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Разработан потенциометрический экспресс-метод определения содержания поваренной соли в тестообразных массах хлебопекарного производства, дана статистическая оценка распределения хлорида натрия в тесте, которое при смешивании компонентов его рецептуры подчиняется нормальному закону Гаусса.

The potentiometric quick test of definition of a salt content in doughy masses of hlebobaking effecting is developed, the statistical assessment distributions sodium chloride in the paste which at mixing together of components of its formula submits to the normal law of Gauss is yielded.

Ключевые слова: поваренная соль, pH-метрия, дисперсия, воспроизводимость, смешивание, однородность, эффективность процесса.

Основным требованием, предъявляемым к любой композиционной системе, является высокая однородность ее физических и химических параметров, которая достигается только при равномерном распределении компонентов в объеме смешиваемого материала. Поэтому смешивание можно определить как процесс, целью которого является превращение исходной системы, характеризующейся упорядоченным распределением компонентов, в систему, характеризующуюся неупорядоченным, статистически случайным распределением [1, 2].

Основы формальной теории смешивания и диспергирования разработаны с применением теории вероятностей и математической статистики и использованы для оценки процессов в изготовлении порошкообразных минеральных композиций и малонаполненных пластмасс [1, 2, 3, 4], а также при разработке технологии резиносмешения [5].

Обычно допускают [1], что при идеальном перемешивании компонентов в смеси распределение их концентраций подчиняется закону биномиального распределения для конечного числа частиц или гауссовому распределению при непрерывной функции вероятностей. В работах [5,6,7,8] указывается на случайный характер рассеивания компонентов при смешивании и подчинение его нормальному распределению Гаусса, а,следовательно, и законам математической статистики.

Однако, как отмечает Торнер [2], на практике решающее значение имеет не характер распределения диспергируемого вещества в смеси (случайный или неслучайный), а степень отклонения имеющегося распределения от случайного. По мере приближения смеси к случайной, выборочная дисперсия σ^2 стремится к предельному или минимальному значению генеральной дисперсии σ^2 [9]. Это явление использовано для оценки степени гомогенности смешиваемого материала.

Известны различные статистические критерии оценки качества процесса смешивания, в частности, индексы перемешивания Мак-Келви, Мора, Лейси, Ластовцева и Хвальнова и многие др. [4].

В настоящее время технология хлеба еще не располагает достаточным количеством исследований для создания обобщенной теории смешивания многокомпонентных производственных рецептур теста и математических моделей, количественно описывающих кинетические закономерности процесса смешивания. Практическую сложность в оценке степени гомогенности хлебопекарного теста составляет выбор достоверных и правомерных индикаторов гомогенности, представительно и с достаточной точностью определяющих его однородность.

А.Ф.Горячевой и сотр. [11] показана возможность использования в качестве индикатора гомогенности теста – жира. Известны методы определения однородности теста по изменению его влажности [12,13], плотности [14], удельного электрического сопротивления [15], рассеивании металлических частиц в объеме смешиваемого материала [6], реологическим характеристикам [16] и т.д.

Вышеперечисленные методы оценки однородности теста продолжительны во времени и требуют химических реактивов либо специальных приборов. По-видимому, наиболее приемлемыми индикаторами однородности теста являются компоненты его рецептуры с минимальным массовым расходом. В качестве такого индикатора нами выбран хлорид натрия. Его количественное содержание в отдельных пробах теста определяли потенциометрическим экспресс-методом с использованием прибора рН-340.

Для оценки процесса смешивания использовали индекс качества смеси Мак-Келви [4], который характеризует степень ее отклонения от идеальной и рассчитывается по формуле

$$I = \sigma / S, \qquad (1)$$

где σ – теоретическое СКО концентрации индикатора в идеальной смеси, %;

S – выборочное среднее квадратическое отклонение (СКО) концентрации индикатора в реальной смеси, %.

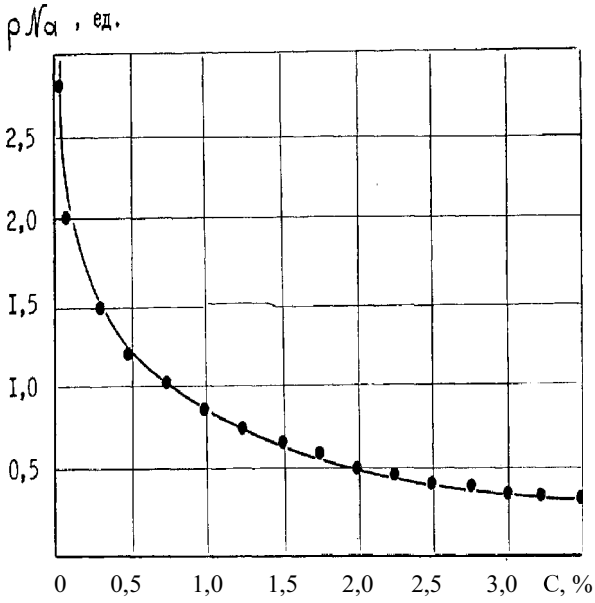


Рис 1. – Зависимость активной концентрации ионов натрия от концентрации поваренной соли в тесте

В качестве индикатора однородности теста использовали хлорид натрия, который является обязательным компонентом большинства хлебобулочных изделий с массовым расходом (1-2) кг на 100 кг муки.

Методы технохимического контроля и ГОСТ 5698-51 предусматривают количественное определение хлорида натрия только в готовых изделиях. Для теста разработан кулонометрический метод [17]. Также известны экспрессные методы определения поваренной соли в комбикормах [18,19]. Однако все они продолжительны во времени и требуют использования дорогостоящих и дефицитных реактивов.

Нами исследована возможность количественного определения NaCl в тесте экспресс-методом на приборе рН-340. Для этого в качестве измерительного датчика использовали стеклянный электрод ЭСЛ-51-05. Датчиком сравнения служил вспомогательный хлорсеребряный электрод ЭВЛ-1М3.

Для перевода показаний рН-метра из единиц pNa в концентрацию NaCl, данные экспериментальной калибровочной кривой, которая приведена на рис. 1, подвергали статистической обработке на ЭВМ.

Удовлетворительное совпадение расчетных и эмпирических точек получено при аппроксимации зависимости полиномом второго порядка. Однако для разбавленных растворов NaCl (меньше 0,6 %) на-

блюдали значительное отклонение расчетных данных от результатов опытов. Максимальное совпадение точек было достигнуто при аппроксимации эмпирической зависимости полиномом третьего порядка.

Получены следующие регрессионные уравнения:

$$C = 5,87-8,10pNa +2,95pNa^2 ; \quad (2)$$

$$C =6,87-12,43pNa+8,32pNa^2-1,99pNa^3. \quad (3)$$

Статистическую значимость коэффициентов уравнений и их адекватность проверяли по соответствующим дисперсиям. Согласно результатам статистической обработки экспериментальных данных, регрессионные уравнения (2) и (3) с доверительной вероятностью соответственно P = 0,95 и P = 0,99 адекватны результатам эксперимента и позволяют определять концентрацию NaCl в жидкой фазе теста.

Теория статистического оценивания параметров и проверки гипотез позволяет делать научно обоснованные выводы о всей генеральной совокупности по выборке из нее[20].

Для определения объема выборки n задавались желаемой степенью точности оценки Δ и доверительной вероятностью P. Используя результаты экспериментальных и статистических данных и значение критерия Стьюдента t_s при уровне значимости α = 0,05 и числе степеней свобод f = 12, получим:

$$n = (t_s^2 \cdot S_в^2)/\Delta^2 =(2,18^2-0,1^2)/0,025^2 \approx 76 \quad (4)$$

С целью повышения надежности результатов эксперимента, объем выборки принимали равным 100 опытам.

Опыты проводили с заведомо хорошо перемешанным тестом. Для стабилизации коллоидно-химических процессов его выдерживали в термостате при 303 °К в течение 0,5 ч, раскатывали в пласт толщиной (0,023-0,030) м и делили поверхность острым ножом на приблизительно равные квадраты. В полученых пробах теста на приборе pH-340 определяли активную концентрацию ионов Na+, а по уравнению (2) - концентрацию NaCl в жидкой фазе теста. Эмпирические данные, сгруппированные по их величине, приведены в табл. 1.

Таблица 1 — Результаты экспериментального определения концентрации хлорида натрия в тесте

Варианты Ci	Частоты ni	Варианты Ci	Частоты ni	Варианты Ci	Частоты ni	Варианты Ci	Частоты ni
2,0	2	2,13	5	2,25	5	2,39	2
2,01	1	2,15	4	2,26	4	2,42	2
2,04	2	2,16	3	2,29	4	2,44	1
2,06	2	2,18	6	2,30	2	2,45	1
2,07	4	2,19	6	2,32	4	2,47	1
2,09	3	2,20	9	2,34	3	2,48	1
2,10	2	2,21	6	2,36	4	-	-
2,12	4	2,23	5	2,38	2	-	-

Эмпирический интервал концентрации разбивали на 8 частичных интервалов: 2,0 - 2,06; 2,06 - 2,12; 2,12 - 2,18; 2,18 - 2,24; 2,24 - 2,30; 2,30 - 2,36; 2,36 - 2,42; 2,42 - 2,48.

Приняв средины частичных интервалов в качестве новых вариант C_i, получили равноотстоящие варианты C_1=2,03, C_2=2,09, C_3=2,15 и т.д. Затем находили частоты новых вариант n_i.

Для построения по опытным данным нормальной кривой распределения, необходимо знать среднюю арифметическую и дисперсию выборки. Их определяли методом произведений [10].

Правильность вычислений проверяли по выполнению тождества

$$\sum n_i(U_i+1)^2=\sum n_i \cdot U_i^2+2\sum n_i \cdot U_i+n=448 \quad (5)$$

Затем вычисляли условные моменты первого и второго порядка:

$$b_1=(\sum n_i \cdot U_i)/n=16/100=0,16; \quad (6)$$

$$b_2=(\sum n_i \cdot U_i^2)/n=316/100=3,16. \quad (7)$$

Тогда выборочные средняя C, дисперсия S^2 и среднее квадратическое отклонение S концентрации NaCl в тесте составят:

$$C=b_1 \cdot h+C_0=0,16 \cdot 0,06+2,21=2,22\ \%; \quad (8)$$

$$S_2=(b_2 b_{12}) \cdot h^2=(3,160,162) \cdot 0,06^2=0,01128; \quad (9)$$

$$S=\sqrt{S_2}\ =\sqrt{0.01128}=0,106. \quad (10)$$

Оценка закона распределения достаточно точно достигается путем нахождения частот по частотам эмпирического и вычисленного рядов друг с другом. Нахождение теоретических частот вариационного

ряда по тому или иному закону распределения вероятностей носит название выравнивания эмпирических распределений.

Для нормального закона теоретические выравнивающие частоты определяли по формуле [21].

$$n_i' = [(n \cdot h)/S]\varphi(U_i), \quad (11)$$

где n — сумма наблюдаемых частот;

h — разница между соседними вариантами;

$\varphi(U_i)$ — функция нормированного отклонения.



Рис. 2 — Эмпирическая (1) и выровненная по нормальному закону (2) кривые распределении концентрации хлорида натрия в тесте при смешивании

По выравнивающим частотам n_i' и опытным частотам n_i строили теоретическую (нормальную) и эмпирическую кривые распределения концентрации NaCl в тесте, которые приведены на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что вычисленные и эмпирические частоты в общем неплохо согласуются между собой. Статистическую оценку расхождений между эмпирическими и теоретическими частотами вариационного ряда осуществляли по величине критерия согласия Пирсона хи-квадрат. Для этого по каждому классу вариационного ряда находили разницу между опытными и теоретическими частотами, возводили ее в квадрат и делили на соответствующую теоретическую частоту. Сумма полученных отношений для классов вариационного ряда и будет являться величиной наблюдаемого критерия хи-квадрат [21].

Алгоритм вычисления критерия и результаты промежуточных расчетов приведены в [21]. Эти данные использовали для контроля правильности выполнения вычислений. Должно выполняться следующее тождество

$$X_p^2 = \sum(n_i - n_i')^2/n_i' = [\sum n_i^2/n_i'] - n. \quad (12)$$

Для проведенных расчетов $X_p^2 = 105{,}73 - 100 = 5{,}73$.

По числу степеней свободы f=8-3=5 и уровню значимости α=0,05 определяли критическое значение хи-квадрат, которое для рассматриваемого случая равно $X_{табл}^2 = 11{,}10$.

Так как фактическая величина критерия хи-квадрат не превосходит критического значения при данном пороге его доверительной вероятности и числе степеней свободы, отвергнуть нулевую гипотезу оснований нет. Следовательно, расхождение эмпирических и теоретических частот незначимое, а распределение концентрации NaCl в тесте согласуется с гипотезой о нормальном распределении генеральной совокупности.

Сравнение теоретической кривой, построенной по выравнивающим частотам и полигона эмпирических частот указывает на несколько большее накопление вариант в левой части вариационного ряда. Кроме того, вершина кривой приподнята вверх из-за чрезмерного накопления вариант в левой части вариационного ряда. Эти накопления предположительно указывают на существование левой ассиметрии и положительного эксцесса эмпирического распре S_i*деления NaCl в тесте.

Определяли значимость коэффициентов ассиметрии As и эксцесса Ex , которые характеризуют меру отклонения эмпирического распределения от закона нормального распределения. Для этого по способу суммирования [22] рассчитывали значения S_i* и α_i, а затем – условные моменты b_i распределения хлористого натрия в тесте, которые составили:

$b_1 = d_1/n = 0{,}16$; $b_2 = (S_1^* + 2S_2^*)/n = 3{,}16$; $b_3 = (\alpha_1 + 6\alpha_2 + 6\alpha_3)/n = 3{,}28$; $b_4 = (S_i^* + 14S_i^* + 36S_i^* + 24S_i^*)/n = 27{,}16$.

Условные моменты b_i использовали для определения центральных моментов распределения M_i, которые равны:

$$M_2 = b_2 - b_{12} = 3{,}13;\ M_3 = b_3 - 3b_2b_1 + 2b_{13} = 1{,}77;\ M_4 = b_4 - 4b_3b_1 + 6b_2b_{12} - 3b_{14} = 25{,}55.$$

Так как $M_2 = 3{,}13$ — центральные эмпирические моменты третьего и четвертого порядка составят $S_3 = 5{,}54$ и $S_4 = 9{,}80$. Тогда коэффициенты ассиметрии и эксцесса экспериментального распределения концентрации NaCl в тесте составят $As = M_3/S_3 = 1{,}77/5{,}54 = 0{,}32$; $Ex = M_4/S_4 - 3 = 25{,}55/9{,}80 - 3 = -0{,}39$.

Полученные значения As и Ex меньше критических при P=0,95 и n=100,следовательно,ассиметрия и эксцесс экспериментального распределения концентрации NaCl в тесте являются признаками случайны-

ми [22]. Таким образом, распределение хлорида натрия в хлебопекарном тесте при смешивании его компонентов подчиняется нормальному закону Гаусса, а к ее выборке применимы законы математической статистики.

Выводы

Разработанный экспресс-метод определения хлорида натрия, как обязательного компонента рецептуры большинства хлебобулочных изделий, может быть рекомендован для оперативного контроля содержания поваренной соли в тесте [23], изучения кинетических закономерностей процесса смешивания тестообразных масс хлебопекарного производства [24] и оценки технологической эффективности работы тестомесильных машин [25].

Литература

1. Мор В.Д. Теория смешивания и диспергирования. – В кн.: Переработка термопластичных материлов/Под ред. Э. Бернхарда: пер.с англ.-М.:Химия,1965, С. 131-168.
2. Торнер Р.В. Теоретические основы переработки полимеров: Механика процессов.– М.: Химия, 1977.- 464 с.
3. Макаров Ю.А. Аппараты для смешивания сыпучих материалов.- М.: Машиностроение,1973. - 215 с.
4. Мак-Келви Д.М. Переработка полимеров.-М.: Химия,1965. - 442 с.
5. Переработка каучуков и резиновых смесей: Реологические основы, технология, оборудование/ Е.Г. Вострокнутов, М.И. Новиков и др. – М.: Химия, 1980. - 280 с.
6. Урьев Н.В., Талейсник М.А. Физико-химическая механика и интенсификация образования пищевых масс. – М.: Пищевая пром-с ть, 1976. - 240 с.
7. Батунер Л.М., Позин М.Е. Математические методы в химической технике.- М.:Химия, 1968. – 823 с.
8. Длин А.Н. Факторный анализ в производстве.-М.: Статистика, 1975. – 328 с.
9. Хальд А. Математическая статистика с техническими приложениями.-М.:Издатинлит, 1956.-664 с.
10. Штербачек З., Тауск И. Перемешивание в химической промышленности. – Госхимиздат,1963. – 416 с.
11. Горячева А.Ф., Щербатенко В.В. Механическая обработка теста.-М.: Пищевая пром-сть, ЦНИИТЭИпищепром, 1968. – 60 с.
12. Берман Г.К., Абрамов Н.И., Мачихин С.А.Критерий перемешивания при замесе теста. - Хлебопекарная и кондитерская пром-сть, № 5, 1976 – С. 29-31.
13. Гончаров М.Д.Оценка однородности смеси в процессе образования теста.- Хлебопекарная и кондитерская пром-сть, № 3, 1964 – С. 3-8.
14. Лунин Л.Н., Мачихин Ю.А.Определение качества перемешивания пищевых масс.- Хлебопекарная и кондитерская пром-сть, № 10, 1968 – С.16-17.
15. Электрический метод контроля качества замеса теста/С.А. Мачихин, В.В. Дмитриев, А.Е. Гвоздилин, А.П. Родин.- Хлебопекарная и кондитерская пром-сть, № 11, 1971. – С. 15-18.
16. Щербатенко В.В., Кузьминский Р.В., Васин М.И. Оценка качества замеса теста. – Хлебопекарная и кондитерская пром-сть, 1978. – С. 32-35.
17. Загиддилина Г.З., Юнникова Н.В. Определение поваренной соли в тесте кулонометрическим методом. - Хлебопекарная и кондитенрская пром-сть, 1980. – С. 30-31.
18. Захарченко И.М.,Зиринь Ф.П., Романовскис В.Н. Экспресс-метод химического определения поваренной соли в комбикормах. – М.: Труды ВНИИКП, вып. 2., 1970. – С.159-171.
19. Сергеев В.М.,Емельянов Д.Е. Ускоренный метод определения поваренной соли в комбикормах посредством потенциометрического титрования. – М.: Труды ВНИИКП,1970, вып. 2. – С. 127-134.
20. Математическая статистика/ В.М. Иванов, В.Н. Калинина, Л.А. Нешумова и др.-М.: Высшая школа, 1981. – 317 с.
21. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика.-М.: Высшая школа, 1977. – 479 с.
22. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа, 1973. – 343 с.
23. Пшенишнюк Г.Ф., Козлов Г.Ф. Определение содержания поваренной соли в тесте экспрессным методом. – Хлебопекарная и макаронная промышленность, № 8, 1981.–С. 14-19.
24. Пшенишнюк Г.Ф., Чмырь А.Д. Кинетические закономерности процесса смешивания ингридиентов теста. – Изв. Вузов. Пищевая технология, № 5, 1984. – С.31-35.
25. Пшенишнюк Г.Ф., Чмырь А.Д. Математическая модель процесса смешивания ингредиентов теста. - Хлебопекарная и кондитерская промышленность, № 9, 1986. – С. 19-22.

УДК 641.85-027.38:637.146

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ БІЛКОВО-РОСЛИННОГО НАПІВФАБРИКАТУ У ВИРОБНИЦТВІ КРЕМУ ВЕРШКОВОГО

Гніцевич В.А., к.т.н., доцент, Федотова Н.А., асистент
Донецкий національний університет економіки та торгівлі ім. М. Туган-Барановського

У цій статті визначені рекомендовані параметри процесу відновлення білково-рослинного напівфабрикату і наведені принципові технологічні схеми відновлення напівфабрикату та виготовлення вершкового крему на його основі.

In this article the recommended parameters of process of renewal of a belkovo-vegetative semifinished product are defined and basic technological schemes of renewal of a semifinished product and manufacturing of a creamy cream on its basis are resulted.

Ключові слова: білково-рослинний напівфабрикат, відновлення, розчинення, технологічна схема, вершковий крем, гідромодуль.

В сучасних умовах у харчовій промисловості найбільший інтерес виникає до напівфабрикатів у вигляді сухих сумішей, які являють собою висококонцентровану рецептурну систему з вологістю (4...5) % і мають цілий ряд переваг: тривалий час зберігання без залучення спеціального устаткування; спрощення технологічного процесу; розширення асортименту десертних страв та оздоблювальних напівфабрикатів на підприємствах ресторанного господарства; можливість механізації технологічних процесів та ін. [1].

Проведений нами аналіз рецептурного складу і технологічного процесу виробництва оздоблювальних напівфабрикатів показав, що до складу багатьох рецептур входить, наприклад, цукровий сироп, для приготування якого потрібні тривала теплова обробка з наступним охолодженням, що приводить до тривалого процесу виготування страви. Також слід зазначити, що в деяких рецептурах необхідне попереднє загущування рецептурної суміші (наприклад, пюре плодового) шляхом проварювання, що сприяє продовженню технологічного процесу, а також приводить до часткового руйнування поживних речовин (вітамінів) під впливом високих температур.

Щоб уникнути вищевикладених дефектів, нами розроблено порошкоподібний білково-рослинний напівфабрикат, застосування якого і дозволяє одержати вироби швидкого виготування з більш високою якістю.

Розроблений нами напівфабрикат [2] варто віднести до напівфабрикату високого ступеня готовності, на основі якого виробництво готової продукції здійснюється за скороченою технологічною схемою, що передбачає відновлення напівфабрикату різними розчинниками (сироватка, знежирене молоко, різні соки), перемішування з рецептурними компонентами та оздоблення.

Відновлення (розчинення) сухого білково-рослинного напівфабрикату з молочної сироватки для подальшого використання у виготовленні оздоблювальних напівфабрикатів є необхідною операцією. Тому першим завданням було вивчення процесів відновлення та визначення рекомендованих параметрів цього процесу.

Відомо, що швидкість розчинення залежить від температури розчинника, який застосовується для відновлення. Для відновлення напівфабрикату використовували молочну сироватку, знежирене молоко, рослинні соки та воду (контроль). Дані, що характеризують розчинність напівфабрикату у вибраних розчинниках при температурному діапазоні від 10 °С до 80 °С, представлено на рис. 1.

З наведених на рис. 1. даних видно, що розчинність напівфабрикату залежить від температури рідини і має однакову закономірність для всіх розчинників: в інтервалі температур (10...80) °С розчинність складає від 73 % до 90 % відповідно для кожного виду розчинника. Причому, в інтервалі температур від 10 до 40 °С розчинність напівфабрикату зростає, а потім цей процес сповільнюється і збільшення показника відбувається дуже незначно. Відновлення напівфабрикату при високих температурах розчинника недоцільне, оскільки викликає збільшення енергозатрат. Отже, рекомендованою температурою відновлення білково-рослинного напівфабрикату є (40±2) °С.

Є два способи відновлення сухих сумішей: розчинення в невеликій кількості рідини з наступним додаванням рідини, що залишилася, і внесення напівфабрикату в розрахункову кількість рідини. Встановлено, що для нашого напівфабрикату найбільш оптимальним є спосіб, при якому в необхідну кількість напівфабрикату вливається при постійному перемішуванні рецептурна кількість рідини, потім

отриману суміш залишають для повного розчинення сухих часток, періодично піддаючи механічному перемішуванню.

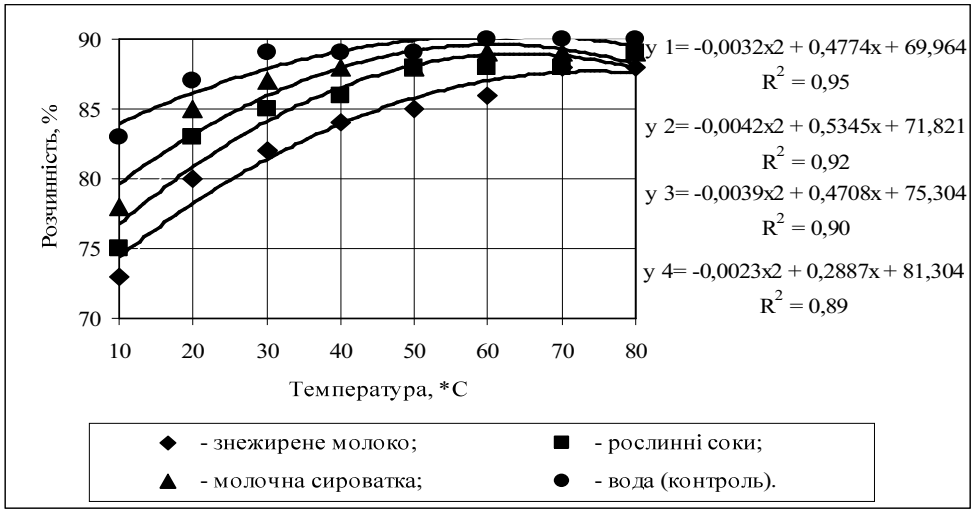


Рис. 1 – Залежність розчинності білково-рослинного напівфабрикату з молочної сироватки від температури рідини

Наступним етапом є дослідження впливу на динаміку розчинення напівфабрикату в часі при температурі рідини (40±2) °С. Дані представлені на рисунку 2.

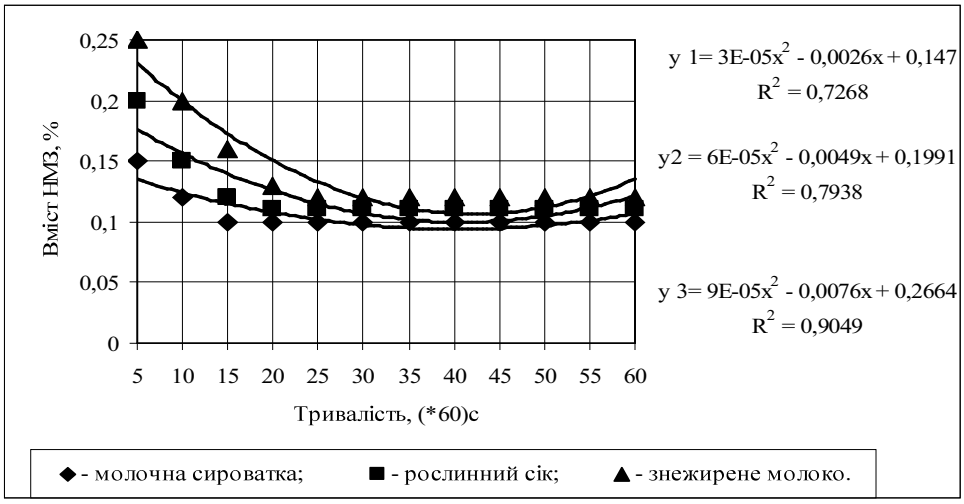


Рис. 2 – Динаміка розчинення напівфабрикату в часі при температурі рідини (40±2) °С

З наведених на рис. 2 даних видно, що повне відновлення напівфабрикату спостерігається через (15...20)х60 с, при цьому вміст нерозчинного молочного залишку становить (0,1...0,13) %.

Співвідношення напівфабрикату та води (гідромодуль) встановлене експериментально шляхом досліджень залежності в'язкості системи від цього співвідношення (рис. 3).

Встановлено, що для отримання готової продукції необхідної консистенції в'язкість системи має бути в інтервалі $3 < \eta < 3,6$ Па*с. Тому, аналізуючи отримані дані (рис.3) можна зробити висновок, що раціональні співвідношення напівфабрикату і рідини є: 1:2,0; 1:2,5 (для молока); 1:1,5; 1:2,0 (для соків) і 1:1,0; 1:1,5 (для сироватки). Це зумовлено тим, що при такому співвідношенні модельна система отримує в'язкість, наближену до контрольного зразка.

Таким чином, у результаті проведених досліджень умов відновлення білково-рослинного напівфабрикату встановлено оптимальні технологічні параметри цього процесу для отримання готової продукції

високої якості: температура відновлення (40±2) °С протягом (15...20)х60 с, гідромодуль (співвідношення напівфабрикат: рідина) 1:2,0; 1:2,5 (для молока); 1:1,5; 1:2,0 (для соків) і 1:1,0; 1:1,5 (для сироватки).

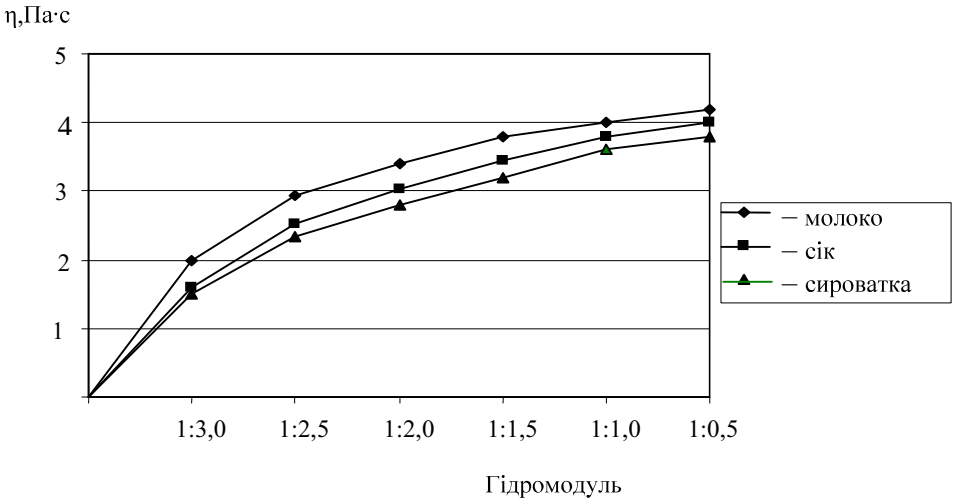


Рис. 3 – Залежність в'язкості системи від співвідношення напівфабрикату та рідини (гідромодуль)

Загальна принципова технологічна схема відновлення білково-рослинного напівфабрикату з молочної сироватки наведена на рисунку 4.



Рис. 4 – Загальна принципова технологічна схема відновлення білково-рослинного напівфабрикату з молочної сироватки

Отримані результати покладені в основу технологічного процесу виробництва оздоблювальних кремів на основі напівфабрикату.

Технологічна схема виробництва крему вершкового включає наступні операції:

— відновлення білково-рослинного напівфабрикату;
— підготовка рецептурних компонентів;
— збивання вершкового масла;
— з'єднання рецептурних компонентів та масла вершкового з відновленим напівфабрикатом;
— збивання суміші;
— оздоблювання.

Якість готового вершкового крему визначається як складом та співвідношенням компонентів, так і технологічним режимом його приготування, а саме: тривалості збивання і температури. Тому необхідно визначити рекомендовані температуру відновленого білково-рослинного напівфабрикату та вершкового масла.

Відомо [3], що використання масла з температурою нижчою за 6 °С недоцільне, оскільки ускладнює процес збивання. Це пояснюється тим, що при руйнуванні міцної кристалізаційної структури масла вершкового при низьких температурах утворюються включення у вигляді конгломератів молочного жиру., які важко піддаються руйнуванню, що призводить до зниження якості крему. Тому рекомендований температурний інтервал розм'якшення масла вершкового складає (6…14) ° С.

Попередніми дослідженнями встановлено, що для отримання якісного вершкового крему оптимальна температура молочно-цукрового сиропу повинна складати (20…32) °С , оскільки використання сиропу з температурою вищою 32 °С сприяє плавленню молочного жиру вершкового масла, що знижує якість крему.

У зв'язку з вищевикладеним фактом температура відновленого білково-рослинного напівфабрикату, який замінює тривалий процес приготування молочно-цукрового сиропу у виробництві вершкового крему, повинна складати (20…32) °С.

Експериментально встановлено, що використання вершкового масла температурою (6…10) °С призводить до отримання крему з неоднорідною структурою. Неоднорідна структура крему пояснюється тим, що внаслідок контакту з вершковим маслом низької температури відбувається зниження температури та підвищення в'язкості білково-рослинного напівфабрикату, яка в процесі збивання не утворює емульсії з маслом. Підвищення температури масла до (11…14) °С дозволяє отримати крем з достатньо високими органолептичними показниками. Кінцева температура напівфабрикату складає (22±0,5) °С.

Швидкість збивання також значно впливає на якість вершкового крему. Тому, необхідними були подальші дослідження виявлення залежності збитості крему від швидкості збивання (рис. 5).

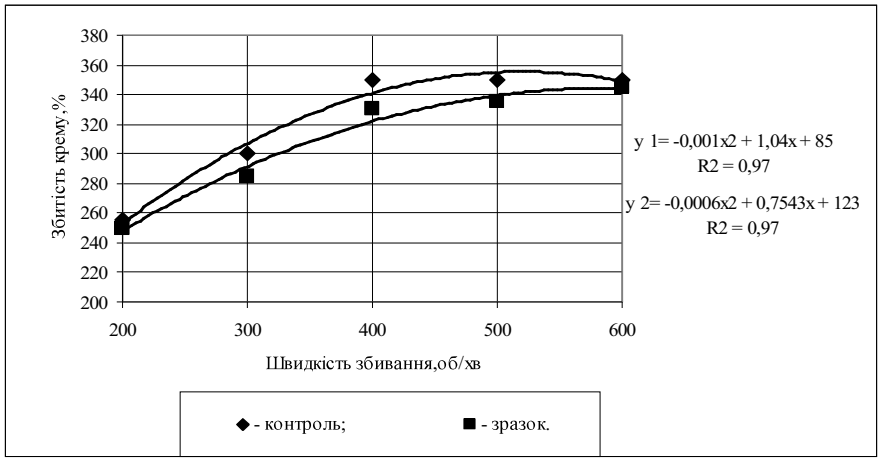


Рис. 5 – Залежність збитості крему з використанням білково-рослинного напівфабрикату від швидкості збивання (тривалість збивання (7 – 10)*60 с

Аналізуючи дані на рисунку 5 можна зробити висновок, що збитість крему прямо пропорційно залежить від швидкості збивання з однаковою закономірністю як для контролю, так і для досліджуваного зразка.

Максимального значення збитості крем набуває при швидкості збивання – 400 об/хв, і подальше при збільшенні швидкості збивання (вище 400 об/хв) має рівномірний характер.

Технологічна схема приготування вершкового крему на основі білково-рослинного напівфабрикату наведена на рис. 6.

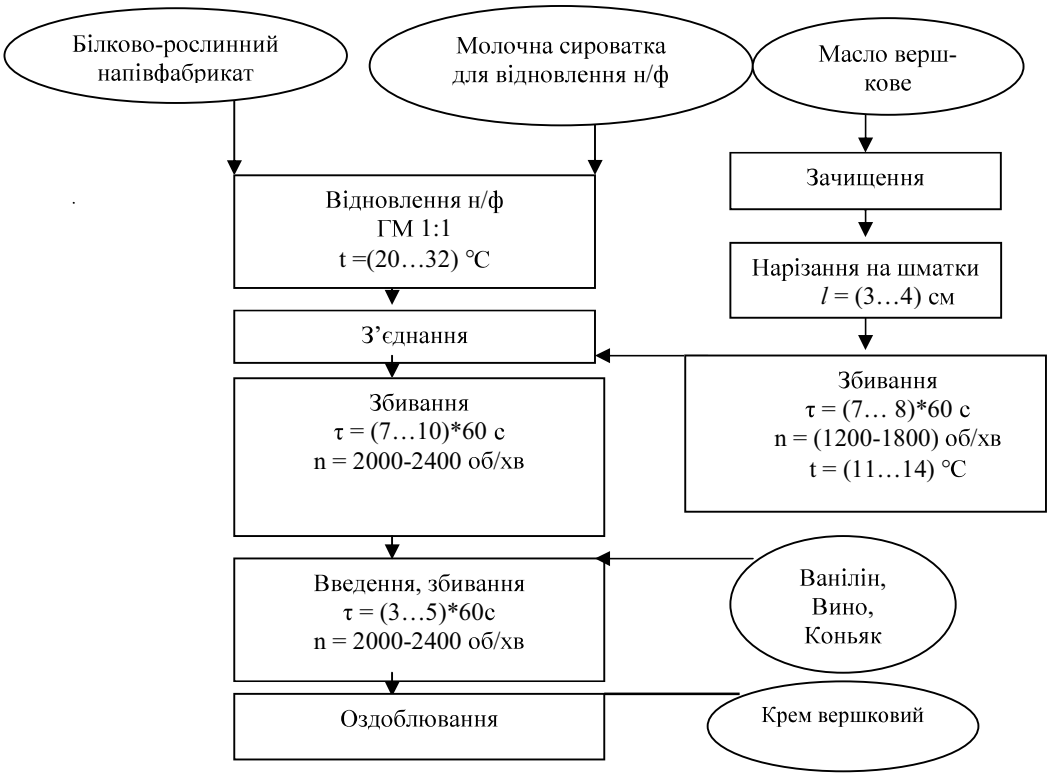


Рис. 6 – Технологічна схема крему вершкового з використанням білково-рослинного напівфабрикату

Характеристика органолептичних показників вершкового крему з використанням білково-рослинного напівфабрикату з молочної сироватки наведена у таблиці 1.

Таблиця 1 – Характеристика органолептичних показників

Назва виробів	Характеристика показників
Вершковий крем	Зовнішній вигляд: пишна маса із глянсовою поверхнею. Колір: від кремового до солом'яного. Запах: вершкового масла та сировини, що входить до його складу. Смак: вершкового масла, ніжний, відповідний сировині, що входить до його складу. Консистенція: однорідна, що добре зберігає форму.

Аналіз органолептичних показників (табл. 1) свідчить про високі якісні характеристики вершкового крему, виготовленого на основі білково-рослинного напівфабрикату з молочної сироватки.

Висновки

У результаті проведених досліджень визначені рекомендовані параметри процесу відновлення білково-рослинного напівфабрикату і наведені принципові технологічні схеми відновлення напівфабрикату та виготовлення вершкового крему на його основі.

Література

1. Аксенова Л.М. Полуфабрикаты фирмы «Делер» для тортов и пирожных /Л.М. Аксенова, Т.С. Берштейн, Л.Е. Скокан, С.И. Кнопова, В.И. Иванов //Пищевая промышленность.–1996.–№6.–С. 24.
2. Пат. 36297 А Україна, МКВ А 23 С 21/00. Спосіб отримання сухого напівфабрикату багатофункціонального призначення / Г. Ф. Коршунова, В. А. Гніцевич, Н.А. Федотова, О.В. Назаренко (Україна). – №200804589; Заявл. 10.04.2008; Опубл. 27.10.20018, Бюл. № 20
3. Федорова Д.В. Технологія оздоблювальних напівфабрикатів з екстрактом стевії та продуктами переробки морських водоростей: дис. ... канд. техн. наук. – Київ, 2006. – 198 с.

УДК 664.682: 664.66.03

ВПЛИВ СПІВВІДНОШЕННЯ РЕЦЕПТУРНИХ КОМПОНЕНТІВ НА РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕМУЛЬСІЇ ДЛЯ ПІСОЧНОГО ТІСТА

Гордієнко Л.В., канд. техн. наук., доцент, Жидецька І.В., канд. техн. наук., асистент
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Розглянуто питання додавання кукурудзяної олії до складу емульсії для пісочного тіста та її вплив на реологічні властивості модельних систем та емульсії. Встановлено ступінь зміни ефективної в'язкості систем в залежності від вмісту кукурудзяної олії та наявності стабілізатору.

The question of adding of corn oil in emulsion`s structure for a shortcake dough and its influence on reological properties modelling systems and emulsion is considered. Degree of change of effective viscosity of systems depending on the content of corn oil and stabilizer presence is established.

Ключові слова: кукурудзяна олія, модельні системи, емульсія, в'язкість, пісочне тісто.

Приготування емульсії для пісочного тіста – основний процес, від якого залежать споживчі властивості готових виробів. Необхідне співвідношення компонентів в рецептурі дозволяє досягти високих якісних показників емульсії і створити сприятливі умови для отримання напівфабрикату пісочного тіста з необхідними структурно-механічними та фізико-хімічними властивостями. Тобто властивості емульсії, а не якість борошна, є визначальним фактором при виробництві печива [1]. Тому все більше уваги приділяється вивченню властивостей емульсій, підвищенню їх якості та стабільності.

Однією з головних вимог, що висувають до емульсійних систем на основі складної жирової композиції, що містить твердий та рідкий жирові компоненти (внаслідок надлишкової поверхневої енергії на межі розділу фаз) – це забезпечення стабільного показника в'язкості, який визначає міцкісні характеристики тіста.

Багатофакторність показника в'язкості визначається низкою технологічних чинників, головним з яких є якісний склад емульсії, вид технологічної обробки та її параметричні характеристики. Виходячи з цього, основними факторами, визначаючими якість емульсій для пісочного тіста за новою технологією, що передбачає внесення в емульсію кукурудзяної олії і стабілізатору та обробку у електромагнітному полі вихрового апарату, є компонентний склад жирової системи, умови та час диспергування емульсії в апараті ВА-100, наявність та кількість порошку коріння алтею (ПКА), що виступає в якості стабілізатору. Завдяки проведенню серії попередніх досліджень два останні показники можливо вважати фіксованими внаслідок встановлення їх оптимальних величин.

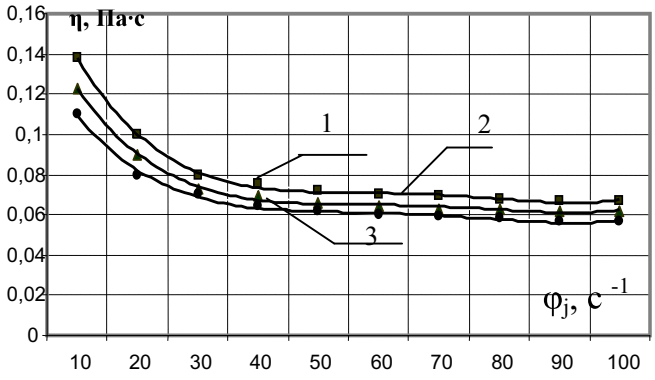
З огляду на те, що співвідношення твердого та рідкого жирових компонентів відіграє дуже важливу роль у формуванні структурно-механічних показників готових виробів, можливий діапазон використання олії кукурудзяної потребує додаткового підтвердження. Вивчення реологічних властивостей емульсій дозволяє встановити поведінку систем в залежності від зміни вмісту рідкого жирового компоненту (олії), внесення стабілізатору та дослідити процес структуроутворення.

Відомо, що у використанні рослинних олій існують обмеження, які пов'язані з прискореним витіканням рідкої фази з тіста та готових виробів, а також з поведінкою жиру в процесі зберігання [2,3]. Діапазон цих обмежень лімітується агрегативним і фізичним станом жирового компонента, видом та способом його механічної обробки. Таким чином, високих споживчих властивостей готових виробів можливо досягти шляхом корегування структурно-механічних показників емульсійної та тістової систем в процесі їх формування.

З метою регулювання структурно-механічних властивостей емульсій, що містять олію кукурудзяну, досліджувались реологічні властивості модельних систем, що складаються з вершкового масла та олії кукурудзяної. Модельні системи готували шляхом обробки вершкового масла та олії кукурудзяної в різних співвідношеннях в апараті ВА-100 протягом 10 с. Обґрунтування впливу складу жирового комплексу на реологічні властивості модельних систем (масло вершкове : олія кукурудзяна) здійснювали через знаходження залежності показника ефективної в'язкості від швидкості зсуву (рис. 1) при температурі 20 °С.

З рисунку видно, що при малих швидкостях зсуву системі властиве швидке руйнування структури з її наступним частковим відновленням. Зі збільшенням швидкості процес руйнування продовжується, але набуває при цьому поступового характеру. З даних графіку також видно, що при зміні співвідношення твердої та рідкої фази на користь останньої в'язкість систем зменшується, що пояснюється зростанням частки кукурудзяної олії, але модельні системи відрізняються відносною стабільністю змін та мають наближений в'язкісний інтервал з мінімальним відривом в показниках.

Зміна в'язкості систем в залежності від швидкості зсуву пояснюється появою та наступним зниканням процесу агрегації жирових крапель, який в цих умовах спочатку інтенсифікується в зв'язку зі зростанням числа крапель, що знаходяться в безпосередній близькості за кожний момент часу.



при співвідношенні твердої та рідкої фаз: 1 – (50:50) %; 2 – (40:60) %; 3 – (30:70) %.

Рис. 1 – Залежність ефективної в'язкості модельних систем від швидкості зсуву

При низьких швидкостях зсуву кожний агрегат представляє собою окрему сферу з об'ємом, більшим, ніж сума об'ємів складаючих його крапель, тому що всередині структури утримується деяка кількість безперервної фази. Всередині агрегатів краплі утримуються разом силами притягування Лондона-Ван-дер-Ваальса. В'язкість падає при підвищенні швидкості зсуву, тому що після початкового стискання структури при малому зсуві агрегати руйнуються і рідина безперервної фази звільняється [4].

Раніше встановлено, що при напругах нижче граничної напруги зсуву, що характеризує міцність просторової структури, спостерігається повільна течія типу «ковзання». При такий дуже повільній течії структура руйнується, але встигає знову відновитися, так що рівноважна ступінь руйнування структури в такому повільному стаціонарному потоці є досить малою. Ця течія зв'язана з постійністю гранично високої в'язкості в області малих швидкостей зсуву [1]. Такий характер змін ефективної в'язкості систем в залежності від швидкості зсуву вказує на наявність в них внутрішніх зв'язків, що обумовлюють структуроутворення.

Наступним етапом досліджень було встановлення змін реологічних властивостей систем, пов'язаних з додаванням інших компонентів рецептури.

З'єднання жирових продуктів з яйцепродуктами та цукром призводить до перерозподілу вологи всередині системи. Молекули сахарози є високогідратованими та у водному розчині покриваються гідратними оболонками; при температурі 20 °С молекули сахарози зв'язують та утримують 8-12 молекул води [3]. Завдяки дегідратуючим властивостям цукру, кількість колоїдно зв'язаної вологи зменшується, а вміст вільної, що знаходиться у вигляді цукрового розчину, збільшується, що призводить до розрідження системи [2]. Але в системі емульсії пісочного тіста недостатньо вологи для повного розчинення цукру, і тому частина цукру може залишитися у вигляді рідких кристалів та асоціатів, що властиво перенасиченим розчинам і призводить до значного зменшення рухливості води та може підвищувати в'язкість системи [5].

Роль яйцепродуктів в системі визначається їх емульгуючою дією на жирові компоненти. Враховуючи те, що подрібнення рідини в дрібні краплі при диспергуванні призводить до збільшення її поверхні, завдяки чому система набуває значний запас вільної поверхневої енергії, вона стає нестійкою. Для запобігання явища, що викликає такий стан системи (зменшення поверхневого натягу шляхом коалесценції крапель), вводять поверхнево-активні речовини (ПАР), які в силу особливостей своєї молекулярної структури концентруються на поверхні розділу та утворюються адсорбційну плівку, що механічно запобігає агрегуванню і коалесценції крапель. Пластифікуючі властивості в системі пісочного тіста належать яйцепродуктам (жовтку).

Відомо, що емульсія – це дисперсна система, яка складається з двох фаз, в якій одна розподілена в іншій у вигляді крапель. Рідина, що утворює краплі, називається дисперсною фазою, а рідина, що їх заключає, - дисперсійним середовищем [6,7]. Враховуючи те, що цукор в емульсії для пісочного тіста знаходиться в стані перенасиченого розчину, він не може виконувати роль дисперсійного середовища [5],

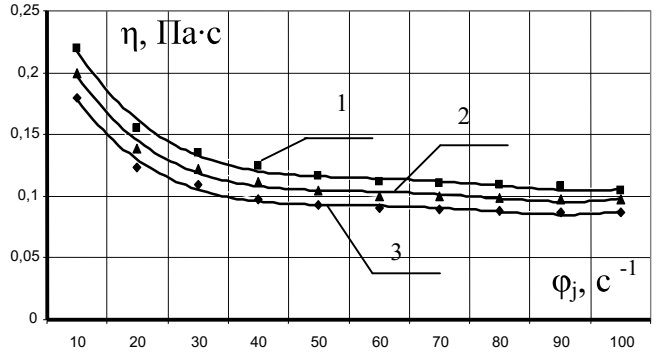
але може впливати на реологічні властивості емульсії. Отже, цукор та яйцепродукти відіграють важливу роль в структуроутворенні пісочного тіста, тому науковий інтерес представляли системи на основі жирової композиції з точки зору збереження закономірностей, пов'язаних з реологічними властивостями емульсій.

Відтворення динаміки змін реологічних властивостей емульсій сприяє знаходженню оптимального діапазону концентрації кукурудзяної олії в рецептурі, тому наступним етапом, що визначає функціональні властивості пісочного тіста, є встановлення змін показників ефективної в'язкості емульсії в залежності від вмісту рідкого жиру в ній (рис. 2).

Аналіз кривих (рис. 2) свідчить, що на фоні загального збільшення абсолютних показників в'язкості емульсій в порівнянні з модельними системами зберігається різке зниження в'язкості при малих швидкостях та їх менш виразне прагнення до зменшення при підвищенні градієнта швидкості.

Отримана закономірність пояснюється тим, що в нерухомому середовищі стан частинок характеризується значною хаотичністю, а під впливом зростаючої швидкості зсуву відбувається орієнтація частинок у напрямку течії та зменшується взаємодія між ними.

При малих швидкостях зсуву структура характеризується руйнуванням і відновленням окремих зв'язків – при цьому емульсія має найбільшу в'язкість.



при співвідношенні твердої та рідкої фаз: 1 – (50:50) %;
2 – (40:60) %; 3 – (30:70) %.

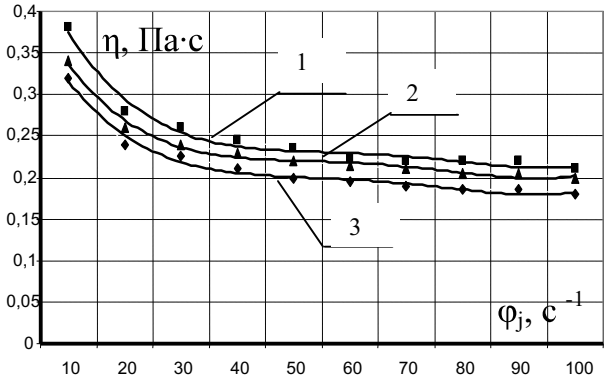
Рис. 2 – Залежність ефективної в'язкості емульсій від швидкості зсуву

З підвищенням швидкості руйнування структури починає переважати над відновленням, в'язкість різко зменшується [1,4]. Такий характер змін кривих залежності в'язкості емульсій від градієнта швидкості свідчать про те, що досліджувані емульсії являють собою структуровані дисперсні системи, які представляють собою неньютоновські псевдопластичні рідини, в'язкість яких залежить від прикладеного градієнта швидкості , а її аномалії характерно те, що швидкість течії зростає швидше, ніж прикладений тиск [6,8]. Крім того, встановлено, що знайдена закономірність поведінки систем в залежності від частки рідкого жиру зберігається в присутності інших компонентів емульсії.

Підвищення в'язкості емульсій порівнянно з модельними системами можна пояснити появою адсорбційного шару емульгатору, який має власну в'язкість, величина якої залежить від виду емульгатору (емульгатори типу В/М дають плівку з високою поверхневою в'язкістю, емульгатори типу М/В – з меншою) [4]. На в'язкість середовища може впливати також концентрація емульгатору та розмір диспергованих крапель, а з огляду на те, що перший параметр – величина стала, а інші знаходяться в одному величинному діапазоні (менше 1 мкм), ці чинники не враховували.

Реологічні властивості емульсій багато в чому визначаються хімічною природою добавок, що використовуються в якості стабілізаторів.

Висока ступінь стійкості емульсій при використанні високомолекулярних стабілізаторів може бути досягнута за рахунок возведення ними структурно-механічного бар'єру, що сприяє утворенню на поверхні частинок дисперсної фази желеподібних структурованих шарів, які володіють високою структурною в'язкістю і міцністю [9,10]. Вивчення реологічних властивостей емульсій з додаванням порошку коріння алтею показало підвищення в'язкості емульсій (рис. 3).



при співвідношенні твердої та рідкої фаз: 1 – (50:50) %;
2 – (40:60) %; 3 – (30:70) %.

Рис. 3 – Залежність ефективної в'язкості емульсій з додаванням порошку коріння алтею від швидкості зсуву

Аналіз кривих свідчить, що використання порошку коріння алтею в складі емульсій підвищує їх в'язкість в середньому в 1,7…1,8 рази, що пояснюється властивостями хімічного складу ПКА.

Відомо [3,6], що існує деяке оптимальне співвідношення гідрофільних та ліпофільних властивостей діфільних молекул стабілізуючих речовин, при якому не відбувається втягування молекул стабілізатору з прикордонного шару у водну чи масляну фази і таким чином забезпечується утримування їх на міжфазному кордоні. Враховуючи високі показники водо – та жиропоглинальної здатності ПКА, можливо припустити віднесення ПКА саме до таких відносно збалансованих стабілізуючих речовин, що відрізняються середньою гідро – та олеофільністю.

Отже, підвищення в'язкості та збільшення швидкості зсуву, при якій відбувається руйнування структури емульсій, пояснюється утворенням на міжфазному кордоні структурованих шарів стабілізатору, які володіють певною структурною в'язкістю та міцністю. Встановлено також, що додавання порошку коріння алтею до емульсії зберігає закономірності, характерні течії такого роду рідин.

Література

1. Мачихин Ю.А. Инженерная реология пищевых материалов / Ю.А. Мачихин. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 216 с.
2. Талейсник М.А. Технология мучных кондитерских изделий / М.А. Талейсник. – М.: Агропромиздат, 1986. – 230 с.
3. Зубченко А.В. Влияние физико – химических процесов на качество кондитерських изделий / А.В. Зубченко. – М.: Агропромиздат, 1986. – 296 с.
4. Абрамзон А. А. Эмульсии / А. А. Абрамзон. – Л.: «Химия», 1972. – 448 с.
5. Корячкина С.Я. Новые виды мучных и кондитерских изделий. Научные основы, технологии, рецептуры / С.Я. Корячкина. – Орел. : Труд, 2006. – 480 с.
6. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии / Д. А. Фридрихсберг. – Л. : Химия, 1984. – 358 с.
7. Козин Н.И. Применение эмульсий в пищевой промышленности / Н.И. Козин – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 249 с.
8. Евстратова К.И. Физическая и коллоидная химия / К.И. Евстратова, Н.А. Купина, Е.Е. Малахова. – М.: Высшая школа, 1990. – 510 с.
9. Борисенко Е.В. Физико-химические основы производства эмульсий / Е.В. Борисенко, А.Ю. Алексеева, С.А. Климова // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. – 2003. – № 2. – С. 14-16.
10. Кочеткова А. Пищевые эмульсии и эмульгаторы: некоторые научные обобщения и практические подробности / А. Кочеткова // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. – 2002. – № 2. – С. 2-13.

УДК 641.56-053.9.

ПОЖИВНА ЦІННІСТЬ КРУП'ЯНИХ СТРАВ З ДІЄТИЧНИМИ ДОБАВКАМИ ГЕРОДІЄТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Пересічний М.І., д-р техн. наук, професор, Пересічна С.М., канд. техн. наук, доцент,
Калашнік Ю.І., аспірант
Київський національний торговельно-економічний університет

У статті розглянуто технології створення страв із круп для людей похилого віку підвищеної харчової цінності за рахунок додавання дієтичних добавок. Запропоновано раціональну кількість введення харчових композицій, що враховує добову норму споживання добавки та не погіршує властивості готових страв.

In the article technologies of creation of foods are considered from groats for the people of preklonnykh years enhanceable food value due to addition of dietary additions. The rational amount of introduction of food compositions, which takes into account day's norm of consumption of addition and does not worsen property of the prepared foods, is offered.

Ключові слова: зернопродукти, вітаміни, геродієтичне харчування, дієтичні добавки.

Стан здоров'я людини обумовлений внутрішніми (генетичними) та зовнішніми факторами середовища. Серед зовнішніх факторів важлива роль належить фактору харчування, яке у значній мірі визначає здоров'я людини, біологічний вік, довголіття.

Більша частина населення має порушення в харчуванні як за якістю і кількістю, так і за співвідношенням основних поживних речовин та елементів [2].

Низький потенціал здоров'я населення країни, несприятливий стан фактичного харчування – актуальна проблема, що потребує вирішення і усунення аліментарних дефіцитів. Високоефективним шляхом корекції харчового раціону є створення продуктів оздоровчого харчування на основі страв із круп, що дозволяють забезпечити стабільність фізичного, фізіологічного і метаболічного статусу людей похилого віку.

Метою досліджень даної роботи є наукове обґрунтування та розроблення технологій страв із круп для людей похилого віку.

Страви з круп – це повноцінні продукти, необхідні для нормальної роботи всього організму. Вони є найважливішими джерелами складних вуглеводів, білків, макро- та мікроелементів, вітамінів, ферментів, харчових волокон, фосфоліпідів та інших біологічно активних речовин [3].

Рекомендована разова порція: розсипчастої каші (150-200) г, в'язкої – (180-230) г.

Крупи використовують для виготовлення супів та інших страв. З усіх круп найкращими органолептичними показниками характеризуються вівсяні, рисові та гречані. Але потенціал більшості видів зернопродуктів не використовується у повному обсязі. В процесі механічної обробки значна частина поживних і біологічно активних речовин переходить у побічні продукти. Мікронізоване зерно ЄСО, оброблене ІЧ-опромінювачами, значно прискорює теплову кулінарну обробку продуктів, дозволяє зберегти максимальну кількість есенціальних речовин. У стравах з використанням мікронізованого зерна в 1-3 рази краще зберігаються мінеральні речовини, застосована технологія сприяє збереженню вітамінів[1]. У зв'язку з цим крупи використовують для дієтичного та лікувального харчування.

Найкращу біологічну цінність мають гречані, вівсяні та рисові крупи. Однак вони не збалансовані за вмістом лімітованих амінокислот (триптофану, лізину, метіоніну). У зазначених крупах співвідношення цих кислот становить відповідно 1:2,6:1,1; 1:2,8:0,8; 1:2,5:1,3 при оптимальному співвідношенні у продуктах 1:3:3. Але при додаванні до страв молочних продуктів амінокислотний склад наближається до оптимального.

Предметом дослідження є страви з круп: бабка з рису і кисломолочного сиру, бабка пшоняна з яблуками, крупеник [4]; дієтичні добавки: молочно-рослинний продукт «Мілкосой» ЄСО, клітковина, кунжут, порошок шипшини, топінамбур «Київський білий», міпровіт.

Молочно-рослинний продукт «Мілкосой» ЄСО (ТУ У 15.8-32306962-001:2008) – соціальний продукт молочної групи, отриманий шляхом збагачення вторинної молочної сировини натуральними біологічно повноцінними рослинними наповнювачами; клітковина – продукт переробки сої; кунжут (ТУ У 15.8-

[1] Пересічний М.І., Кравченко М.Ф., Григоренко О.М. «Технологія виробництва продукції громадського харчування радіозахисної дії – теорії та практика», Київ: «Медекол» МНІЦ БІО-ЕКОС, 1999, - 231 с.

32706692:010-2007) знижує рівень холестерину в крові, містить 25 % білків, 65 % ефірних масел, залізо, кальцій; порошок шипшини має антиоксидантні властивості; топінамбур «Київський білий» містить 3 % білка, мінеральні солі, розчинний полісахарид інулін ((16-18) %), фруктозу, мікроелементи, (2-4) % азотистих речовин, вітаміни В1, С, каротин; міпро-віт (ТУ У 15.8-24891340.001-2001) – натуральний рослинний продукт на основі спеціального штаму вищого лікарського гриба PS-64 Fusarium sambucinum Fuckel var. Ossicolum.

Щодо цих виробів проведено дослідження органолептичних, фізико-хімічних властивостей та визначено харчову цінність страв [5].

Результати експериментальних досліджень показали, що у страві «Крупеник» з використанням комплексної добавки (міпровіт + клітковина) вміст харчових волокон підвищився і забезпечує 11 % добової потреби, в той час як контроль не досягає навіть 1 % добової потреби; значно підвищився вміст заліза, цинку, кальцію і забезпечує 23 %, 14 %, 18 % відповідно.

У страві «Бабка з рису і сиру» з використанням комплексної добавки (мікронізована вівсяна крупа + кунжут + молочно-рослинний продукт «Мілкосой» ЄСО) вміст Са забезпечує 31 % добової потреби, в той час як контроль забезпечує менше 5 %; у фосфорі забезпечує більше 26 % добової потреби. Підвищився рівень Fe і забезпечує 45 % добової потреби.

У страві «Бабка пшоняна з яблуками» з використанням комплексної добавки (вівсяна крупа ЄСО + молочно-рослинний продукту «Мілкосой» ЄСО + шипшина + топінамбур) вміст Fe забезпечує 35 % добової потреби, в той час як контроль забезпечує 7 %; вміст рівня вітаміну С забезпечує 32 % добової потреби, вітаміну А – 15 % добової потреби.

Таблиця 1 – Ступінь забезпеченості добової потреби в харчових речовинах

	Добова потреба	**«Крупеник»**		**«Бабка з рису і сиру»**		**«Бабка пшоняна з яблуками»**	
		Контроль	**Дослід**	**Контроль**	**Дослід**	**Конт-роль**	**Дослід**
Білки, г	65	10,19	11,55	3,28	10,35	4,73	8,48
Жири, г	60	2,79	3,91	4,36	9,22	5,36	6,12
Вуглеводи, г	270	19,66	19,43	20,73	22,75	21,52	22,47
Харчові волокна, г	35	0,26	3,73	2,07	0,83	0,4	2,33
Мінеральні речовини:							
Ca, мг	1000	60,85	181,2	48,29	316,3	72,39	243,21
P, мг	1200	147,2	213,23	111,05	308,65	106,85	284,16
Fe, мг	15	1,82	3,4	0,82	7,27	1,1	5,23
Zn, мг	15	0,7	2,11	0,59	1,04	0,63	1,39
Mg, мг	400	57,54	67,48	26,29	97,87	25,09	76,43
J, мкг	150	3,1	5,08	4,09	10,59	7,26	12,0
Вітаміни:							
B1, мг	1,7	0,12	0,17	0,13	0,29	0,11	0,25
B2, мг	1,7	0,18	0,39	0,1	0,29	0,15	0,28
B3, мг	15	0,17	0,43	0,33	1,26	0,6	1,35
B6, мг	3,3	0,17	0,23	0,13	0,17	0,14	0,22
B9, мкг	250	20,05	62,57	9,74	19,72	10,96	25,23
B12, мкг	3	0,45	2,59	0,13	0,36	0,24	0,39
E, мг	25	1,96	2,2	0,46	1,61	0,86	2,01
C, мг	100	0,35	0,63	0,31	0,98	2,15	31,86
A, мг	1,5	0,03	0,03	0,06	0,13	0,07	0,23

За результатами досліджень побудовані діаграми, які дозволяють наочно порівняти поживну цінність контрольних зразків та зразків з додаванням комплексних дієтичних добавок (рис. 1 – рис. 3).

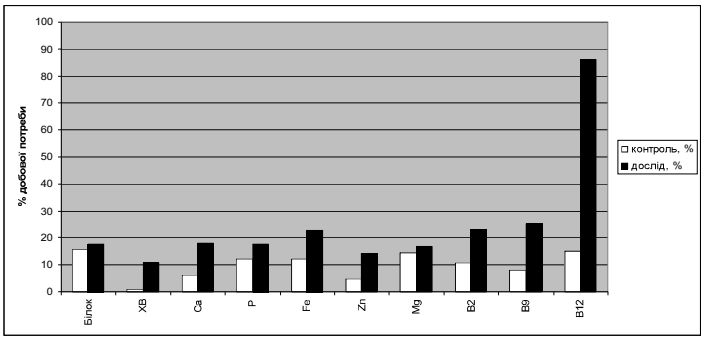


Рис. 1 – Харчова цінність страви «Крупеник» з міпровітом та клітковиною

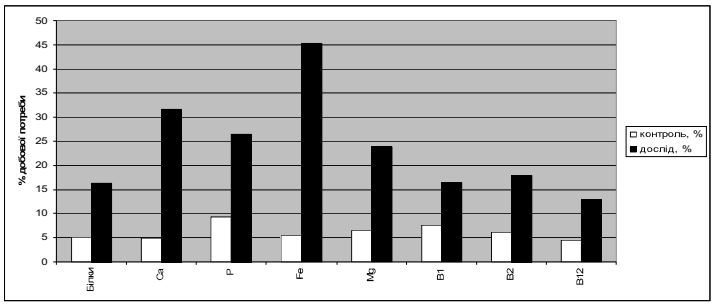


Рис. 2 – Харчова цінність страви «Бабка з рису і кисломолочного сиру» з мікронізованою вівсяною крупою, кунжутом та «Мілкосой-1» ЄСО

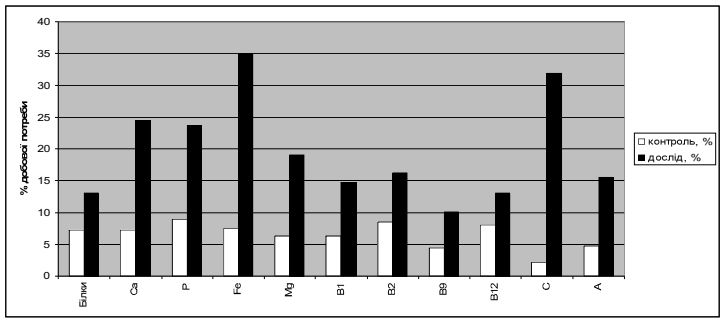


Рис. 3 – Харчова цінність страви «Бабка пшоняна з яблуками» з мікронізованою вівсяною крупою, порошком шипшини, топінамбуром та «Мілкосой-1» ЄСО

Результати досліджень показали, що використання комплексних добавок, до складу яких входять крупи ЄСО, молочно-рослинний продукт «Мілкосой-1» ЄСО, клітковина 70 %-а, кунжут, порошок шипшини, топінамбур «Київський білий», міпровіт, дають змогу створити продукти підвищеної харчової та біологічної цінності. Дані вироби пройшли апробацію на кафедрі технології і організації ресторанного господарства Київського національного торговельно-економічного університету і можуть бути рекомендовані для геродієтичного харчування.

Література

1. Пересічний М.І., Кравченко М.Ф., Григоренко О.М. Технологія виробництва продукції громадського харчування радіозахисної дії – теорії та практика. – Київ: «Медекол» МНІЦ БІО-ЕКОС, 1999. – 231 с.
2. Германюк Я.Л., Карпенко П.О., Пересічний М.І. Дієтичне харчування при ожирінні та цукровому діабеті: Монографія. – Київ. держ. торг.-екон. ун-т, 1997. – 352 с.
3. Бреня М.Я., Сизова Н.П. Технология приготовления диетических блюд. – М.: Экономика, 1988.
4. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий для предприятий общественного питания. – М.: Экономика, 1982. – 720 с.
5. Скурихин И.М., Тутельян В.А. Таблицы Химического состава и калорийность российских продуктов питания: Справочник. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 276 с.

УДК 664.65.045.5:005.936.42

УДОСКОНАЛЕННЯ РЕЦЕПТУРИ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ ЛІКУВАЛЬНО-ПРОФІЛАКТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ІЗ ЗАМОРОЖЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

Солоницька І.В., канд. техн. наук, доцент, Пшенишнюк Г.Ф., канд. техн. наук, доцент,
Студентова І.В., магістр
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

У статі викладено матеріали досліджень метою яких було розробити та удосконалити технологію виготовлення хліба з заморожених напівфабрикатів лікувально-профілактичного призначення.

Для досягнення чого були проведені дослідження по визначенню впливу і доцільності використання молочної сироватки у виробництві хліба з заморожених напівфабрикатів, а також виду та вмісту жирового продукту в рецептурах хліба з заморожених напівфабрикатів.

The aim is to develop and improve production technology of frozen bread clinic appointment.

To achieve the goal of these studies were conducted to determine the impact and feasibility of using milk whey in the production of frozen bread, influence the type and content of fat in the product recipes from frozen semi-finished products.

Ключові слова: заморожені напівфабрикати, лікувально-профілактичні вироби, порошок морської капусти, молочна сироватка, маргарин, рослинна олія.

Для населення нашої країни хліб і хлібопродукти є традиційними продуктами харчування, основними джерелами енергії та поживних речовин.

Впровадження у виробництво нових видів виробів піднімає конкурентоздатність продукції, забезпечує стійкий попит, сприяє насиченню ринка продуктами з підвищеної харчовою цінністю, що призначені для оздоровлення населення.

Хліб стає найбільш привабливим для споживача, якщо він продається свіжим. Тому хлібопекарні підприємства намагаються випускати хлібобулочні вироби з тривалим терміном зберігання свіжоприготовленої продукції. Продаж свіжовипечених хлібобулочних виробів із заморожених напівфабрикатів здатна привернути в магазин більшу кількість покупців. Переваги цього способу виробництва хліба в тому, що він сприяє:

— кращому збереженню характерних властивостей свіжого хліба (колір, запах, структура м'якушки) й пригнічує розвиток мікроорганізмів;

— дозволяє оперативно реагувати на потреби ринку в забезпеченні населення свіжими виробами в широкому асортименті;

— зменшити витрати на транспортування готових виробів;

— централізовано контролювати якість і безпечність хлібобулочних виробів на стадії приготування напівфабрикатів;

— значно розширити мережу реалізації за рахунок створення міні-пекарень, пекарень при магазинах, підприємствах харчової і не харчової промисловості.

Метою роботи є розробка та удосконалення технології виготовлення хліба з заморожених напівфабрикатів лікувально-профілактичного призначення.

Для досягнення мети були проведені наступні дослідження:

— визначали вплив і доцільність використання молочної сироватки у виробництві хліба з заморожених напівфабрикатів;

— визначали вплив виду та вмісту жирового продукту в рецептурах хліба з заморожених напівфабрикатів.

При проведенні досліджень використовували борошно пшеничне вищого ґатунку задовільної хлібопекарської якості, пресовані хлібопекарські дріжджі, сіль, добавку сушеної ламінарії.

Морська капуста (добавку сушеної ламінарії) — це продукт, який забезпечує наш організм величезною кількістю корисних речовин — це і йод, і фосфор, і різні мікроелементи. Також морська капуста дуже багата клітковиною, яка є основою будь-якої здорової дієти і яка забезпечує нормальне функціонування шлунково-кишкового тракту, а значить і всього організму в цілому.

Тісто для заморожування готували за «холодною» технологією, яка характеризується низькими температурами замісу протягом (1-3) хв, для того, щоб рецептурні інгредієнти не встигли перейти до фазі активності життєдіяльності. Після чого зразки тіста, призначенні для заморожування, формували в тісто-

ві заготовки і, минаючи стадію бродіння, поміщали в морозильну камеру з температурою –18 °С, де вони зберігалися протягом 7 діб.

Розморожували при кімнатній температурі протягом 45 хвилин, після чого сформовані тістові заготовки поміщали в термостат для вистійки при температурі (32-35) °С. Випікали хліб звичайним способом в лабораторній печі. Якість готових виробів визначали через 24 години за органолептичними і фізико-хімічними показниками [5, 6].

Природа і склад різних рецептурних компонентів надають певний вплив як на процеси заморожування вихідних напівфабрикатів, обсяг і склад рідкої фази, кількість незамерзаючої вологи, область оптимальних температур структуроутворення, так і на властивості і текстуру зформованих напівфабрикатів, їх поведінку в процесі зберігання і розморожування, якість готового хліба.

Захист дріжджових клітин від впливу низьких температур забезпечується за рахунок використання кріопротекторів. В якості кріопротекторів використовували рослинну олію або маргарин вершковий і досліджували їхній вплив на якість хліба випеченого з заморожених напівфабрикатів.

Кріопротектори використовують завдяки їх потенційній можливості стабілізувати властивості тістових заготовок під час зберігання шляхом запобігання або зниження денатурації білків, що має місце під час зберігання напівфабрикатів у замороженому вигляді. Ґрунтуючись на механізмах дії кріопротекторів, обумовлених їх хімічним будовою і функціональними властивостями, можна вважати, що використання кріопротекторів як низькомолекулярної природи дозволяє отримати великий ефект, ніж при заморожуванні без них.

Жирові продукти широко використовують в хлібопеченні в якості рецептурних інгредієнтів для поліпшення якості хліба та реологічних властивостей тіста. Відомо, що жирові продукти — це не тільки джерело енергії, але й інгредієнти, що володіють лікувально-профілактичними властивостями. Ліпіди є носіями поліненасичених жирних кислот, жиророзчинних вітамінів і каротиноїдів, а також є структурною частиною клітин (мембран) і тканин, у тому числі і нервових. Вони сприяють синтезу в організмі арахідонової кислоти, яка регулює роботу печінки, серцево-судинної системи, нормалізує рівень холестерину в крові і активізує метаболічні процеси.

Встановлено, що жирові продукти, внесені в рецептуру замороженого пшеничного тіста, не тільки стабілізують реологічні характеристики розморожених тістових заготовок, а й виступають в якості кріопротектору для дріжджів [1].

Крім того, кріопротектори мають здатність знижувати енергетичний бар'єр обертання окремих ланок макромолекул і забезпечувати молекулярному ланцюжку велику гнучкість. Зазначені зміни в процесі заморожування і розморожування системи були визначені методом диференціальної скануючої мікрокалориметрії.

На ряду з гліцерином, який широко використовується в технології заморожування хлібобулочних напівфабрикатів, можуть застосовуватися також інші корисні кріопротектори: диметилсульфоксид, сахароза, трегалоза, глюкоза, метанол, пролін, гліцин, бетаїн, фруктоза, галактоза і лактоза [2].

Останнім часом значно розширилося використання в якості збагачення хліба молочною сироваткою, яка є побічним продуктом при виробництві сира.

Використання сироватки є ефективним способом покращення хімічного складу хліба в хлібопекарному виробництві. В ній міститься приблизно 4 % молочного цукру і біля 1,2 % білкових речовин, а також вітаміни, солі фосфору і кальцію та цілий ряд мікроелементів. Молочна сироватка використовується для інтенсифікації процесу тістоприготування при виробництві хліба. Тому було проведено ряд досліджень впливу молочної сироватки на якість хліба, випеченого із заморожених напівфабрикатів.

Високий вміст макро-, мікроелементів та вітамінів у складі порошку морської капусти певним чином впливають на технологічний процес і якість готових виробів.

Тому нами були проведені дослідження по встановленню оптимальної кількості порошку морської капусти у тісто, що дозволяє одержати вироби з достатніми споживчими властивостями.

Тісто готували «холодним» способом з борошна вищого ґатунку і молочної сироватки, порошок морської капусти вносили у кількості 0,5 %, 1,0 %, 1,5 %, та 2,0 % до маси борошна. Було досліджено вплив різної кількості добавки на якість хліба з заморожених напівфабрикатів (З) та без заморожування (Н) (табл. 1.). Контролем був хліб виготовлений з заморожених та незаморожених напівфабрикатів без додавання порошку.

Встановлено, що при внесенні добавки порошку морської капусти змінювався питомий об’єм (рис. 1) та пористість (рис. 2) готових виробів. Так при внесенні порошку у кількості 2 %, значно зменшувався питомий об’єм у порівнянні з іншими зразками. Найкращі показники були у зразка з 1,5 % вмістом добавки.

Таблиця 1 – Показники якості хліба з різним вмістом порошку морської капусти

Показники	Вміст сушеної ламінарії, % до маси борошна								Контроль	
	0,5		1,0		1,5		2,0		–	
	З	Н	З	Н	З	Н	З	Н	З	Н
Формостійкість	0,4	0,4	0,44	0,5	0,3	0,5	0,4	0,5	0,3	0,7
Питомий об'єм, $см^3/г$	3,6	3,4	3,8	3,85	3,8	3,75	3,5	3,2	4,1	4,2
Пористість, %	67,0	69,5	68,0	67,0	67,0	66,0	64,0	64,0	68,0	70,0
Вологість, %	39,4	38,7	40,3	39,1	40,2	38,8	39,4	38,1	40,8	39,7
Кислотність, град	3,1	3,0	3,3	3,2	3,1	3,2	3,5	3,2	1,8	1,8
Упікання, %	7,9	8,0	10,0	8,8	7,8	8,0	3,3	8,0	14,2	16,7
Усихання, %	0,9	4,5	0,9	6,8	1,4	6,8	2,2	5,5	3,0	4,4

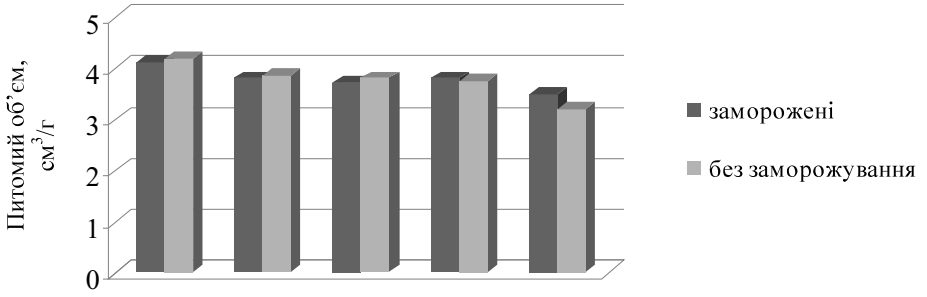


Рис. 1 – Залежність питомого об'єму хліба від вмісту порошку морської капусти

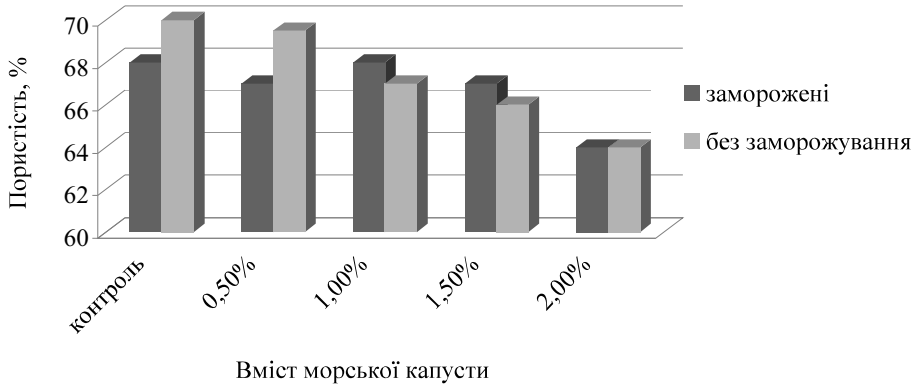


Рис. 2 – Залежність пористості готових виробів від кількості порошку морської капусти у хлібі з заморожених напівфабрикатів

Проаналізувавши рис. 2, можна зробити висновок, що найкращий показник пористості має зразок з 1,0 %-вим вмістом добавки.

У рамках традиційних технологій холодильного зберігання життєздатність дріжджових клітин забезпечується за рахунок додавання спеціальних кріопротекторів. В основному вони представляють собою речовину з відносно невеликими молекулами, які легко проникають крізь клітинні мембрани [2].

Для перевірки ефективності використання рослинної олії в якості кріопротектора проведено порівняльні лабораторні випічки хліба з заморожених напівфабрикатів на маргарині «Вершковому».

Дослідження показали (табл. 2), що внесення в рецептуру хліба маргарину (М), в порівнянні з рослинною олією О), зменшує питомий об'єм, формостійкість, вологість та пористість м'якушки. Сприяє підвищенню кислотності хліба та значно зменшує строк збереження хліба свіжим.

Таблиця 2 – Порівняння впливу рослинної олії та маргарину на показники якості хліба випеченого з заморожених напівфабрикатів

Показники	Вміст жирового продукту, % до маси борошна						Контроль	
	2		5		7		–	
	М	О	М	О	М	О	М	О
Формостійкість	0,31	0,47	0,26	0,48	0,33	0,44	0,32	0,53
Питомий об'єм, г/см^3	2,8	3,49	3,0	3,5	2,6	3,0	2,8	2,7
Пористість, %	59,0	69,0	59,0	69,5	62,5	67,5	61,5	68,0
Вологість, %	37,2	40,4	38,3	39,7	39,0	39,8	40,7	46,2
Кислотність, град	3,6	3,0	3,4	3,0	3,6	3,0	3,2	3,0
Упікання, %	10,8	7,2	8,8	8,4	10,0	8,8	10,4	7,2
Усихання, %	7,2	3,9	6,6	2,9	6,2	3,5	6,3	5,2

З рис. 3 видно, що хліб з маргарином має порівняно менший питомий об'єм, ніж хліб з рослинною олією.

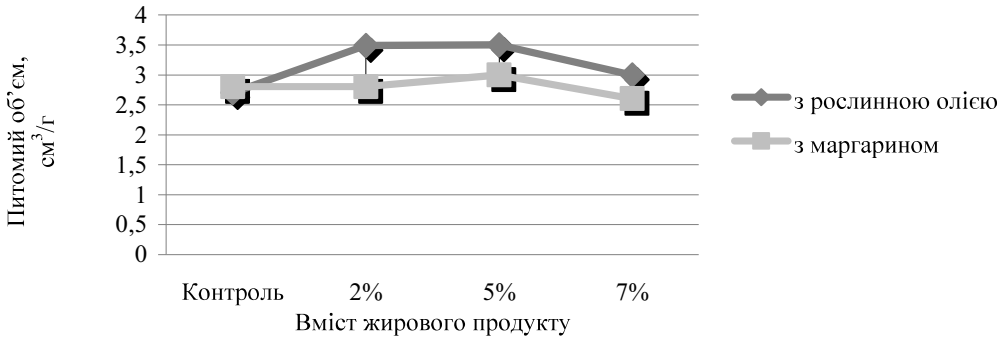


Рис. 3 –Залежність питомого об'єму хліба з заморожених напівфабрикатів від виду жирового продукту

Із наведених даних (рис. 4) видно, що внесення маргарину «Вершкового» в рецептуру хліба з заморожених напівфабрикатів зменшує пористість м'якушки на (10-18) %.

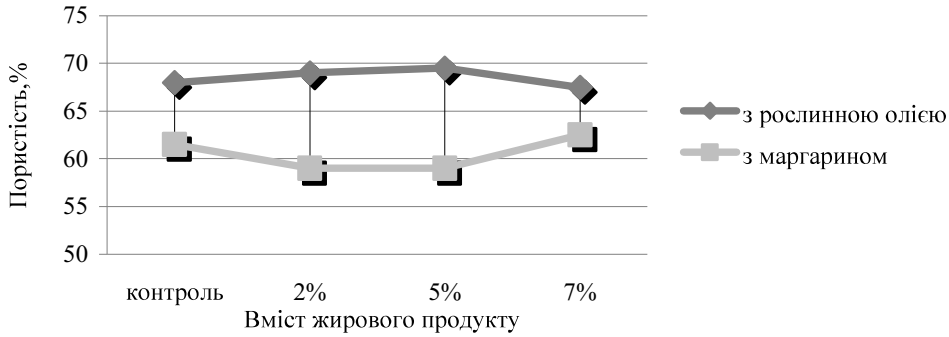


Рис. 4 –Залежність пористості хліба з заморожених напівфабрикатів від виду жирового продукту

Відомо, що високий вміст лактози в сироватці покращує колір скоринки, і при цьому лактоза не зброджується дріжджами. Поряд з поліпшенням смаку і кольору скоринки грає важливу роль і як буферна речовина, при тривалому зберіганні тіста протидією впливу кислот, що утворюються в результаті бродіння.

Проведений аналіз якості готового хліба (табл. 3), показав, що використання молочної сироватки (С), в порівнянні з водою (В), позитивно впливає на питомий об'єм та пористість готових виробів. Хліб на сироватці після 24 годин зберігання мав кращі органолептичні показники, та менше піддавався черствінню.

Таблиця 3 – Показники якості готового хліба, випеченого на воді та сироватці з різним вмістом рослинної олії

Показники	Вміст рослинної олії, %						Контроль	
	2		5		7		–	
	В	С	В	С	В	С	В	С
Формостійкість	0,55	0,47	0,52	0,48	0,52	0,44	0,57	0,53
Питомий об'єм, г/см^3	2,5	3,49	3,05	3,5	2,67	3,0	2,52	2,7
Пористість, %	68,0	69,0	68,0	69,5	66,5	67,5	67,0	68,0
Вологість, %	40,9	40,4	40,4	39,7	37,0	39,8	42,6	46,2
Кислотність, град	1,8	3,0	1,6	3,0	1,8	3,0	1,8	3,0
Упікання, %	7,3	7,2	8,7	8,4	9,3	8,8	6,5	7,2
Усихання, %	7,8	3,9	6,0	2,9	5,3	3,5	6,0	5,2

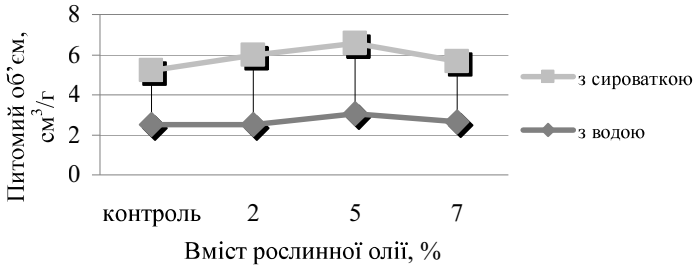


Рис. 5 –Вплив молочної сироватки на питомий об'єм хліба із заморожених напівфабрикатів

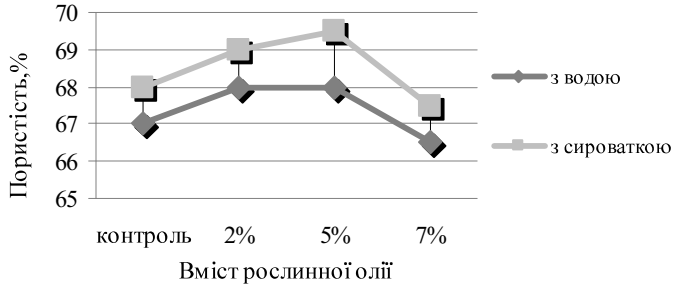


Рис. 6 –Вплив молочної сироватки на пористість м'якушки хліба з заморожених напівфабрикатів

Так, наприклад, при вмісті рослинної олії у кількості 2 % до маси борошна питомий об'єм готових виробів збільшується на 40 %, при 5 % — на 14 %. Хліб на молочній сироватці з 7 % рослинної олії має на 12 % більший об'єм порівняно з хлібом на воді, як це показано на рис. 5.

Як свідчать результати досліджень впливу молочної сироватки на пористість готових виробів (рис. 5), вона сприяє збільшенню пористості на (1,5-2,2) % в залежності від вмісту рослинної олії. Так найкращий результат показав хліб з 5 % вмістом рослинної олії.

Проаналізувавши отримані дані, ми можемо зробити висновок, що внесення молочної сироватки в рецептуру доцільно у виробництві хліба з заморожених напівфабрикатів. Використання молочної сироватки збільшує кислотність з 1,8º до 3,0º, що дозволяє інтенсифікувати технологічний процес приготування хліба після розморожування напівфабрикатів та вистійки тіста.

Література

1. Лабутина Н.В., Синькевич М.А., Байков В.Г., Севериненко С.М., Кузнецова Н.С. Ржано-пшеничный хлеб из замороженных полуфабрикатов // Хлебопродукты. – 2004. – № 12. – С. 30-32.
2. Кульп К., Лоренц К., Брюммер Ю. (ред.); пер. с англ. под общ. ред. И. В. Матвеевой. – СПб.: Професия. – 2005. – 288 с.
3. Военная А.И., Матвеева И.В. Качество хлебобулочных изделий на основе замороженных полуфабрикатов. – Хлебопродукты, 1996. – № 6.
4. Военная А.И., Матвеева И.В. Зависимость качества замороженных тестовых заготовок от их рецептуры и срока хранения. – Хлебопродукты, 1997. – № 8.
5. Дробот В.І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва. – К.: Руслана, 1998. – 416 с.
6. Дробот В.І. Технологія хлібопекарського виробництва. – К.: Логос, 2002. – 368 с.

УДК 664.68.002.2

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА НАМОЧУВАНІСТЬ ВИРОБІВ ІЗ ПІСОЧНОГО ТІСТА

Столярчук В.М., канд. техн. наук
Полтавський університет економіки і торгівлі, Полтава

Розглянуто питання використання в технологіях борошняних кондитерських виробів нетрадиційної рослинної сировини – гарбузового насіння. Досліджено вплив технологічних параметрів виготовлення виробів із пісочного тіста з використанням борошна гарбузового голонасінного на їх намочуваність.

The problem is devoted to making technology of flour confectionery products of non-traditional vegetable materials: the pumpkin flour. Here is investigated physic-chemical index of quality: imbibition under the influence of process-dependent parameters production of confectionery of pumpkin flour.

Ключові слова: гарбузове борошно, вироби із пісочного тіста, намочуваність.

Забезпечення населення в достатній кількості якісними продуктами харчування має важливе значення, а за умов екологічних негараздів та економічної нестабільності в Україні потребує особливої уваги. Вирішенню цієї проблеми сприяє комплексна переробка сировини та розширення ресурсів харчових виробництв завдяки використанню нових її джерел.

Борошняні кондитерські вироби здавна користуються значним попитом населення України, хоча суттєвим їх недоліком є висока калорійність та низький вміст фізіологічно необхідних для організму нутрієнтів. Ще з кінця минулого століття сформувалася тенденція розробки нових технологій з використанням нетрадиційних видів борошна, зокрема насіння олійних культур.

Введення до технології нетрадиційної сировини досить часто призводить до суттєвих змін органолептичних властивостей та фізико-хімічних показників якості готових виробів. Детальні відомості про її функціонально-технологічні властивості дають можливість виявити раціональні параметри використання при збереженні якості виробів на рівні традиційних зразків.

Проведений нами аналіз існуючих літературних даних та ряд експериментальних досліджень показали, що потенційним новим видом сировини може бути гарбузове насіння. Як свідчать літературні джерела та дані мережі Internet, на світовому ринку воно користується значним попитом завдяки високим харчовим та лікувальним властивостям [1, 2]. Гарбузове насіння не має у своєму складі шкідливих для людини речовин, тому рекомендується для вживання дітям, хворим на печінку та нирки, вагітним жінкам [1, 2]. Відомо, що гарбуз накопичує значно менше нітратів та радіонуклідів, ніж інші овочі, вирощені в аналогічних умовах [3]. Ця рослина добре пристосована до кліматичних умов України і не потребує значних затрат на її культивування. Вищезазначене вказує на доцільність використання гарбузового насіння в харчовій промисловості. Але, незважаючи на це, до сьогоднішнього дня в Україні застосовують технології, які не передбачають використання гарбузового насіння, і воно досить часто потрапляє у відходи. Існує кілька причин, які ускладнюють створення технологій його переробки на харчові продукти. Перш за все заважає наявність луски на поверхні насінини. Аналіз літературних джерел показав, що цю проблему знімає використання гарбузового насіння сорту «Голонасінний». Від традиційних сортів воно відрізняється наявністю на поверхні зернини тонкої плівки-луски, що дає можливість його використання у харчових технологіях без попереднього очищення. Це значно спрощує і здешевлює переробку, зменшує кількість відходів. На основі проведеного ряду досліджень нами запропоновано використання гарбузового голонасінного борошна (далі ГГБ).

Відомо, що якість борошняних кондитерських виробів (далі БКВ) у значній мірі залежить від технологічних параметри їх виготовлення. За даними літературних джерел суттєвий вплив на показники якості виробів із пісочного тіста мають технологічні умови приготування цукрово-жирової суміші. Безумовно, введення нової сировини на стадії її приготування може спричинити значний вплив на показники якості готових виробів. Тому необхідні ґрунтовні дослідження раціональних параметрів введення гарбузового голонасінного борошна у технологію БКВ із пісочного тіста.

Як показав аналіз літературних даних, технології використання борошна гарбузового насіння відсутні. Тому ми поставили собі за мету дослідити можливість виготовлення борошняних кондитерських виробів із використанням гарбузового голонасінного борошна (далі ГГБ). При цьому детально вивчити вплив технологічних параметрів його введення у технологію БКВ із пісочного тіста на показники якості готових виробів. Згідно з існуючими нормативно-технічними документами одним із показників, за яким

контролюють якість виробів із пісочного тіста, є намочуваність, яка й узята нами за вихідний параметр досліджень.

На показники якості виробів із пісочного тіста суттєвий вплив мають технологічні умови приготування цукрово-жирової суміші. Характерні властивості пісочного тіста визначаються шляхом створення певних умов, за яких складові компоненти рецептури, обмежено набрякаючи, лише злегка склеюються. Відомо, що в рецептуру пісочного тіста вводять значну кількість цукру з метою зменшення набрякання білків пшеничного борошна. Через низьку вологість цукрово-жирової суміші пісочного тіста рецептурні компоненти (у т. ч. і цукор) розчиняються неповністю, що спричиняє погіршення якості готових виробів. Інтенсивна механічна дія протягом тривалого часу при перемішуванні суміші сприяє підвищенню розчинності сировинних компонентів.

Другий шлях зменшення набрякання білків пшеничного борошна полягає у використанні значної кількості жиру, який перекриває доступ вологи до них. Якість емульсії та її стійкість відіграють при цьому важливу роль. Чим менш стійка емульсія, тим сильніше в ній буде відділятися вода внаслідок механічної дії при перемішуванні з пшеничним борошном і тим сильніше будуть набрякати білки клейковини. Відокремлений жир виділяється на поверхні тістових напівфабрикатів. Все це призводить до затягування тіста та ущільнення готових виробів. Вищезазначені причини зумовили необхідність виділення при виготовленні виробів із пісочного тіста стадії приготування емульсії.

Проведені нами попередні дослідження показали доцільність введення у технологію виробів із пісочного тіста гарбузового голонасінного борошна на стадії виготовлення цукрово-жирової суміші. При цьому в рецептурі нових виробів передбачається часткове зниження вмісту масла за рахунок ліпідної складової гарбузового голонасінного борошна. Оскільки жири в складі ГГБ неемульговані, ймовірне зниження якісних характеристик цукрово-жирової суміші, що в подальшому може погіршити якість готових виробів. У зв'язку з цим виникає необхідність у зміні технологічних параметрів приготування цукрово-жирової суміші (зміни інтенсивності та тривалості механічної дії на сировинні компоненти, внесення додаткової кількості емульгуючих речовин).

Основними емульгаторами в традиційній рецептурі є яйцепродукти. Їх кількість у рецептурі впливає на якість готових виробів. Попередні наші дослідження показали, що доцільно збивати ГГБ разом із цукрово-жировими компонентами рецептури. За літературними даними до 90 % білків гарбузового насіння – глобулярні [4]. Вони, як відомо, є емульгаторами, отже, можуть також впливати на якість готових виробів.

Виходячи з вищезазначеного, при проведенні експерименту для виявлення впливу на показники якості готових виробів технологічних параметрів приготування цукрово-жирової суміші з ГГБ за кореговані фактори обрані: тривалість збивання цукрово-жирових компонентів, частота обертання збивального вала, вміст яєць у рецептурі.

Для проведення експерименту з урахуванням впливу всіх вхідних параметрів виникає необхідність великої кількості досліджень. Оскільки вплив кількості основних компонентів рецептури (пшеничного борошна, цукру, жиру) на якість виробів було досліджено нами попередньо, ці параметри зафіксовані на рівні рекомендованих даних. Технологічні параметри виготовлення виробів (температура сировинних компонентів і навколишнього середовища, товщина тістової заготовки, час та температура випікання і т. ін.) прийняті незмінними із врахуванням рекомендацій, наведених у літературних джерелах та нормативних документах для традиційних виробів із пісочного тіста.

Рівні корегованих факторів вибрані на основі рекомендацій стосовно традиційної технології пісочного тіста та результатів практичних відпрацювань нової рецептури (табл. 1). Планування досліджень проводили за схемою повного факторного експерименту ПФЕ 2^3.

Таблиця 1 – Початкові дані експерименту

Назва коду	Значення коду	Значення факторів		
		час збивання компонентів (X_1), ×60, с	частота обертання збивального вала (X_2), $с^{-1}$	вміст яєць у рецептурі (X_3), %
Нульовий рівень	0	20,0	8,5	9,0
Інтервал варіювання	Δx_i	10,0	2,5	7,0
Верхній рівень	+1	30,0	11,0	16,0
Нижній рівень	–1	10,0	6,0	0

При дослідженні якості виробів із пісочного тіста існуючі нормативно-технічні документи передбачають визначення показника намочуваності. Він відображає здатність печива поглинати вологу. Цей показник має вагоме значення, оскільки засвоюваність харчових продуктів організмом людини суттєво залежить від здатності змочуватися травними соками. Його значення певною мірою залежить від структу-

рно-механічних показників якості виробів. Враховуючи вищезазначене, одним із показників, за яким нами досліджувалася якість розроблених виробів, була намочуваність. Його визначення проводили за стандартною методикою.

За отриманими експериментальними даними розраховано рівняння регресії з коефіцієнтами взаємодії. Перевірку відтворюваності експерименту проводили за допомогою статистики критерію Кохрена (число паралельних дослідів у всіх точках однакове). Значущість коефіцієнтів рівняння регресії перевіряли для кожного коефіцієнта окремо за критерієм Стьюдента. Незначущі коефіцієнти виключали. Адекватність отриманого рівняння перевіряли за критерієм Фішера [5].

Залежність намочуваності виробів із пісочного тіста від впливу технологічних параметрів приготування цукрово-жирової суміші з гарбузовим голонасінним борошном описується рівнянням:

$$У_н = 203{,}304 – 10{,}288x_1 + 11{,}338x_2 – 7{,}521x_1x_2 + 10{,}696x_1x_3 + 6{,}788x_2x_3 \quad (1)$$

де $У_н$ – намочуваність виробів;

x_1 – значення терміну збивання цукрово-жирових компонентів;

x_2 – значення частоти обертання збивального вала;

x_3 – значення вмісту яєць у рецептурі.

Дослідження показали, що при збільшенні тривалості збивання погіршувалась якість готових виробів. Ймовірно, інтенсивна тривала механічна дія призводила до ущільнення суміші, що й зумовило погіршення показників якості тіста та готових виробів із нього. Додаткові дослідження показали, що під час збивання цукрово-жирових компонентів температура суміші дещо підвищувалася. Із зростанням температури жири вершкового масла переходять у рідкий стан. Підвищення текучості жирів, ймовірно, зумовлювало ущільнення емульсії, що й призводило до погіршення структурно-механічних характеристик тіста. Це підтверджувалося підвищенням щільності виробів. Ущільнення структури, ймовірно, й зумовлювало погіршення намочуваності. На основі отриманих даних рекомендовано при виготовленні виробів із пісочного тіста з ГГБ зменшити тривалість збивання рецептурних компонентів, порівняно з традиційною технологією виробів. Слід також зазначити, що взаємний вплив факторів терміну збивання й частоти обертання збивального вала з фактором кількості яєць у рецептурі має позитивний характер. Їх вміст суттєво впливає також і на харчову цінність виробів. Це вказує на необхідність збереження кількості яєць на рівні традиційної рецептури.

У ході проведених досліджень отримане рівняння, що описує вплив на намочуваність виробів основних технологічних параметрів приготування суміші компонентів для пісочного тіста з гарбузовим голонасінним борошном: терміну збивання компонентів, частоти обертання збивального вала, вмісту яєць у рецептурі. Отримана математична залежність дає можливість на практиці спрогнозувати зміну якісних показників продукції при використанні різних видів обладнання й корегувати їх у залежності від виробничих потреб та попиту споживачів. Результати проведених досліджень використані при розробці раціональної технології БКВ із пісочного тіста з гарбузового голонасінного борошна. Її застосування замість традиційної технології сприяє раціональному використанню пшеничного борошна в хлібопекарній промисловості; дає можливість підвищити харчову цінність та покращити структурно-механічні показники кінцевих виробів; забезпечує конкурентоспроможність продукції. Використання гарбузового голонасінного борошна сприятиме розширенню асортименту борошняних кондитерських виробів із високими споживчими властивостями; сприятиме раціональному природокористуванню завдяки створенню безвідходних технологій переробки гарбузових плодів та забезпечить соціально-економічний ефект виробництва.

Література

1. Тимкевич Г. Л. Растения и проблемы века [Текст]. – Кишинев: Штиинце, 1990. – 244 с.
2. Нестерова О. В. Стандартизация семян тыквы и препаратов из них [Текст] : дисс. … кандидата фарм. наук : 15.00.02 / О. В. Нестерова. – М., 1990. – 148 с.
3. Пономарев П. Х. Безпека харчових продуктів та продовольчої сировини : навчальний посібник [Текст] / П. Х. Пономарев, І. В. Сирохман. – К. : Лібра, 1999. – 272 с.
4. Красильников В. Н. Промышленное производство пищевых форм соевых белков за рубежом [Текст] / В. Н. Красильников, Л. Б. Свинкина, Т. Т. Логвинова // Пищевая промышленность. – 1988. – № 10. – 32 с. – (Серия „Масложировая промышленность”).
5. Грачев Ю. П. Математические методы планирования экспериментов: учебное пособие [Текст] / Ю. П. Грачев. – М. : Пищевая промышленность, 1979. – 200 с.

УДК 664.664.33.022.3:663.478.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСТРАКТОВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Лебеденко Т.Є, к.т.н., доцент, Кананыхина Е.Н., к.т.н., доцент., Соколова Н.Ю., аспирант, Рапита В.Р., магистр
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

В данной статье приведены результаты исследования по использованию хмелепродуктов в технологии хлебобулочных изделий пониженной влажности. Проведен сравнительный анализ антибиотических свойств хмеля с различными растительными экстрактами (ромашки, укропа, шалфея). Рассмотрена технологическая роль хмеля, как рецептурного компонента сухарных изделий. Экспериментально установлено влияние хмелевых экстрактов на белково-протеиназный комплекс муки, органолептические и физико-химические свойства готовых изделий.

The results of research on use hops in technology of bakery products of the lowered humidity are resulted in given article. The comparative analysis of antibiotic properties of hop with various vegetative extracts (camomiles, fennel, sage) is carried out. The technological role of hop, as prescription component dried crust is considered. Influence of intoxicated extracts on albumen a flour complex, organoleptic and physicochemical properties of finished products is experimentally established.

Ключевые слова: хмель, растительные экстракты, пшеничные сухари.

Проблема повышения пищевой ценности хлебобулочных изделий, актуальность которой только возрастает с интенсивным развитием научно-технического прогресса, решается в основном за счет применения традиционных и нетрадиционных видов растительного или животного сырья, богатого белками, витаминами, макро- и микроэлементами. Перечень таких добавок постоянно пополняется новыми видами сырья, применением инновационных способов его обработки, позволяющих максимально сохранить функциональные и придать необходимые технологические свойства.

На сегодняшний день все большее внимание и популярность в хлебопекарном производстве приобретают функциональные добавки растительного происхождения. Это продукты переработки бобовых, злаковых, масличных культур, плодово-ягодного сырья, овощей, зелени, а также различных лекарственных и дикорастущих растений. Поскольку растительные добавки обладают самыми разнообразными комплексными физико-химическими и функционально-технологическими свойствами, а именно химическим составом, вкусом, ароматом, консистенцией, водопоглотительной способностью, бактерицидными свойствами и т.д., их применением, кроме повышения пищевой ценности готовых изделий, придания им функциональных свойств, можно решить целый ряд технологических задач и проблем:

— расширение ассортимента хлебобулочных изделий, придание специфических вкуса, аромата и внешнего вида;

— повышение качества готовых изделий, в том числе из муки с низкими хлебопекарными свойствами;

— ускорение технологического процесса за счет интенсификации брожения в полуфабрикатах;

— предотвращение картофельной болезни, плесневения и других видов порчи хлебобулочных изделий;

— увеличение сроков сохранения свежести готовыми изделиями и т.д.

Работы, направленные на повышение пищевой ценности хлебобулочных изделий, можно условно разделить на:

— исследования по максимальному сохранению полезных веществ самого зерна – это технологии изделий из цельносмолотого зерна, использование зародышей, отрубей [1–4];

— разработки технологий хлебобулочных изделий на основе специально приготовленных сухих смесей – премиксов с включением муки различных нехлебопекарных культур (овсяная, гречневая, кукурузная, соевая, гороховая мука, семена льна, кунжута, подсолнечника, тыквы, томатов и т.д.);

— работы по использованию овощных (топинамбура, моркови, паприки, тыквы и т.д.), плодово-ягодных (облепиха, айва, яблоки и множество других) композиций сырья в виде порошка, шрота, масла, выжимок и т.д. [5–7];

— разработки по использованию лекарственных и дикорастущих растений в виде порошков, водных, спиртовых экстрактов, отваров.

В последние десятилетия, в связи с изменениями приоритетов и стремлением к использованию вместо синтетических добавок, весьма популярных с середины прошлого века, натурального сырья, внимание исследователей к лекарственным и дикорастущим растениям, их использование в фармакологии, медицине и пищевой промышленности в целом, и в хлебопечении в частности, существенно возросли.

В России разработаны и запатентованы способы приготовления хлебобулочных изделий с добавлением 5-%ных водных растворов экстрактов хвои, сосны, череды [8]. Проводились исследования по влиянию использования экстрактов и порошков лекарственных трав (корня женьшеня, солодки, спорыша, тысячелистника, пустырника, ромашки, зверобоя, шиповника, календулы) на бродильную активность дрожжевых полуфабрикатов, в ходе которых было выявлено улучшение их биотехнологических свойств [7].

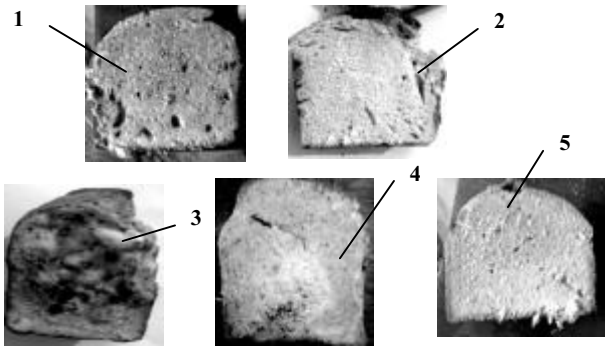
Если проанализировать состав хлебобулочных изделий на содержание синтетических добавок, то, наверное, первенство будет за сухарными изделиями, в технологии которых применяется большое количество пищевых добавок — усилителей вкуса (глютамат натрия, инозинат и гуанилат натрия), стабилизаторов (крахмала и натриевой соли октенилянтарной кислоты эфир), антислеживающих веществ (диоксид кремния) и других. Это зачастую является определяющим фактором при отказе от их частого употребления взрослыми и, особенно, детьми.

Кроме того, что ассортимент хлебобулочных изделий с пониженной влажностью очень неразнообразен, производители сталкиваются с проблемой хранения таких изделий. Поскольку, для придания сухарикам свойственного хруста, в их рецептуру входит большое количество растительных жиров, которые, как известно, склонны к прогорканию, а значит появлению неприятного вкуса и аромата.

В таких условиях целесообразным и эффективным путём повышения качества готовой продукции хлебопекарной отрасли, а также структуры питания населения является дополнительное обогащение сухарных изделий новыми натуральными рецептурными компонентами, которые будут обладать полифункциональным действием, не только положительно влияя на технологические свойства полуфабрикатов, но и расширяя вкусовую композицию, заменив тем самым синтетические ароматизаторы.

Проанализировав химический состав хмеля [9] можно прогнозировать, что он станет перспективным сырьем в технологии хлебобулочных изделий пониженной влажности, в частности за счет положительного влияния на микробиологические процессы при приготовлении и хранении хлеба, а также возможности обогащения БАВ и повышения пищевой ценности готовых изделий. Кроме этого содержание эфирных масел в хмеле позволяет рассматривать его, как альтернативный ароматизатор, а, входящие в его состав, фитонциды и флаваноиды смогут обеспечить получение продукции высокого качества и микробиологической безопасности. Еще одним существенным достоинством хмелепродуктов, перед другими растительными лекарственными добавками является широкое его применение в пищевой промышленности, технологии бродильного производства. Т.е. хмелепродукты сертифицированы и производятся промышленно согласно ДСТУ либо ТУ, поэтому устраняется проблема получения, заготовки и подготовки сырья к производству, и налаживания его поставок. Кроме этого, хмелепродукты выпускаются различных сортов и типов, отличающихся своим химическим составом по количественному содержанию основных действующих компонентов. Это сухой и гранулированный хмель, их CO_2-экстракты, а также шроты. Такой широкий ассортимент [10] дает возможность любому предприятию, в зависимости от поставленных задач подобрать оптимальный вариант использования и введения хмеля в рецептуру хлебобулочных изделий, усиливая/уменьшая характерный хмелевой вкус и запах. Поэтому целью нашего исследования было изучить влияние лекарственных растений на микробиологическую сохранность хлеба, а также определить влияние хмелевых экстрактов на белково-протеиназный комплекс муки, бродильную активность прессованных дрожжей, подъемную силу полуфабрикатов, органолептические и физико-химические показатели качества сухарных изделий, а также определить перспективы и дальнейшую роль хмелепродуктов в технологии хлебобулочных изделий.

Как известно, одной из причин порчи хлебобулочных изделий является поражение их плесенью, а также картофельной болезнью, проблема борьбы с которой в последнее время стала как никогда актуальной, особенно в районах с жарким климатом. Существуют сведения об антисептическом эффекте ряда растительных экстрактов [11]. Проводившиеся исследования по этому вопросу показали, что водные экстракты различных лекарственных растений проявляют разную антибактериальную активность на одни и те же микроорганизмы. С целью определения влияния хмелевых экстрактов на развитие плесени и картофельной болезни в хлебобулочных изделиях по сравнению с другим видом растительного сырья была проведена лабораторная выпечка хлеба с различными растительными экстрактами: ромашки, укропа, шалфея и хмеля. Водные экстракты хмеля готовили путем их кипячения при одинаковых условиях. В рецептуре изделия заменли ими всю воду. В качестве контрольного образца служил хлеб, приготовленный по безопарной технологии.



1 — контрольный образец; 2 — при использовании экстракта цветков ромашки; 3 — экстракта семечек укропа; 4 — экстракта листьев шалфея; 5 — экстракта хмеля.

Рис. 1 — Влияние экстрактов на микробиологические показатели при хранении хлеба

После выпечки и охлаждения все исследуемые образцы помещались в провоцирующие условия, а именно с относительной влажностью воздуха 90 % и температурой (30-35) °С. Через 72 часа визуально определяли степень поражения мякиша хлеба в разрезе. Фотографии представлены на рис. 1.

Как видно из представленных изображений наименее поражены образцы, при приготовлении которых применяли хмелевой экстракт и экстракт из цветков ромашки. Выявлено сильное поражение плесенью образца с использованием экстракта из семечек укропа, что объясняется изначально сильной обсемененностью исходного сырья. При этом наглядно подтвержден высокий антибиотический эффект хмелевого экстракта по сравнению с другим лекарственным растительным сырьем.

Для дальнейших исследований использовался сухой хмель, из которого готовили хмелевые экстракты путем экстракции в системе хмель-вода и хмель - молочная сыворотка, при гидромодуле 1:100, 1:70, 1:40, 1:35, 1:25, 1:15 и температуре 100 °С. Условия экстракции были определены исследованиями, которые проводились ранее при использовании гранулированного хмеля [12].

Таблица 1 — Влияние концентрации хмелевых экстрактов (системы хмель–вода) на выход сырой клейковины, г

Гидромодуль экстракта	Продолжительность ферментации, мин						
	30	60	90	120	150	180	210
1:100	22,58	22,14	23,06	23,3	23,34	23,78	24
1:70	13,56	13,84	17,68	21,72	21,96	22,32	22,68
1:40	22,5	22,06	21,08	21,86	22,26	22,46	22,66
1:35	20,4	20,64	21,28	21,96	22,2	22,4	22,56
1:25	21,6	22,1	22,56	22,86	23,14	23,56	24
1:15	21,64	21,92	22,4	22,66	23,12	23,6	23,92
контроль	27,4	27,04	26,6	26,26	26,02	25,76	25,5

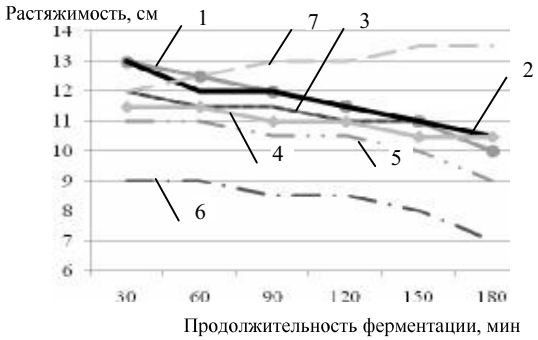
Таблица 2 — Влияние концентрации хмелевых экстрактов (системы хмель–молочная сыворотка) на выход сырой клейковины, г

Гидромодуль экстракта	Продолжительность ферментации, мин						
	30	60	90	120	150	180	210
1:100	22,78	22,9	23,16	23,38	23,52	23,86	24,44
1:70	21,68	21,9	22,24	22,76	22,98	23,24	23,68
1:40	22,5	22,76	23,08	23,38	23,76	24,06	24,7
1:35	22	22,24	22,44	22,76	23,04	23,38	23,72
1:25	22,46	22,9	23,16	23,4	23,72	23,98	24,24
1:15	22,3	22,52	22,76	22,92	23,14	23,48	23,78
контроль	27,4	27,04	26,6	26,26	26,02	25,76	25,5

При производства сухарных изделий одно из определяющих значений имеет состояние белково-протеиназного комплекса теста, от которого зависит газо- и формоудерживающая способность заготовок во время приготовления хлебных плит, структурно-механические свойства мякиша, эластичность.

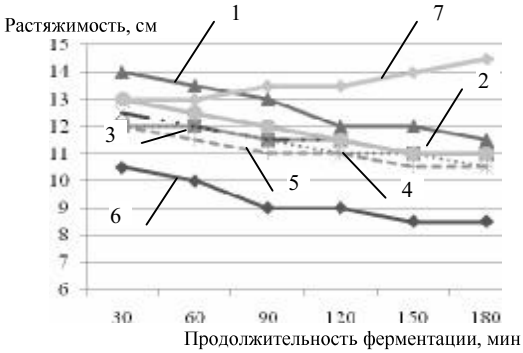
Это предотвратит заминание мякиша во время разрезания хлеба, а также уменьшит количество лома и дефектов. Поэтому прежде всего важно было изучить влияние вида экстрагента и хмелевых экстрактов на содержание и качество сырой клейковины. Тесто для анализа замешивалось по стандартной методике с заменой всей воды хмелевым экстрактом, в качестве контроля служил образец с водой. Длительность ферментации теста составляла 210 минут. Результаты представлены в табл. 1, 2 и на рис. 2, 3.

Результаты исследований показывают, что выход сырой клейковины со временем увеличивается. Можно предположить, что это объясняется влиянием хмелевых экстрактов на активность протеолетических ферментов, протекание биохимических и коллоидных процессов в полуфабрикатах.



Образцы с соотношением хмель-вода:1 — 1:100; 2— 1:70; 3 — 1:40; 4 — 1:35; 5 — 1:25; 6 — 1:15; 7 — контроль.

Рис. 2 — Влияние хмелевых экстрактов (системы хмель–вода) на растяжимость сырой клейковины



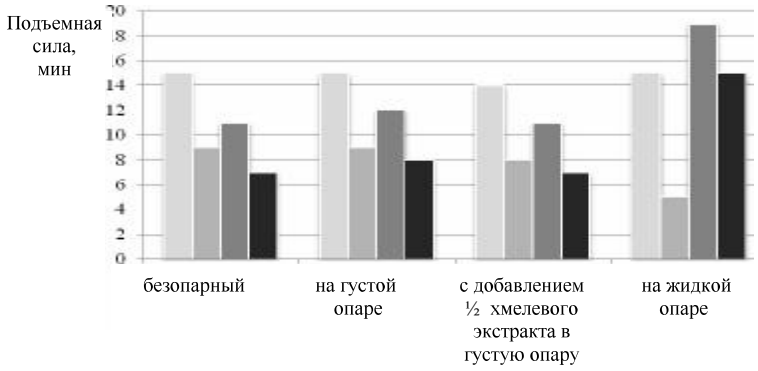
Образцы с соотношением хмель-молочная сыворотка:1 — 1:100; 2— 1:70; 3 — 1:40; 4 — 1:35; 5 — 1:25; 6 — 1:15; 7 — контроль.

Рис. 3 — Влияние хмелевых экстрактов (системы хмель–молочная сыворотка) на растяжимость сырой клейковины

Полученные данные свидетельствуют о повышении гидратационной способности клейковины, что приводит к уменьшению ее упругости с увеличением длительности ферментации теста. Предположительно это происходит в следствии воздействия фенольных соединений, содержащихся в хмеле, на клейковину, что приводит к ее укреплению и, как следствие, уменьшению ее растяжимости [13].

Важное технологическое значение в хлебопечении имеет качество используемых хлебопекарных дрожжей Saccharomyces cerevisiae. От физиологического состояния и биохимической активности которых зависит структура полуфабрикатов и качество готовых хлебобулочных изделий. В связи с этим нами проведены исследования по влиянию хмелевых экстрактов на биотехнологические свойства и подъемную силу хлебопекарных дрожжей. Результаты показывают, что лишь экстракты с гидромодулем до 1:25 оказывают стимулирующие действие на рост хлебопекарных дрожжей Saccharomyces cerevisiae и накопление их биомассы, что связано со слишком высокой концентрацией горьких веществ и фенольных соединений, которые подавляют жизнедеятельность дрожжевых клеток. Поэтому в дальнейших исследованиях использовали хмелевые экстракты, при применении которых получены наивысшие показатели бродильной активности.

Для усовершенствования технологии сухарных изделий и обоснования технологических параметров их производства следовало изучить влияние способа тестоприготовления на качество полуфабрикатов и готовых изделий.



Концентрации экстрактов : 1— контроль; 2 — 1:70 (хмель:вода); 3 — 1:25 (хмель:вода); 4 — 1:40 (хмель:молочная сыворотка).

Рис. 4 — Влияние способа тестоприготовления на подъемную силу теста

Качество полуфабрикатов оценивали по подъемной силе теста, для приготовления которого использовали хмелевые экстракты. Тесто готовили безопарным способом, на густой опаре с внесением ½ части экстракта в опару и второй половины - в тесто, на густой опаре с полным внесением экстракта в опару, а также на жидкой опаре.

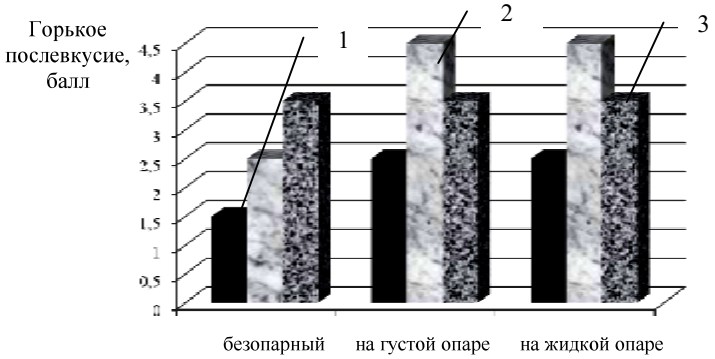
Подъемную силу дрожжевых полуфабрикатов принято рассматривать как суммарный показатель активности ферментов зимазно-мальтазного комплекса. Изучение влияния рецептурных компонентов на подъемную силу хмелевых дрожжей показало, что при всех способах тестоприготовления она не превышает 20 мин.

Для оценки влияния способа тестоприготовления на органолептические и физико-химические показатели качества хлеба и сухарных изделий проводили выпечки по всем выше приведенным способам. Сравнивая полученные данные показателей качества готовых изделий, пришли к заключению, что оптимальным способом приготовления теста для производства сухарей является способ на густой опаре с внесением половины экстракта в опару. Показатели качества сухарей изготовленных этим способом приведены в табл. 3 и на рис. 5.

Таблица 3 — Органолептические та физико-химические показатели качества сухарей пшеничных, приготовленных на густой опаре с внесением 1/2 части хмелевого экстракта в опару

Показатели	Сухари пшеничные (контроль)	Сухари пшеничные с экстрактом 1:70 (хмель-вода)	Сухари пшеничные с экстрактом 1:25 (хмель-вода)	Сухари пшеничные с экстрактом 1:40 (хмель-молочная сыворотка)
Тесто Влажность, %	45,0	44,4	45,6	44,7
Кислотность, град: - начальная - конечная	1,5 3,4	1,5 3,3	1,6 3,5	1,8 3,7
Оценка качества сухарей				
Влажность, %	10,5	9,8	9,6	11,6
Кислотность, град	4,0	4,4	3,1	4,1
Внешний вид: - состояние поверхности - форма, размеры - цвет	Гладкая, без трещин Правильная, 10×20 мм Светло-коричневый	Поверхность без сквозных трещин. Достаточно симметрична, 10×20 мм Светло-коричневый		
Запах	Выраженный, свойственный данному виду изделия, не ощущается запаха хмелю.			
Вкус	Выраженный, свойственный данному виду изделия.	Выраженный, свойственный данному виду изделия	Выраженный, свойственный данному виду изделия	Выраженный, свойственный данному виду изделия
Крошковатость, %	22,0	24,0	20,0	16,0
Намокаемость, мин	4,0	1,5	3,0	2,25

Поскольку вкус и аромат готовых изделий являются основными критериями качества изделий для потребителей, при анализе дополнительно оценивалось горькое послевкусие, которое придает экстракт хмеля. С этой целью для оценки дегустационной комиссии были предложены сухарные изделия и хлеб, тесто для которых готовили различными способами. Кроме основных показателей органолептической оценки качества сухарей нами был введен дополнительный – оценка горького послевкусия, если такое имеется, которое оценивалось по 10-ти бальной шкале, где 10 наиболее неприятное чрезмерно горькое послевкусие.



Концентрации экстрактов : 1— контроль; 2 — 1:70 (хмель:вода); 3 — 1:25 (хмель:вода)

Рис. 5 — Результаты бальной оценки горького послевкусия сухарных изделий

Итак, способ тестоприготовления существенно не влияет на горький привкус в изделиях. Следует отметить, что комиссии для оценки также были предложены хлебные плиты, которые являются полуфабрикатом в процессе приготовления сухарных изделий. С целью определения степени влияния дополнительной термической обработка и жесткой текстуры изделий на оценивание. В результате выявлено, что при оценивании сухарных изделий и хлеба при равном внесении в их рецептуру хмелевых экстрактов, бал оценки горечи первых был ниже. Это связано, не с дополнительной термической обработкой, а с изменением текстуры изделий в следствии чего вкусовые рецепторы раздражаясь не только вкусом, но и структурой становятся менее восприимчивы.

Поскольку сухарики являются продуктом длительного хранения (6-9 месяцев), также оценивали влияние хмелевых экстрактов на микробиологическую стойкость и изменения показателей качества хлебобулочных изделий пониженной влажности в процессе хранения.

Наблюдая в течении месяца за изменением таких показателей качества сухарей, как крошковатость, намокаемость, запах и вкус установлено, что хмелевые экстракты замедляют процесс черствения, а также порчи готовых изделий.

Подводя итоги отметим, что в ходе исследований обоснованы оптимальные концентрации хмелевых экстрактов: 1:70 и 1:25 в системе хмель-вода и 1:40 в системе хмель-молочная сыворотка, которые позволяют получить готовые изделия высокого качества. Экспериментально установлено, что выше указанные концентрации приводят к укреплению клейковинного комплекса пшеничной муки, уменьшению растяжимости клейковины, а также улучшению биотехнологических свойств хлебопекарных дрожжей, повышая их бродильную активность. Кроме этого определено оптимальное дозирование этих экстрактов, которое позволит получить сухарики, отвечающие требованиям стандартов. Разработана технология производства пшеничных сухарей с хмелем, которые отвечают государственным стандартам Украины, а также новый вид сухарных изделий со специфическим вкусом – для взрослых..

Литература

1. В.В. Письменный, А.И. Черкашин, Л.В. Скибина. Хлеб с овощными порошками //Хлебопечение России. – 2006. - № 4 – С.24.
2. Т. Семак. Различные виды сырья применяют в хлебе //Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2008. - № 10 – С.19-20.
3. Капрельянц Л.В., Іоргачева К.Г. «Функціональні продукти». – Одеса: Друк, 2003. – 312 с.
4. Чахова Е.И., Авдеева Т.В. Обогащение продуктов питания пищевыми и биологически активными добавками. // Известия вузов. Пищевая технология. – 2007. - № 3. – С. 121-122.
5. Мадзиевская Т., Яковлева О, Траханов П., Шашкова И., Тагиль И. Порошковые фитокомпозиции для обогащения хлебобулочных изделий и придания им функционалных свойств //Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2006. - № 10 – С. 22-24.
6. Алексеенко Е. Нетрадиционное природное сырье для производства хлебобулочных изделий // Хлебопродукты. – 2008. - № 9 – С. 50-51.
7. Клюйко Л., Еркинбаева Р., Богатырева Т. Экстракты и порошки лекарственных трав положительно влияют на дрожжевые закваски //Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2007. – № 12 – С. 35.
8. Юловский В.М. Способ приготовления хлебобулочных изделий профилактической направленности: Пат. 2206995 Россия МПК[7] А 21 D2/36. Юловский В.М. № 20011810/3; Заявл. 27.08.2001; Опубл. 27.06.2003.
9. Мальцев П.М. Технология солода и пива / Мальцев П.М. - М.: Дели принт, 2008. - 342 с.
10. Колядич Е.С., Павловская Л.М., Лилишенцева А.Н., Александровская Е.С., Шрамченко О.В. Антиоксидантные и антибактериальные свойства водных экстрактов пряно-ароматических и лекарственных растений//Вести Национальной академии наук Белоруссии. – 2009.-, № 1 – С. 106-110.
11. Христюк А.В. / Технология использования хмеля в пивоварении // Известия вузов. Пищевая технология. – 2007. – № 1. – С. 46.
12. Лебеденко Т.Є, Кананыхина Е.Н., Соколова Н.Ю. Хмелевые дрожжи – возрождение забытых технологий хлебопечения.// Зернові продукти і комбікорми. – 2010. – № 2
13. Клиндухова Ю.О. Совершенствование технологии хлебобулочных изделий с использованием продуктов переработки хмеля: автореферат дис. …канд. техн. наук – Краснодар , 2010. – 23 с.

УДК 664.683 – 021.465: 621.796:[613.292:57.016]

ИЗМЕНЕНИЕ КАЧЕСТВА КЕКСОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С БЕЗГЛЮТЕНОВЫМИ ВИДАМИ МУКИ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ

Коркач А.В., канд. техн. наук, доцент, Величко Т.А., канд. техн. наук, доцент,
Евдокимова Г.И., канд. техн. наук, доцент, Вовк М., магистрант
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

В работе рассмотрена концепция функционального питания, исследованы возможности расширения ассортимента кексов функционального назначения на основе рисовой и кукурузной муки, и проанализировано качество готовых изделий в процессе хранения.

The paper considers the concept of functional foods, studied the possibility of expanding the range of cakes functionality based on rice and corn flour, and analyzed the quality of finished products during storage.

Ключевые слова: функциональное питание, мучные кондитерские изделия, тесто, кексы, рисовая мука, кукурузная мука, качество изделий, микробиологические показатели, срок хранения.

Одним из основных условий жизнедеятельности организма человека является питание. От организации питания зависит здоровье человека, его работоспособность и продолжительность жизни.

Проблема полноценной и здоровой пищи всегда была одной из самых важных для человечества. В условиях сложной экологической и социально-экономической ситуации качество питания ухудшается, в связи с чем приобретают актуальность разработка и внедрение в производство функциональных пищевых продуктов, которые содержат ингредиенты, повышающие сопротивляемость заболеваниям, способные регулировать физиологические процессы в организме человека, позволяя ему долгое время сохранять активный образ жизни. В мировом масштабе идет постоянная работа по созданию новых продуктов функционального питания, обладающих как широким спектром использования, так и узкой направленностью на конкретный орган, систему, заболевание.

В последнее десятилетие изменилось восприятие и отношение потребителей к представлению о ежедневном питании и его значению. Кроме аспектов безопасности, потребитель все больше интересуется влиянием различных пищевых продуктов на его здоровье.

В связи с этим, в последние годы в науке о питании получило развитие новое направление — так называемое функциональное питание, интенсивно развивающееся во многих странах. Термин функциональное питание предполагает использование в пищу продуктов с выраженным благотворным воздействием на организм.

В «Научной концепции функциональных продуктов питания в Европе» представлено обобщенное мнение европейских специалистов по проблеме функционального питания, где подчеркнуто, что у пищевой индустрии появилась уникальная возможность улучшить здоровье населения за счет организации производства и вывода на рынок новой категории пищевых продуктов — продуктов функционального питания, обладающих не только питательной в традиционном смысле слова ценностью, но и способностью улучшать физиологическое и психологическое состояние организма и/или снижать риск возникновения заболеваний [1].

Проблемы обеспечения населения качественными и безопасными продуктами питания очень актуальны и носят государственный характер. В последние годы все актуальней становятся проблемы, связанные с производством пищи, которые породила современная цивилизация. Повышенное содержание холестерина в крови, ожирение, сердечно-сосудистые заболевания, нарушение жирового обмена веществ, гипертония, кариес, диабет, запоры, повышенное содержание мочевой кислоты в крови или подагра — вот неполный перечень так называемых «болезней цивилизации», вызванных неправильным питанием. Но наряду с известными болезнями в последние годы диагностировано такое заболевание, как целиакия.

Целиакия — это состояние, при котором присутствует хроническая реакция к конкретным протеиновым цепочкам, часто называемым глютеном, который присутствует в части зерновых культур. Эта реакция приводит к поражению ворсинок в тонком кишечнике, в результате чего возникает синдром пониженного всасывания питательных веществ. При длительном течении данного заболевания начинаются тяжелые нарушения в состоянии здоровья: язвы кишечника, герпетиформный дерматит, остеопороз, муковисцидоз, заболевания центральной и периферийной нервной системы, заболевания поджелудочной железы, бесплодие и гинекологические заболевания. В лечении целиакии не существует медикаментов, фактически нет никаких средств, кроме здорового образа жизни и аглиадиновой (аглютеновой) диеты.

Это означает, что необходимо исключать любые продукты, содержащие пшеницу, рожь, ячмень, овес. Поэтому для питания больных целиакией очень важной проблемой является разработка безглютеновых изделий, в том числе и кондитерских.

Одним из путей расширения и улучшения ассортимента изделий для людей, больных целиакией, является разработка новых продуктов питания, которые в своем составе не содержат глютен.

Перспективным объектом для формирования ассортимента продуктов с функциональными свойствами является группа мучных кондитерских изделий, так как они являются ежедневным компонентом пищевого рациона за счет сложившихся традиций в структуре питания населения Украины.

Исходя из вышеизложенного, целью данной работы явилась разработка новых видов кексов функционального назначения на основе аглютеновых видов муки (кукурузной, рисовой), а также исследование химических и микробиологических показателей качества и их изменение в зависимости от условий и сроков хранении.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

— теоретически обосновать необходимость создания безглютеновых мучных кондитерских изделий (кексов);

— обосновать целесообразность использования рисовой и кукурузной муки в технологии кексов;

— разработать технологию получения кексов функционального назначения;

— исследовать физико-химические и микробиологические показатели готовых изделий и их изменение в процессе хранения;

Объектом исследований служили кексы на основе рисовой и кукурузной муки.

Кексы представляют собой мучные кондитерские изделия, приготовленные из сдобного теста с большим содержанием яйцепродуктов, сахара и жира, а также ценных во вкусовом отношении наполнителей — изюма, цукатов, орехов. Привлекательный вид создается благодаря разнообразной внешней отделке, форме и массе. Кексы в зависимости от способа приготовления и рецептур подразделяют на следующие группы:

— на дрожжах;

— на химических разрыхлителях;

— без химических разрыхлителей и дрожжей.

Нами был использован способ приготовления кексов на химических разрыхлителях. В качестве контрольного образца была взята рецептура кекса «Столичный» [2].

С целью расширения ассортимента и создания новых видов кексов функционального назначения на кафедре ТХКМИ и П Одесской национальной академии пищевых технологий проводятся исследования по разработке технологии кексов с использованием аглютеновых видов муки — кукурузной и рисовой.

Рис — ценная зерновая культура. Основной продукт питания для большей части населения нашей планеты и вторая по значению зерновая культура после пшеницы. Рисовая мука содержит много безазотистых экстрактивных веществ и ниацина, сравнительно мало белка. Липиды риса характеризуются высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот; токоферолы обладают повышенной витаминной активностью; углеводы риса представлены в основном крахмалом, который легко усваивается организмом человека. Но самое важное, что рисовая мука не содержит белок глютен, который даже для здоровых людей является пищевым раздражителем и источником таких нарушений, как расстройство пищеварения, метеоризм, изжога, запор, диарея [3].

Кукурузная мука — хорошее средство от малокровия, стимулирует желчевыделение и перистальтику кишечника, обладает дегидратическими (мочегонными) свойствами, способствует нормализации кровообращения и работы сердечно-сосудистой системы, замедлению процессов старения; выводит из организма жировые накопления, а наличие в ней микроэлементов кремния способствует повышению эластичности кровеносных сосудов и укреплению зубов.

Учитывая все вышеперечисленные достоинства исследуемых видов муки, нами были проведены исследования по замене в рецептуре кекса «Столичный» пшеничной муки на кукурузную и рисовую в различных соотношениях.

Таким образом, нами было получено и исследовано четыре образца кексов:

1 — контрольный (пшеничная мука);

2 — содержащий 50 % рисовой муки и 50 % кукурузной муки;

3 — содержащий 75 % рисовой муки и 25 % кукурузной муки;

4 — содержащий 25 % рисовой муки и 75 % кукурузной муки.

В ходе экспериментальных исследований было установлено, что замена пшеничной муки на безглютеновую в различном соотношении оказывает влияние на влажность, плотность, выход теста, вызывает изменение его адгезионных и пенетрационных свойств, а также на показатели качества готовых изделий и их изменение в процессе хранения.

Срок хранения кондитерских изделий — один из показателей их качества, который, в свою очередь зависит от качества использованного сырья, технологии, использованного оборудования, санитарного состояния производства, условий хранения и упаковки. Совокупность этих причин взаимосвязана и определенным образом влияет на срок хранения мучных кондитерских изделий.

Срок годности — период, в течение которого пищевой продукт остается безопасным, надежно сохраняет свои характеристики и соответствует приведенным на этикетке сведениям о пищевой ценности при хранении в рекомендованных условиях. При рассмотрении сроков хранения важно понимать, что пищевые продукты — это многокомпонентные, активные системы, в которых протекают разнообразные биохимические процессы, физико-химические и микробиологические изменения [4].

Основная проблема при хранении кексов — их черствение, а также из-за значительного содержания жира в своем составе они подвержены быстрой окислительной порче.

Исходя из вышеизложенного, нами проведены исследования по влиянию кукурузной и рисовой муки на динамику изменения влажности, окисления жиров, а также качественного и количественного состава микрофлоры готовых изделий при хранении.

Изделия кексов массой 75 г хранили упакованными в полипропиленовую пленку и без упаковки, в помещении при температуре 20±5 °С и относительной влажности воздуха не более 75 % в течение 7 суток (срок хранения кекса «Столичный» 7 суток согласно ДСТУ 4505-2005).

Выпеченный кекс при хранении остывает, масса его уменьшается за счет усушки (испарение влаги с поверхности корки в окружающую среду) и черствения. Эти два процесса протекают самостоятельно, но в определенной зависимости друг от друга.

Изменение качества кекса при хранении (черствение и усыхание) — результат сложных физико-химических, коллоидных и биохимических процессов, протекающих в углеводах и белках.

Признаки черствения появляются примерно через 48-72 ч хранения изделия при температуре (15-25) °С. Мякиш теряет эластичность, становится жестким и крошащимся, ухудшаются вкус и аромат, свойственные свежеиспеченному изделию. Черствение кекса вызвано в основном изменениями, происходящими в углеводах и белках при его хранении. Клейстеризованный в процессе выпечки крахмал с течением времени выделяет поглощенную им влагу и переходит в кристаллическое состояние. Крахмальные зерна при этом уплотняются и значительно уменьшаются в объеме, между ними образуются воздушные прослойки. Черствеющий мякиш становится крошковатым. Свободная влага, выделенная крахмалом, при черствении кекса впитывается белками и частично испаряется (усушка), а также остается в образовавшихся воздушных прослойках. Процесс черствения кекса можно представить как кристаллизацию биополимеров мякиша, чем и объясняются изменения его физико-химических и гидрофильных свойств.

Результаты исследований влияния аглютеновых видов муки на изменение влажности при хранении приведены в табл. 1

Таблица 1 – Динамика изменения влажности кексов с различным содержанием рисовой и кукурузной муки в зависимости от условий и сроков хранения, (%)

Срок хранения, сут	Номер образца			
	1	2	3	4
Без упаковки				
0	14,4	18,0	17,6	16,3
1	12,6	17,7	17,2	15,8
2	12,3	17,4	16,8	15,2
3	12,0	16,6	16,2	14,7
4	11,4	16,1	15,3	14,3
5	10,9	15,7	14,5	13,9
6	10,6	15,0	13,9	13,5
7	9,8	14,5	13,4	13,0
В полипропиленовой упаковке				
0	14,4	18,0	17,6	16,3
1	13,8	17,8	16,9	15,8
2	13,1	17,3	16,3	15,5
3	12,6	16,9	15,8	15,1
4	11,9	16,5	15,2	14,9
5	11,3	16,2	14,7	14,4
6	10,6	15,6	14,5	14,1
7	10,2	15,2	14,1	13,5

Проанализировав экспериментальные данные можно сделать вывод о том, что в процессе хранения кексов снижение влажности идет быстрее в контрольном образце по сравнению с исследуемыми кексами. Это связано с большей способностью к набуханию крахмала кукурузной и рисовой муки, клейстер из него обладает наиболее низкой скоростью ретроградации по сравнению с крахмалом зерновых культур, что обусловлено разной степенью полимеризации молекул амилозы. Это способствует увеличению срока сохранения свежести опытных кексов.

Как известно, в рецептуру кексов входит значительное количество жира и он подвержен окислительной порче. Поэтому нами было проведено исследование влияния аглютеновых видов муки на окисление жиров кексов при хранении (табл. 2).

Таблица 2 – Динамика изменения перекисного числа в кексах при хранении

Срок хранения, сут	Контроль, 1	Перекисное число, I_2, %		
		2	3	4
0	0,010	0,010	0,010	0,010
1	0,011	0,010	0,010	0,010
2	0,012	0,011	0,011	0,010
3	0,015	0,012	0,012	0,011
4	0,020	0,012	0,014	0,011
5	0,028	0,015	0,016	0,012
6	0,038	0,017	0,020	0,012
7	0,050	0,018	0,022	0,012

Исследование по изменению перекисного числа жира кексов в течение 7 суток хранения показало, что только в изделиях, приготовленных с добавлением рисовой и кукурузной муки, перекисное число оставалось на уровне допустимых значений (0,03-0,06) % I_2. Снижение скорости реакции окисления, вероятно, обусловлено тем, что антиоксиданты (токоферолы) кукурузной муки реагируют со свободными радикалами перекисей с образованием малоактивных соединений.

Переработка зерна риса, кукурузы в муку и производство из нее хлебопекарных и кондитерских изделий неминуемо приводит к тому, что в готовую продукцию легко могут попасть микроорганизмы, способные вызывать различные виды микробной порчи, при которой происходит снижение пищевой и биологической ценности готовых изделий, их товарных свойств и сокращается срок хранения. Кроме того, при хранении мучных изделий микроорганизмы и споры, находящиеся в окружающей среде, через поры и трещины легко попадают внутрь изделий, где легко развиваются, вызывая их порчу.

Нами были проведены исследования по изучению качественного и количественного состава микрофлоры новых видов кексов на основе рисовой и кукурузной муки, а также ее изменение в зависимости от их состава, условий и продолжительности хранения, для определения их безвредности и степени устойчивости при хранении.

Анализ обсемененности образцов проводили перед закладкой на хранение, а также через 3 и 7 суток хранения. Пробы исследуемых образцов отбирали в стерильную посуду в асептических условиях, исключающих микробное загрязнение продукта из окружающей среды. Качественный и количественный состав микробиологических и санитарных показателей, к которым относятся мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы (МАФАнМ) и бактерии группы кишечных палочек БГКП; условно-патогенные, к которым относятся кишечная палочка (Esherichia coli) и стафилококк (Staphylococcus aureus); патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы (Salmonella); сульфитредуцирующие клостридии (Clostridium);плесневые грибы и дрожжи (среди которых осмофильные), определяли путем высевания на питательные среды с последующим культивированием и характеристикой по ГОСТ 10444.9, 10444.12 , 10444.15 [5-7].

Качественный и количественный состав микробиоты изучали путем высевания смывов с кексов различной степени разведения на мясо-пептонный агар (МПА), микромицеты и дрожжи — на сусло-агар (СА) с последующим культивированием при температурах 37±1 °С и 28±1 °С соответственно. Общее количество бактерий выявляли на мясо-пептонном агаре через 48 ч, микромицеты — на сусло-агаре через 7 суток и рассматривали органы спороношения. Споровые формы бактерий определяли в пастеризованных смывах с образцов, высевами на комплексную питательную среду МПА и СА в соотношении (1:1); клостридии высевали в печеночный бульон и питательную среду Китт-Тароцци; стафилококки — на молочно-солевой агар; сальмонеллы — на висмутсульфитный агар; вульгарный протей — в конденсационную воду свежескошенного МПА. Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (МАФАнМ) выражали в тыс КОЕ на 1 г продукта. Для определения титра кишечной и картофельной (Subtillis licheniformis) палочек готовили ряд разведений продукта в стерилизованной во-

допроводной воде 1:10, 1:100, 1:1000. Из каждого разведения высевали по 1 $см^3$ в пробирки со средой Кесслера с поплавками для выявления E. coli и в питательную среду МПА+СА (1:1) для выявления Subtillis licheniformis. О присутствии кишечной палочки в среде Кесслера судили по помутнению и наличию в поплавках пузырьков газа, образующихся при сбраживании сахара; картофельной палочки — по культуральным признакам характерных колоний.

Результаты микробиологических показателей исследуемых образцов в зависимости от их состава и условий хранения приведены в табл. 3

Таблица 3 – Микробиологические показатели кексов, МАФАнМ тыс/г

Образец	Срок хранения, сут	Видовой и количественный состав микрофлоры								
		Бактерии	В том числе			Микромицеты	В том числе			Дрожжи
			Ervinia herbicola	Колиформные	Subtilus licheniformis		Aspergillus	Penicillium	Прочие грибы	
1	0	0,15	0,03	0,11	0,01	0,07	0,01	–	0,06	0,25
2	0	0,19	0,02	0,16	0,01	0,06	0,01	–	0,05	0,31
3	0	0,06	0,02	0,03	0,01	0,08	–	–	0,08	0,38
4	0	0,08	0,03	0,05	0,01	–	–	–	–	0,27
Без упаковки										
1	3	0,27	0,1	0,25	0,01	0,07	0,01	–	0,06	0,29
2	3	0,30	0,1	0,27	0,02	0,06	0,01	0,01	0,04	0,38
3	3	0,11	0,1	0,09	0,01	0,10	0,01	0,01	0,08	0,50
4	3	0,17	0,1	0,15	0,01	0,08	0,01	0,02	0,05	0,26
В полипропиленовой упаковке										
1	3	0,15	–	0,14	0,1	0,05	0,1	–	0,40	0,20
2	3	0,19	–	0,18	0,1	0,03	0,1	0,1	0,10	0,23
3	3	0,05	–	0,05	–	0,06	–	–	0,06	0,27
4	3	0,08	–	0,08	–	0,01	–	–	0,01	0,18
Без упаковки										
1	7	0,45	0,01	0,42	0,02	0,09	0,01	–	0,08	0,34
2	7	0,47	0,01	0,44	0,03	0,08	0,01	0,01	0,06	0,42
3	7	0,21	0,01	0,18	0,02	0,09	0,01	0,02	0,06	0,46
4	7	0,32	0,01	0,29	0,02	0,05	0,02	0,02	0,01	0,32
В полипропиленовой упаковке										
1	7	0,15	–	0,14	0,01	0,06	0,1	0,01	0,05	0,22
2	7	0,19	–	0,18	0,01	0,05	0,1	0,01	0,03	0,27
3	7	0,07	–	0,06	0,01	0,06	–	–	0,06	0,31
4	7	0,10	–	0,09	0,01	0,01	–	–	0,01	0,23

Результаты проведенных исследований свидетельствуют, что все полученные продукты перед хранением характеризуются своей качественной и количественной микрофлорой, общее содержание МАФАнМ колеблется от 0,08 тыс. КОЕ/г до 0,19 тыс. КОЕ/г в зависимости от вида продукта. При хранении в течение 7 суток характер степени обсеменения изменялся в зависимости от вида продукта и условий его хранения в сторону увеличения, в большей степени в образцах, хранящихся без упаковки, и МАФАнМ составила от 0,21 тыс. КОЕ/г до 0,47 тыс. КОЕ/г; тогда как, при хранении в полипропиленовой упаковке эта величина составила от 0,07 тыс. КОЕ/г до 0,15 тыс. КОЕ/г.

Анализ полученных результатов показал, что основной состав бактериальной микрофлоры исследуемых образцов, как перед хранением, так и во время хранения являются колиформные бактерии, содержание которых колеблется в интервале от 50 % до 92 % от общего содержания бактерий и зависит от вида исследуемого образца, условий и срока хранения. Наличие травяной палочки (Erwinia herbicola) характеризует муку, полученную из свежего зерна риса и кукурузы. Ее содержание снижается, так как она сверх легко отмирает. Из спорообразующих бактерий выявлены бактерии группы Subtilis licheniformis относительное содержание которых составило максимум 0,1 % от общего количества бактерий, что соответствует норме титра.

Следует отметить, что во всех исследуемых образцах и при различных условиях хранения кишечная палочка, стафилококк, сальмонеллы, протей, сульфидредуцирующие клостридии не обнаружены. Все микробиологические показатели соответствуют ДСТУ 4505-2005.

Таким образом, в результате проведенных исследований можно сделать вывод, что использование муки из нетрадиционных видов сырья позволяет не только расширить ассортимент мучных кондитерских изделий, но и разработать кексы функционального назначения для людей, больных целиакией с улучшенными показателями качества, как в процессе производства, так и при хранении.

Литература

1. Юдина С.Б. Технология продуктов функционального питания. – М.: ДеЛи принт, 2008. – 280 с.
2. Технология приготовления мучных кондитерских изделий: учебник для студ.учреждений сред. проф. образования /Л.С.Кузнецова, М.Ю. Сиданова. – 4-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 320 с.
3. Пылов А.П., Симбирский В.А., Теляев Д.М. Заготовка и переработка крупяных культур. – М.: Агропромиздат. – 1985. – 47 с.
4. Срок годности пищевых продуктов: Расчет и испытание /Под ред. Р. Стеле; пер. с англ. В. Широкова под общ. ред. Ю.Г. Базарновой. – СПб.: Профессия, 2006. – 480 с.
5. ГОСТ 10444.9 -88. Продукты пищевые. Метод определения Clostridium perfringens.
6. ГОСТ 10444.12-88. Продукты пищевые. Методы определения дрожжей и плесневых грибов.
7. ГОСТ 10444.15-88. Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов.

УДК 65.12.122:664.654.2

ДОСЛІДЖЕННЯ В'ЯЗКОСТІ МОДЕЛЬНИХ СИСТЕМ ДЛЯ «БЕЗБІЛКОВОГО» ТІСТА ЗА ПОКАЗНИКОМ «ЧИСЛО ПАДІННЯ»

Кучерук З.І., канд. техн. наук, доцент, Луньова О.С., аспірант
Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків

Розглянуто проблематику забезпечення спеціальними продуктами для харчування при захворюваннях, зумовлених порушеннями білкового обміну. Доведено доцільність використання структуроутворювальної добавки – ксантану для безбілкового тіста.

Problems of providing the special products for a food at diseases, conditioned violations of protein metabolism is considered. Expedience of the use of gel-forming addition– xanthan gum for a non protein dough is well-proven.

Ключові слова: спадкові порушення обміну амінокислот (СПОА), первинні аміноацидопатії (ПА), «безбілкова» дієтотерапія, безбілкове тісто, безбілкові хлібобулочні вироби, структуроутворювачі, ксантан, гуар-гум, пектин, в'язкість, «число падіння».

Сьогодні спадкові хвороби, пов'язані з порушеннями обміну білкових речовин, серед патологій людини набули розповсюдження у світових масштабах. Найефективнішим методом лікування цих хвороб є дієтотерапія з використанням спеціальних продуктів зі зниженим вмістом білка. У Європейських країнах, в Південній та Північній Америці, а також в інших країнах світу забезпечення такими продуктами хворих людей знаходиться в належному стані. Там випускаються як готові продукти, так і сухі суміші для виготовлення продукції в домашніх умовах. Продукти розподіляються централізовано через медичні заклади і всі затрати щодо виготовлення і реалізації цієї продукції несе держава. При медичних закладах навіть є пункти харчування, де готуються дієтичні безбілкові страви. При встановленні можливості поставок закордонних безбілкових продуктів в Україну виявилося, що вони мають надто високу ціну як для українського споживача. Далеко не кожна українська сім'я зможе закупити харчування для своєї дитини.

До 1990 року в СРСР існувало розвинуте на той час виробництво традиційного дитячого харчування та харчових продуктів спеціального лікувального призначення. З розпадом Радянського Союзу економічна криза перехідного періоду в Україні поширилась і на галузь виробництва харчоконцентратів та продуктів дитячого харчування. Це призвело до значної руйнації існуючої інфраструктури виробництва та збуту вищезазначеної продукції. На теперішній час виробництво спеціальної безбілкової продукції вітчизняною промисловістю зовсім не освоєне.

Тому, сьогодні в Україні актуальною є проблема розробки високоякісних безбілкових продуктів для дітей та дорослих з різними патологіями, що зумовлені первинними аміноацидопатіями.

Спадкові порушення обміну амінокислот (СПОР) – це велика група природжених захворювань, в основі яких лежить генетично обумовлене порушення синтезу різних ферментів. Особливістю спадкових порушень обміну речовин є глибокі біохімічні розлади, викликані різними мутаціями ДНК. Рання діагностика і адекватне лікування зупиняють порушений метаболізм, направляючи його в нормальне русло за рахунок патогенетичної терапії, проте пізня діагностика приводить до повної маніфестації СПОР і до інвалідизації [1].

Захворювання цієї групи моногенного походження і мають аутосомно-рецесивний тип спадкоємства. При такому типі спадкоємства ген-мутант виявляється тільки в гомозиготному стані. Батьки хворих дітей фенотипічно можуть бути здорові, але є гетерозиготними носіями мутантного гену. За даними Харківського центру клінічної генетики, захворюваність первинними аміноацидопатіями (ПА) в області становить приблизно 1 випадок на 5000 новонароджених [2].

Серед захворювань, що зумовлені порушеннями білкового обміну речовин, особливе місце займає фенілкетонурія (ФКУ), тому що належить до категорії частих спадкових хвороб в Україні, достатньо легко діагностується і має розроблені підходи до ефективного лікування. Фенілкетонурія (ФКУ) проявляється як спадкова затримка психічного розвитку. Захворювання обумовлене недостатністю ферменту фенілаланінгідроксилази (ФАГ), необхідного для перетворення амінокислоти фенілаланіну в тирозин відповідно до рисунка 1. Якщо ферменту ФАГ недостатньо, то фенілаланін (ФА) не перетворюється на тирозин, а накопичується в сироватці крові у великих кількостях у вигляді фенілпіровиноградної кислоти (ФПВК) та має токсичну дію на тканину головного мозку [3].

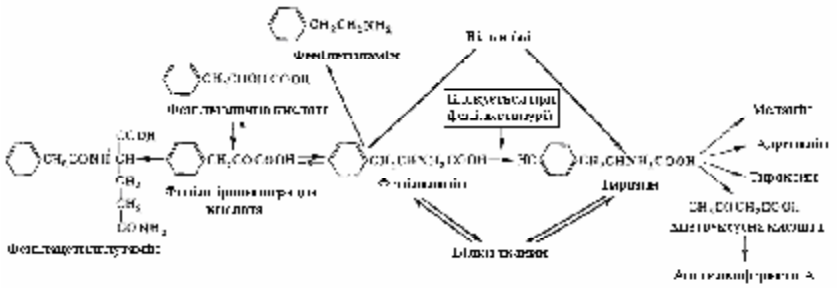


Рис. 1 – Шляхи обміну фенілаланіну в організмі людини

Одним з найбільш поширених підходів до лікування ФКУ є корекція на рівні субстрату. Субстратом у даному випадку називається той компонент їжі, який підлягає метаболізму за допомогою генетично детермінованого ферменту, при спадковому захворюванні його перетворення порушене. Накопичення проміжних продуктів обміну ФА приводить до розгортання основних клінічних ознак хвороби. Дієтичне обмеження – перша і успішна міра лікування багатьох спадкових хвороб, в тому числі і ФКУ. Суть лікувального харчування – різке обмеження надходження фенілаланіну з натуральними продуктами, які містять велику кількість білка. При цьому важливим є те, що під час інтенсивного зростання і розвитку організму надходження білка життєво важливе, і навіть короткочасний його дефіцит негативно впливає на розвиток дитини. Саме тому головним елементом дієтотерапії є спеціалізовані продукти, які повинні вміщувати всі амінокислоти, що потрапляють при звичайному харчуванні з продуктами, окрім фенілаланіну [2].

Нами пропонується створення хлібобулочних виробів для хворих з ФКУ на основі сухої суміші, до складу якої входить кукурудзяний крохмаль, борошно житнє, цукор, сіль, сода та виключається пшеничне борошно. Така заміна сировини значно ускладнює отримання тіста із задовільними показниками якості і надалі отримання готового хліба. Для створення потрібної структури тіста необхідно включати до складу суміші добавки, які перш за все проявляють структуруючі властивості. До групи добавок, які впливають на консистенцію традиційного хлібного тіста і тим самим підвищують його газоутримувальну здатність, покращують здатність тістових заготовок утримувати форму в процесі вистоювання і випікання, можна віднести модифіковані крохмалі, пектин, еламін, альгінати, мікробні полісахариди, метилцелюлозу, карбоксиметилцелюлозу і деякі інші добавки, які мають підвищену водопоглинальну здатність.

Вибір добавки ґрунтується на найкращому її впливі на структуроутворення у безбілковому тісті. Вплив на структуроутворення може бути первинно оцінений за зміною в'язкості у модельній системі. Як структуроутворювачі в «безбілковому» тісті нами були використані і вивчалися мікробний полісахарид ксантан, гуар-гум, пектин.

Метою нашого дослідження було вивчити вплив структуроутворювачів на в'язкість модельних систем для «безбілкового» тіста за показником «число падіння».

Дослідження проводили за методикою визначення числа падіння штоку мішалки на приладі ПЧП в клейстеризованій водно-борошняній суспензії [4].

Таблиця 1 – Кількісне співвідношення компонентів у модельній системі для «безбілкового» тіста за різної концентрації добавок

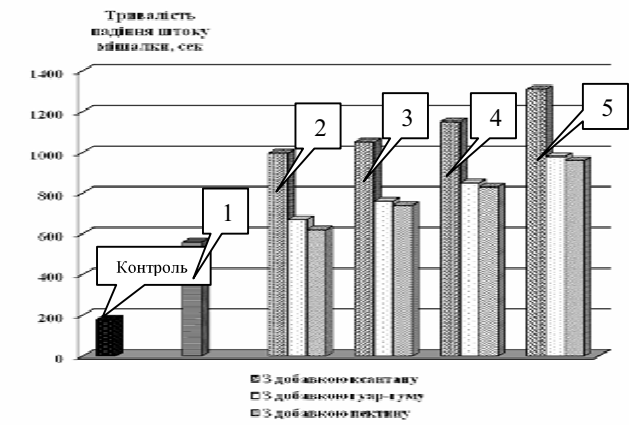
Концентрація добавки, % до маси кукурудзяного крохмалю	Маса компоненту в модельній системі, г				
	Кукурудзяного крохмалю	Борошна житнього	Ксантану	Гуар-гуму	Пектину
0 %	6,67	0,03	–	–	–
0,1 %	6,6	0,33	0,0067	0,0067	0,0067
0,2 %	6,6	0,33	0,0133	0,0133	0,0133
0,3 %	6,6	0,33	0,0199	0,0199	0,0199
0,4 %	6,6	0,33	0,0266	0,0266	0,0266
0,5 %	6,6	0,33	0,0333	0,0333	0,0333

Суть методу полягає у визначенні тривалості вільного падіння штоку мішалки у в'язкій системі. Цей показник побічно характеризує в'язкість системи, і за ним можна швидко визначити вплив різних чинників на зміну стану системи. Для проведення вимірювань готували наважки суміші з кукурудзяного крохмалю, борошна житнього та ксантану масою 7,0 г відповідно до таблиці 1 і в пробірці готували суспензії з 25 $см^3$ дистильованої води з температурою 25 °С. В якості контрольного зразка використовували наважку борошна житнього без додавання крохмалю та добавок. Пробірки із суспензіями інтенсивно струшували 20-25 разів, поміщали в них шток мішалки та ставили їх у водяну баню. Через 5 хв після витримування у водяній бані автоматично починає працювати шток мішалки, який перемішує суспензію у пробірці. В той самий час автоматично вмикається лічильник часу. Через 60 с шток мішалки автоматично зупиняється у верхньому положенні, після чого починається його вільне падіння.

Результати вимірювань тривалості падіння штоку мішалки наведені на рисунку 3.

Як видно з рис. 3, в'язкість модельної системи з кукурудзяного крохмалю та житнього борошна без додавання структуруючих добавок значно перевищує в'язкість контрольного зразка. Тривалість падіння штоку мішалки збільшується майже у 5 разів. Такі показники не є характерними для систем з пшеничного та житнього борошна. Внесення до складу модельних систем структуроутворювальних добавок ксантану, гуар-гуму та пектину приводить до подовження тривалості падіння штоку мішалки і відповідно до збільшення показника в'язкості, причому найбільший ефект спостерігається при внесенні ксантану.

Внесення цього структуроутворювача в концентраціях не більше 0,3 % до маси крохмалю приводить до збільшення тривалості падіння штоку мішалки майже в 2 рази у порівнянні із системами без його додавання; внесення гуар-гуму – на 50 %; внесення пектину – на 48 %.



% до маси крохмалю:
1 – 0 % (без добавок); 2 – 0,1 %; 3 – 0,2 %; 4 – 0,3 %; 5 – 0,4 %

Рис. 3 – Залежність тривалості падіння штоку мішалки від концентрації структуроутворювальних добавок у модельних системах

Висновки

Таким чином, найбільший вплив на зміну в'язкості модельних систем для безбілкового тіста виявляє ксантан. Тому доцільним є введення саме цього мікробного полісахариду для покращення його технологічних властивостей. Ксантан рекомендується вносити в концентраціях не більше 0,3 % до маси кукурудзяного крохмалю.

Література

1. Гречанина, Е. Я. Наследственные нарушения метаболизма [Текст] /Е.Я. Гречанина // Медична газета «Здоров'я України». – 2003.– № 80-84 – Октябрь.
2. Гречаніна, О. Я. Фенілкетонурія. Клініка, діагностика, лікування: Методичні рекомендації для фахівців [Текст] / О. З. Гнатейко, В. Д Отт, В. М. Кузнєцов та ін. – Київ-Харків, 2001. – 115 с.
3. Вельтищева, Ю. Е. Наследственная патология человека [Текст] / Юлия Вельтищева, Наталья Бочкова. – М.: АСТ, 1992. – 503 с.
4. ГОСТ 27676-88. Метод определения числа падения [Текст]. – Введ. 1990-07-01.– Нормативні документи: довідник / За заг. ред. В.Л. Іванова. — Львів: НІЦ "Леонорм", 2000. — Т. 1. — С. 220–222.

УДК 664.661:664.726.5

ВПЛИВ ВОЛОГОТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА НА ХІД ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЗЕРНОВОГО ХЛІБА

Пшенишнюк Г.Ф., канд. техн. наук, доцент, Макарова О.В., канд. техн. наук, доцент,
Іванова Г.С., аспірант, Ширалієва А.М., магістр
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

В статті наведені результати дослідження впливу масової частки вологотермічно обробленого при різних параметрах зволоженого зерна в рецептурі зернового тіста на хід технологічного процесу; показана доцільність використання вологотермічної обробки частини зерна при приготуванні зернового хліба.

In article results of researches of influence of a mass fraction of grain moisture-thermal processed at different parameters in a compounding of the grain dough for a course of technological process are resulted; the expediency of use moisture-thermal processing of a part of grain in preparation of grain bread is shown.

Ключові слова: вологотермічна обробка зерна, газоутворююча здатність, кислотонакопичення, розпливання, зерновий хліб, органолептична оцінка.

Зростаючий темп життя призвів до негативного впливу на режим харчування та якісний склад їжі сучасної людини, але в останній час все більше уваги населенням України приділяється «здоровому харчуванню». Тому пріоритетним напрямком розвитку харчової промисловості є створення продуктів нового покоління, які відповідають вимогам та реаліям сьогодення, та удосконалення технології виготовлення традиційних виробів. Зерновий хліб відноситься до продуктів «преміум-класу» та завдяки збереженню периферійних шарів зернівки, в яких міститься значна частина дефіцитних мікронутрієнтів, рекомендується для профілактичного та дієтичного харчування. Високий вміст харчових волокон сприяє виведенню з організму людини токсичних речовин. Крім цього, використання цільного зерна для приготування хліба забезпечує маловідходну технологію переробки зернової сировини.

Однак, поряд з позитивними характеристиками, у порівнянні з пшеничним хлібом, виготовленим з сортового борошна, зерновий хліб відрізняється більш низькими органолептичними властивостями, що свідчить про необхідність удосконалення його технології.

Головною особливістю технологічного процесу приготування зернового хліба є підготовка зерна, яка включає його очищення, мийку, відволоження (замочування в воді) і наступне подрібнення. Найбільш тривалою стадією є замочування. Відомо, що при замочуванні зерна вміст вологи в ньому зростає приблизно з 12 % до 44 %. Це в значній мірі впливає на біохімічні процеси і змінює його структурно-механічні властивості. При цьому відбувається проникнення молекул води в простір між макромолекулами високополімерів, послабляються сполучення між ними, знижується міцність зернівки і полегшується її деформація за рахунок розм'якшення оболонок.

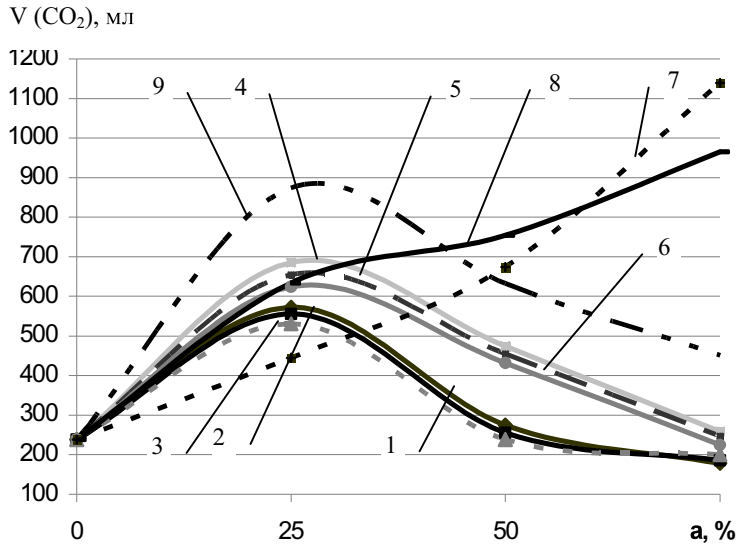
При замочуванні зерно переходить зі стану спокою в фазу біологічної активності. Під впливом ферментного комплексу зерна відбувається гідроліз більшості вуглеводів і білкових речовин, які містяться в ньому. Завдяки цьому, з одного боку, поліпшується засвоюваність білків, підвищується кількість цукрів, доступних для зброджування, а з іншого — спостерігається розрідження структури тіста за рахунок розщеплення білкових речовин. Внаслідок цього структурно-механічні властивості тіста в процесі замісу і бродіння швидко погіршуються: тісто в кінці бродіння дуже розріджується, стає малоеластичним, липким і мазеподібним, що призводить до отримання хліба з липкою, заминаючою м'якушкою, а низька газоутворююча здатність, незважаючи на високу активність ферментів — до нерозвиненої пористості м'якушки. У результаті недостатнього кислотонакопичення випечений хліб характеризується не яскраво вираженим ароматом і смаком.

В напрямку поліпшення якості зернового хліба багато років працюють вчені різних країн. Деякими авторами для підвищення газоутворюючої здатності рекомендується зерно піддавати світлодіоїдному опроміненню [1], під впливом якого відбувається гідроліз високомолекулярних білкових сполук, а також утворення простих цукрів, що інтенсифікують процес спиртового і молочнокислого бродіння. Додавання зернових пластівців в тісто для зернового хліба, які в значні мірі перевищують за вмістом декстринів і цукрів вихідне зерно, також сприяє інтенсифікації газоутворення [2, 3].

Для зниження активності ферментів і, як наслідок, гальмування розрідження зернового тіста, пропонують вносити при його замісі борошняну закваску, молочну сироватку тощо [2, 4, 5]. Використання цих інгредієнтів підвищує вміст органічних кислот у тісті, які сприяють покращенню його водоутримуючої здатності та надають виробам специфічного смаку. Одним із способів збільшення доступних для зброджування цукрів у зерновому тісті та зниження негативного впливу ферментів на структурно-механічні властивості тістових заготовок є вологотермічна обробка (ВТО) зерна.

Тому метою роботи було дослідження впливу масової частки внесеного в рецептуру тіста вологотермічно обробленого при різних параметрах зволоженого зерна на хід технологічного процесу при виробництві хліба, структурно-механічні властивості тіста та якість готових виробів.

Промите зерно пшениці попередньо замочували для набухання і розм'якшення оболонок у воді температурою (18-20) °С [6] протягом 12 год. Після набухання частину зерна піддавали термічній обробці при температурі води 60 ºС, 80 ºС і 100 ºС протягом 5, 10 і 15 хв. В рецептуру зернового тіста вносили 25 %, 50 % і 75 % диспергованого ВТО зерна. Для контрольного зразка тісто готовили з відволоженого диспергованого зерна, яке не піддавалося вологотермічної обробці.



зернове тісто з внесенням зерна після ВТО при:1 — t=60 °С 5 хв, 2 — t=60 °С 10 хв, 3 — t=60 °С 15 хв, 4 — t=80 °С 5 х, 5 — t=80 °С 10 хв, 6 — t=80 °С 15 хв, 7 — t=100 °С 5 хв, 8 — t=100 °С 10 хв, 9 — t=100 °С 15 хв.

Рис. 1 — Вплив масової частки ВТО зерна на газоутворюючу здатність зернового тіста

В основі процесів, що відбуваються під час дозрівання тіста, лежать життєдіяльність мікроорганізмів, активність ферментів, взаємодія біополімерів тіста з водою. Основними показниками, які характеризують хід технологічного процесу є газоутворююча, газо — і формотримуюча здатності, від яких залежить об'єм хліба, розпушеність м'якушки, забарвлення скоринки, а також кислотонакопичення, яке в значній мірі обумовлює смак і аромат випечених виробів [7].

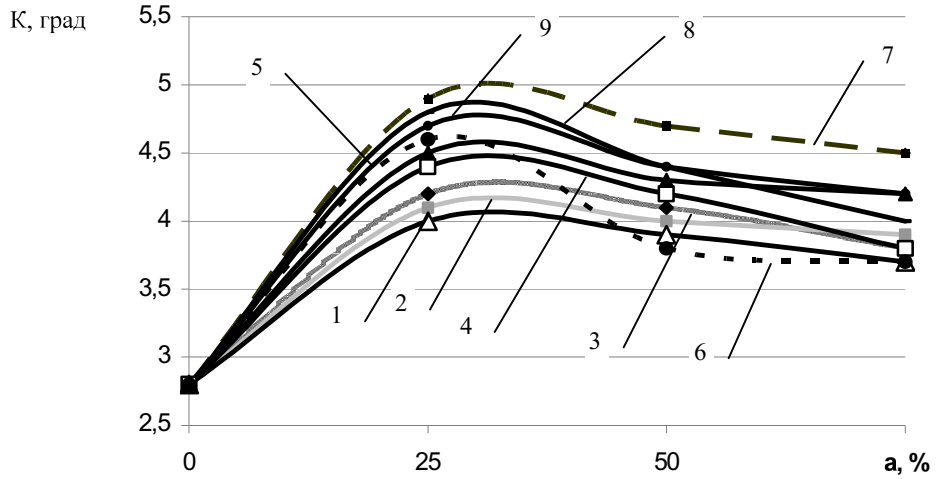
Отримані результати досліджень впливу масової частки ВТО при різних технологічних параметрах зерна у зерновому тісті на газоутворюючу здатність за 5 год. бродіння (рис. 1) свідчать, що при внесенні 25 % ВТО зерна в усіх зразках порівняно з контролем відбувається підви-

щення газоутворюючої здатності. Це, ймовірно, пов'язано з клейстеризацією набряклих крохмальних зерен під час ВТО, що робить їх більш доступними для дії амілолітичних ферментів необробленої частки зерна. У результаті цього підвищується інтенсивність гідролітичного розчеплення крохмалю та утворення мальтози — основного цукру, що забезпечує процес спиртового бродіння. Подальше збільшення масової частки ВТО зерна, за винятком зерна обробленого при температурі 100 °С протягом 5 хв і 10 хв, призводить до зниження газоутворення. Це, можливо, пов'язано зі зменшенням кількості активних амілаз у результаті зниження масової частки необробленого зерна у тісті, і, як наслідок, інтенсивності накопичення мальтози. Встановлено, що збільшення температури та тривалості обробки зерна супроводжується, в основному, підвищенням газоутворюючої здатності, що, очевидно, пов'язано з більш повною клейстеризацією та частковим гідролізом крохмалю. При підвищенні температури обробки зерна до 100 °С спостерігається зростання газоутримуючої здатності зернової маси у порівнянні з іншими зразками не зважаючи на інактивацію амілаз. Це, можливо пояснюється достатньо глибоким термічним гідролізом крохмалю і утворенням значної кількості доступних для зброджування цукрів, що нівелює часткову інактивацію ферментного комплексу у зерновому тісті. Зниження газоутворюючої здатності при внесенні більше 25 % зерна обробленого при температурі 100 °С протягом 15 хв, ймовірно, обумовлено, інактивацією гідролітичних ферментів під впливом тривалої термічної обробки.

Максимальна газоутворююча здатність спостерігається у тісті з додаванням 75 % ВТО зерна при температурі 100 °С протягом 5 хв. Це, можливо, обумовлено збереженням у певній мірі активності термостабільної α-амілази, більш повною клейстеризацією крохмалю, який у такому стані найбільш піддатливий до амілолізу, та, як наслідок, збільшенням інтенсивності утворення цукрів і поживних речовин, що в значній мірі підвищує газоутворюючу здатність тіста.

Окрім спиртового бродіння невід'ємним та важливим процесом під час дозрівання тіста є молочнокисле бродіння. Інтенсивність кислотонакопичення суттєво впливає на реологічні властивості тіста та активність ферментів, що має особливе значення при дозріванні зернового тіста, в якому висока активність гідролітичних ферментів.

Аналіз результатів дослідів по впливу масової частки ВТО зерна на кислотонакопичення у зерновому тісті протягом 3 год (рис. 2) показав, що внесення ВТО зерна призводить до інтенсифікації молочнокислого бродіння у порівнянні з контрольним зразком. Встановлена закономірність обумовлена, ймовірно, тим, що у результаті ВТО кількість водорозчинних речовин, які необхідні для життєдіяльності мікроорганізмів, збільшується. Крім того, під час термічної обробки відбувається денатурація білків, які у такому стані більш піддатливі до дії протеолітичних ферментів необробленого зерна. Це призводить до збільшення продуктів гідролізу білкових сполук під час дозрівання тіста, які використовуються для живлення молочнокислих бактерій.



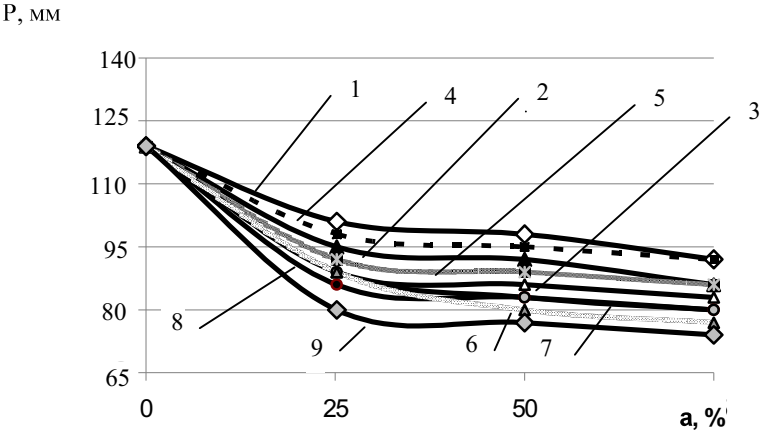
зернове тісто з внесенням зерна після ВТО при:1 — t=60 °С 5 хв, 2 — t=60 °С 10 хв, 3 — t=60 °С 15 хв, 4 — t=80 °С 5 х, 5 — t=80 °С 10 хв, 6 — t=80 °С 15 хв, 7 — t=100 °С 5 хв, 8 — t=100 °С 10 хв, 9 — t=100 °С 15 хв.

Рис. 2 — Кислотонакопичення у зерновому тісті при внесенні ВТО зерна

Найбільш раціональним співвідношенням обробленого та необробленого зерна для приготування тіста за значенням кислотності є 25:75. При внесені більшої кількості ВТО зерна у зернове тісто спостерігається зниження кислотонакопичення, що, можливо, обумовлено зменшенням активності мікрофлори тіста та може негативно вплинути на смак і аромат хліба. Така тенденція зберігається поза залежністю від температури та тривалості обробки зволоженого зерна, що, очевидно, пов'язано зі зменшенням кількості молочнокислих та інших кислотоутворюючих бактерій у тісті з необробленого та ВТО зерна у результаті їх знищення під час термічної обробки зволоженого зерна.

Максимальне кислотонакопичення та газоутворення спостерігається при внесені у тісто 25 % вологотермічно обробленого зерна при температурі 100 °С протягом 5 хв. Це, можливо, обумовлено тим, що при ВТО за такими параметрами відбувається гідроліз білкових сполук, полісахаридів і утворення в результаті цього низькомолекулярних декстринів, простих цукрів, амінокислот, що інтенсифікують взаємопов'язаний процес спиртового та молочнокислого бродіння, і, не дивлячись на інактивацію ферментів та загибель мікрофлори у обробленому зерні, сумарна кількість активних ферментів та кислотоутворюючих бактерій у даного зразка зернового тіста достатньо висока для забезпечення більш інтенсивного у порівнянні з контрольним зразком бродіння.

Відомо, що хліб отриманий з цілого зерна, відрізняється від виготовленого з сортового борошна низькою формостійкістю та нерозвиненою структурою пористості м'якушки, нестабільністю реологічних властивостей диспергованої маси. Це обумовлено тим, що в диспергованій масі зерна утворюється недостатньо розвинений клейковинний каркас, а під впливом гідролітичних ферментів при дозріванні тіста відбувається розщеплення білкових речовин, в тому числі і клейковини. Внаслідок цього у тісті зростає кількість рідкої фази, воно розріджується, що призводить до розпливання тістової заготовки. Тому доцільним було б дослідити вплив масової частки ВТО зерна в рецептурі зернового тіста на розпливання тістової заготовки за 3 год бродіння (рис 3).



зернове тісто з внесенням зерна після ВТО при:
1 — t=60 °С 5 хв, 2 — t=60 °С 10 хв, 3 — t=60 °С 15 хв, 4 — t=80 °С 5 х, 5 — t=80 °С 10 хв, 6 — t=80 °С 15 хв, 7 — t=100 °С 5 хв, 8 — t=100 °С 10 хв, 9 — t=100 °С 15 хв.

Рис. 3 — Вплив масової частки ВТО зерна на розпливання (Р) кульки тіста

Аналіз отриманих даних показав, що при збільшенні масової частки ВТО зерна у рецептурі зернового тіста, а також при збільшенні температури і тривалості обробки розпливання тістової заготовки зменшується. Найменше розпливання тістової заготовки спостерігаються при збільшенні масової частки до 75 % обробленого зерна при температурі до 100°С і тривалості 15 хв. Така залежність, можливо, обумовлена тим, що в результаті ВТО, особливо при підвищених температурах, відбувається інактивація протеолітичного та амілолітичного ферментного комплексу зерна, що супроводжується зменшенням гідролізу біополімерів зернової маси та призводить до гальмування розрідження тіста під час дозрівання, меншого розпливання тістової заготовки, тобто дозволяє отримати тісто з більш стабільними структурно-механічними властивостями. Крім того, як відмічалося раніше, при ВТО зерна відбувається часткова клейстеризація крохмалю, який у результаті трансформації в процесі теплової обробки проявляє загущуючи та структуроутворюючі властивості, що, можливо, також сприяє зменшенню розпливання тісто-

вої кульки. Зниження розпливання тістової заготівки при збільшенні масової частки у рецептурі тіста ВТО зерна, очевидно, обумовлено зменшенням загальної кількості активних гідролітичних ферментів у зерновій масі.

За органолептичними показниками хліб, виготовлений з внесенням вологотермічно обробленого диспергованого зерна, відрізнявся меншою «волокнистістю» та більш ніжною текстурою. Це, імовірно, пов'язано, з тим, що ВТО з попереднім замочуванням сприяє розрихленню структури зерна, підвищенню його гігроскопічності за рахунок проникнення молекул води усередину зернівки, і, послабляючи зв'язки між макромолекулами полісахаридів, знижує твердість та міцність зернівки. У результаті відволоження в зерні активізуються біохімічні процеси, а ВТО призводить до теплової клейстеризації крохмальних зерен та трансформації харчових волокон зерна і надає необхідну пластичність для проведення процесу подрібнення зерна для отримання однорідної маси, що сприяє поліпшенню консистенції зернового тіста, його реологічних властивостей та сенсорної оцінки готового продукту — зовнішнього вигляду, текстури, розпушеності м'якушки, приємного відчуття при розжовуванні.

Внесення при виробництві зернового хліба ВТО зерна сприяло отриманню виробів з більш вираженим смаком та ароматом, яскравим забарвленням скоринки у порівняні з контролем. Це обумовлено достатнім для меланоїдиноутворення під час випікання вмістом у тісті цукрів та продуктів гідролізу білків, що додатково утворюються у результаті термічного гідролізу крохмалю та білкових речовин під час ВТО, накопиченням більшої кількості органічних кислот, які приймають участь у формуванні смаку та аромату готових виробів.

Аналіз отриманих у результаті проведених досліджень даних показав, що внесення вологотермічно обробленого зерна при виробництві зернового хліба дозволяє підвищити газоутворюючу здатність тіста і інтенсивність кислотонакопичення при його дозріванні, покращити формостійкість тістових заготовок. Це обумовлено частковою інактивацією гідролітичних ферментів, клейстеризацією крохмалю, збільшенням частки доступних для зброджування цукрів, а також руйнуванням клітинних структур зерна, що сприяє кращому перетравленню та більш повному засвоєнню його основних харчових речовин. За органолептичними показниками найкращою якістю відрізнявся хліб, до складу якого входило 25 % ВТО зерна при температурі 100 С протягом 5 хв. Подальше збільшення масової частки обробленої зернової маси у рецептурі хліба та тривалості ВТО, не дивлячись на покращення газоутворювальної здатності та кислотонакопичення зернового тіста, призводить до отримання хліба з непропеченою м'якушкою за рахунок утворення значної кількості низькомолекулярних декстринів.

Висновки

1. Показана доцільність вологотермічної обробки частини зерна при виробництві зернового хліба, що дозволяє підвищити засвоюваність хліба, покращити текстуру готових виробів, удосконалити технологію виробництва зернового хліба.
2. Встановлено, що внесення ВТО зерна при виробництві зернового тіста сприяє підвищенню його газоутворюючої здатності, інтенсивності кислотонакопичення, зменшенню розпливання тістової заготовки під час технологічного процесу.
3. Встановлено, що оптимальним є внесення у рецептуру зернового хліба 25 % ВТО зерна при температурі 100 °С протягом 5 хв.

Література

1. Пат. 2344611 Россия, МПК51 A21 D 13/02. Способ производства зернового хлеба: Орел. ГТУ, Корячкина С.Я., Кузнецова Е.А., Гончаров Ю.В., Бобров А.В. № 2007126494/13; Заявл. 11.07.2007; Опубл. 27.01.2009 Бюл. № 3
2. Тертычная Т.Н. Разработка нового способа производства зернового хлеба // Хранение и переработка зерна . – 2009. – № 3. – С. 53-56.
3. Корячкина С.Я., Кузнецова Е.А., Черепнина Л.В., Щербакова А.А. Использование зерна тритикале в технологии зернового хлеба. // Хранение и переработка зерна. – 2008, – № 1. – С. 42-43.
4. Корячкина С.Я.., Кузнецова Е.А. Инновационная технология хлеба из пророщенного зерна пшеницы.//Хранение и переработка зерна. – 2009. – № 3. – С. 51-53.
5. Г.Ф. Пшенишнюк/ Технология хлеба на основе целого зерна пшеницы/ Г.Ф. Пшенишнюк, О.В. Макарова, А.С. Иванова// Харчова наука і технология. – 2009. – № 1. – С. 75-79.
6. Пшенишнюк Г.Ф./ Використання непродовольчого зерна пшениці в технології зернового хліба/ Пшенишнюк Г.Ф., Макарова О.В., Іванова Г.С., Костюченко І.В. // Наукові праці. – 2009. – № 36. С. 198-202.
7. Дробот В. І. Технологія хлібопекарського виробництва. – К.: Логос, 2002. – 363 с.

УДК 664.661:633.791

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСТРАКТОВ ПРЯНО-АРОМАТИЧЕСКИХ И ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ХЛЕБОПЕЧЕНИЯ

Лебеденко Т.Е., канд. техн. наук, доцент, Донской Д.М. канд. техн. наук, доцент, Новичкова Т.П., канд. техн. наук, доцент, Ткаченко Т.З., канд. техн. наук, доцент, Соколова Н.Ю., аспирант
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

В статье представлены результаты исследований, которые направлены на обогащение хлебобулочных изделий экстрактами пряно-ароматических и лекарственных растений. Проведен анализ химического состава, антиоксидантных и антимикробных свойств экстрактов травы базилика, мелиссы лекарственной, ромашки аптечной, шалфея лекарственного, чая зеленого и плодов шиповника майского. Изучено их влияние на хлебопекарные свойства муки, дрожжей, ход технологического процесса и качество хлебобулочных изделий.

The results of researches which are directed on enrichment of bakery products by extracts aromatic and herbs are presented in the article. The chemical compound analysis, antioxidantic and antimicrobic properties of extracts of a grass of a basil, balm medicinal, camomiles chemist's, a sage medicinal, green tea and dogrose is carried out. Their influence on baking properties of a flour, yeast, a course of technological process and quality of bakery products is studied.

Ключевые слова: пшеничная мука, экстракт, функциональные, технологические свойства, качество, биологически активные вещества.

В условиях постоянно возрастающей конкуренции, увеличения числа игроков на рынке каждое хлебопекарное предприятие стремится придать своей продукции эксклюзивности, узнаваемости при сохранении лучших традиционных органолептических показателей. Одним из путей повышения интереса потребителей к своей продукции наряду с приданием особых отличительных вкусовых и ароматических качеств в условиях ухудшения экологической ситуации, увеличения эмоциональных и нервных нагрузок на человека все актуальней становится повышение пищевой ценности хлебобулочных изделий, содержания биологически-активных веществ (БАВ) за счет использования безопасного природного сырья. В качестве перспективных источников биологически активных веществ: витаминов, минеральных веществ, фенольных соединений, обладающих антиоксидантными, антибактериальными, фунгицидными свойствами, многие десятилетия рассматриваются продукты переработки плодов и овощей, а в последние годы особое внимание уделяется пряно-ароматическим и лекарственным растениям. Последние характеризуются многовекторностью положительных качеств (рис. 1), что делает их перспективными для создания функциональных продуктов питания, в т.ч. и хлебобулочных изделий.

Поэтому пряно-ароматические и лекарственные растения, которые сочетают в себе высокую физиологическую ценность, позволяющую придать готовым изделиям целенаправленное воздействие на организм человека, оригинальные вкусовые и ароматические свойства, а также простота внесения в продукт делают их интересными и востребованными для пищевой промышленности в целом, и хлебопекарной промышленности в частности. Кроме того, водные экстракты этих растений, по литературным данным, содержат значительное количество БАВ в доступной усвояемой форме. Если рассматривать данные экстракты в качестве сырья для хлебопекарного производства, то также важно учитывать влияние комплекса БАВ на состояние микрофлоры теста, ход технологического процесса и качество готовых изделий с точки зрения интенсификации приготовления теста, возможности повышения хлебопекарных свойств муки и т.д. А их бактерицидные свойства можно использовать для дополнительного контроля микрофлоры хлебопекарных полуфабрикатов, обеспечения микробиологической безопасности и предотвращения картофельной болезни, плесневения хлеба и других видов микробиологической порчи.

На сегодняшний день эффективным и целесообразным является расширение ассортимента хлебопекарной продукции за счет формирования групп изделий целенаправленного действия, помогающих защитить организм человека от различных вредных факторов. Это могут быть сложная экологическая ситуация в регионе, влияние определенных вредных факторов при выполнении профессиональных обязанностей, огромные психофизиологические, эмоциональные нагрузки, стрессовые ситуации, связанные с чрезмерно активным ритмом жизни, особенно в больших городах и мегаполисах, что ведет к ухудшению

состояния здоровья, появлению нервных расстройств, нарушений сна, возникновений так называемых «болезней цивилизации».



Рис. 1 – Перспективы использования пряно-ароматических и лекарственных растений в хлебопекарном производстве

В таких случаях помогают лекарственные растения, которые используются в медицине, фармакологии и при приготовлении продуктов питания.

С учетом вышесказанного нами была поставлена цель – проанализировать и изучить функционально-технологические свойства водных экстрактов лекарственные и пряно-ароматические трав, содержащих необходимый комплекс БАВ, проявляющих антиоксидантный эффект, антибактериальное и фунгицидное действие.

При выборе добавок из огромного разнообразия пряно-ароматических и лекарственных растений с учетом вышеназванных проблем предпочтение мы отдавали растениям, которые издревле использовались в народной медицине для снятия усталости, повышения иммунитета, нормализации обмена веществ и сна, употреблялись в виде экстрактов отдельно и в составе продуктов питания, напитков.

При этом особое внимание уделяли проявлению свойственных растению приятных вкуса и аромата экстрактов, отсутствию неприятных, лекарственных привкусов.

Проанализировав литературные данные, в качестве объектов исследований были выбраны экстракты эхинацеи, мелисы, ромашки, шалфея, эстрагона, шиповника, а также зеленый чай.

Эхинацея оказывает противовоспалительное и противовирусное действие, проявляет иммунопротекторные свойства, положительно влияет на лимфатическую систему. Настой мелиссы проявляет антисептические свойства, улучшает пищеварение, повышает аппетит и улучшает сон. Ромашка оказывает противовоспалительное, улучшающее аппетит и сон действие. Тонизирует нервную систему, улучшает пищеварение. Традиционное средство при стрессах, тревожности. Шалфей обычно используется как противовоспалительное средство, он стимулирует нервную систему и пищеварительный тракт. Эстрагон содержит много витамина С, биофлавоноидов, каротиноидов, действует успокаивающе на нервную систему, выявлен положительный эффект на желудочно-кишечный тракт, повышает аппетит, улучшает обмен веществ и проявляет противовоспалительный, противоопухолевый эффект. Шиповник богат витаминами А, В3, С, Д, Е, биофлавоноидами, минеральными веществами и органическими кислотами. Напитки из шиповника рекомендуют при плохом самочувствии, усталости, быстрой утомляемости. Зеленый чай уменьшает чувство усталости, улучшает умственную и физическую деятельность, ускоряет процесс выведения липидов из организма, снижая уровень холестерина и улучшая состояние сердечнососудистой системы [1-4].

В научно-практическом центре НАН Беларуси по продовольствию изучены антиоксидантные и антимикробные свойства водных экстрактов данных пряно-ароматических и лекарственных растений. Так, в результате микробиологических исследований выявлено значительное ингибирование роста болезнетворной микрофлоры в присутствии экстрактов ромашки, мелисы, эстрагона, эхинацеи и шалфея, но в наибольшей степени подавление выявлено при использовании экстракта шалфея. Экстракт из плодов

шиповника практически не показал бактерицидных свойств. Все рассмотренные экстракты проявляют антиоксидантный эффект, который убывает в следующей последовательности: шалфей > эхинацея > эстрагон > мелисса > ромашка > шиповник [5]. Известно также, что экстракт зеленого чая проявляет высокие антиоксидантные и защитные свойства, нейтрализует свободные окислительные радикалы в организме человека [1].

Водные экстракты готовили, как установлено ранее проведенными исследованиями, с использованием сухих трав следующим образом: сухие растения измельчали до размеров частиц (2-3) мм, заливали горячей водой температурой (95-100) °С в соотношении 1:40 и настаивали при (85-90) °С в течение 2 ч. Протекание процесса экстракции изучали по содержанию сухих веществ в вытяжке. По окончанию процесса сырье отжимали и отделяли жидкую фазу.

Для приготовления экстракта плодов шиповника, их предварительно высушивали и измельчали. Для приготовление водного экстракта измельченные плоды шиповника заливали горячей водой при гидромодуле 1:20 и кипятили в течение 5 мин. Далее экстракт быстро охлаждали и фильтровали через фильтрующую ткань.

В соответствии с поставленной целью изучали влияние вышеназванных экстрактов на состояние белково-протеиназного комплекса муки по содержанию и качеству клейковины, состояние углеводно-амилазного комплекса по газообразующей способности и интенсивности газообразования, а также на качество готовых изделий. В исследованиях использовалась пшеничная мука со средними хлебопекарными свойствами, о которых можно судить по показателям контрольного образца.

Состояние белково-протеиназного комплекса обуславливает формирование теста с необходимыми структурно-механическими свойствами, оптимальным сочетанием упругости, пластичности, растяжимости, эластичности и вязкости, что должно обеспечить необходимую газо- и формоудерживающую способность у тестовых заготовок, достаточный объем, равномерную и мелкую пористость у готовых изделиях. Для исследования влияние выбранных экстрактов лекарственных и пряно-ароматических растений на эти показатели при замесе теста, предназначенного для дальнейшего отмывания клейковины, воду полностью заменяли исследуемыми экстрактами. В результате установлено незначительное влияние экстрактов на содержание и качество клейковины (табл. 1). Так, при использовании экстрактов шиповника, эстрагона и ромашки выявлено несколько укрепляющее действие, т.е. уменьшение растяжимости и увеличения упругости клейковины. А при использовании экстрактов шалфея, эхинацеи и мелиссы установлен, наоборот, незначительный расслабляющий эффект.

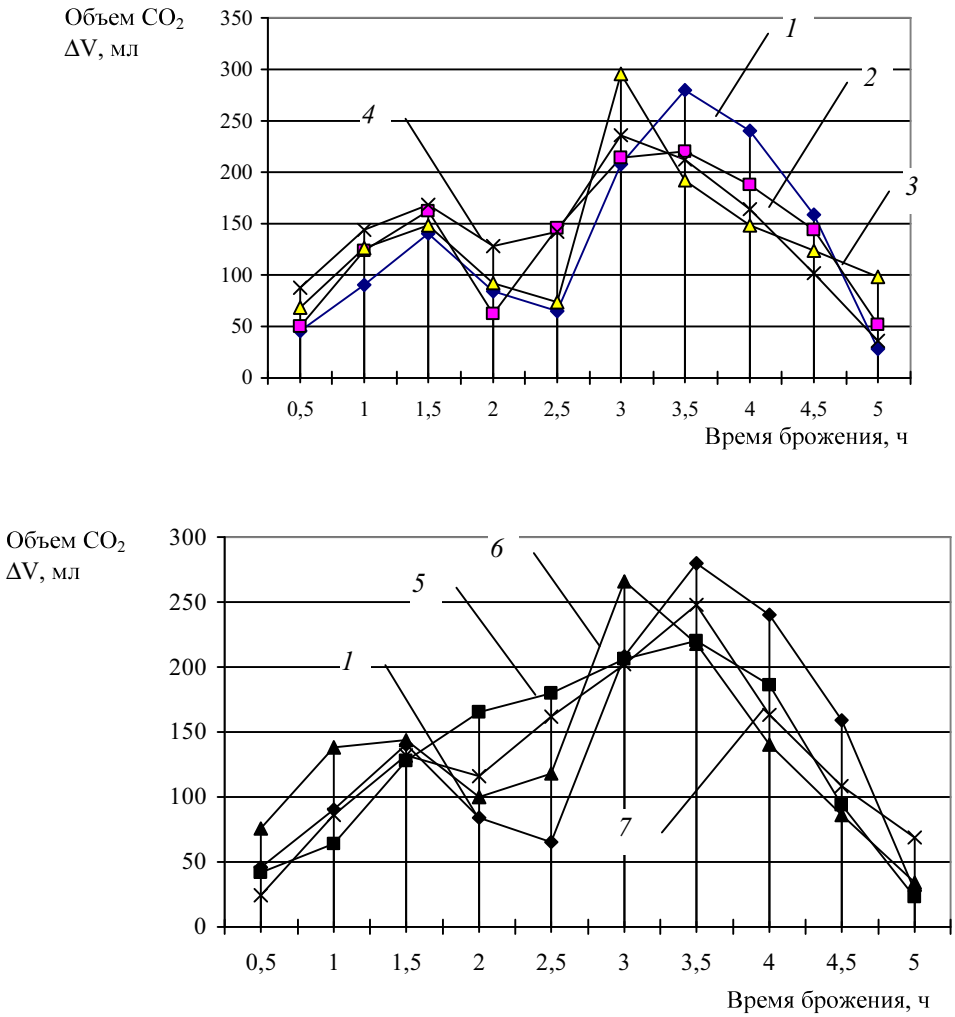
Таблица 1 – Влияние исследуемых экстрактов на силу пшеничной муки по показателям качества клейковины

Наименование показателей	Контроль	Экстракты					
		эхинацеи	шалфея	эстрагона	ромашки	шиповника	зеленого чая
Содержание «сырой» клейковины, %	26,2	26,4	26,2	26,0	26,1	25,4	26,8
Упругость клейковины на ИДК-1, ед. прибора	88	90	96	82	84	80	92
Растяжимость, см	17	17	19	16	17	15	18

От состояния углеводно-амилазного комплекса зависит интенсивность газообразования в тесте, объем, пористость готовых изделий, их вкус, аромат и цвет корки. Процесс брожения в тесте зависит от многих факторов, но одним из наиболее важных является состав муки – содержание моно-, дисахаров, состояние крахмала и активность амилолитических ферментов. В связи с тем, что исследуемые экстракты содержат сахара, органические кислоты, целый комплекс витаминов и минеральных веществ важно исследовать их влияние на показатель газообразующей способности муки и на интенсивность газообразования в тесте. Полученные результаты представлены в табл. 2 и на рис. 2.

Таблица 2 – Влияние исследуемых экстрактов на газообразующую способность пшеничной муки

Наименование показателей	Контроль	Экстракты					
		эхинацеи	шалфея	эстрагона	ромашки	шиповника	зеленого чая
Газообразующая способность муки, $см^3$ CO_2	1340	1352	1366	1420	1308	1320	1310



1 – Контроль; 2 – эхинацея; 3 – шалфей; 4 – эстрагон; 5 – ромашка; 6 – шиповник; 7 – зеленый чай.

Рис. 2 – Влияние экстрактов лекарственных и пряно-ароматических растений на динамику газообразования

Как свидетельствуют приведенные данные, внесение экстрактов эхинацеи, шалфея и, особенно, эстрагона повышают газообразующую способность муки. Причем интенсивней протекает брожение за счет собственных моно- и дисахаров, а максимум газообразования при использовании экстрактов шалфея, эстрагона и шиповника наблюдается на 30 мин раньше, чем в контрольном образце, что, по всей вероятности, связано с их химическим составом. Внесение же экстрактов ромашки и зеленого чая незначительно (соответственно на 2,4 % и 2,2 % по сравнению с контролем) снижает показатель газообразующей способности.

Для комплексного изучения влияния исследуемых экстрактов на хлебопекарные свойства муки, ход технологического процесса и качество готовых изделий провели лабораторную выпечку, для замеса теста в которой заменяли воду экстрактами трав полностью, а экстрактом шиповника – на 50 %, что обусловлено более темным цветом последнего. При этом определяли основные показатели качества теста, свидетельствующие о протекании технологического процесса, и качество готовых изделий, обращая особое внимание на органолептические свойства – вкус, аромат, цвет мякиша и корки, структура пористости. Эти показатели являются основными для потребителей при выборе продуктов питания, с одной стороны,

и могут изменяться с внесением экстрактов, которые характеризуются выраженным оригинальным ароматом и вкусом. Полученные результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Влияние исследуемых экстрактов на ход технологического процесса и качество хлеба из пшеничной муки

Наименование показателей	Контроль	Экстракты					
		эхинацеи	шалфея	эстрагона	ромашки	шиповника	зеленого чая
Тесто:							
- влажность, %	43,2	43,0	43,1	43,0	43,2	43,5	43,4
- кислотность, град начальная конечная	 1,9 3,3	 1,9 3,4	 1,8 3,5	 1,9 3,6	 1,5 3,0	 2,1 3,8	 1,6 3,2
Готовые изделия:							
- органолептическая оценка:							
состояние поверхности	*гладкая, без трещин и надрывов*						
окраска корки	*равномерная, светло-золотистая*	*равномерная, темно-золотистая*	*равномерная, светло-коричневая*	*равномерная, светло-коричневая*	*равномерная, светло-золотистая*	*равномерная, светло-коричневая*	*равномерная, светло-коричневая*
форма	*правильная, не расплывчатая, не мятая*						
эластичность мякиша	*эластичный, после легкого надавливания пальцем принимает первоначальную форму*						
цвет мякиша	*светлый с легким кремовым оттенком*	*светлый с более темным кремовым оттенком*	*светлый с легким кремовым оттенком*	*светлый с кремовым оттенком, напоминающим сдобное тесто*	*светлый с легким золотистым оттенком*	*светлый с легким темно-кремовым оттенком, напоминающим сдобное тесто*	*светлый с более темным кремовым оттенком*
характеристика пористости	*равномерная, тонкостенная, развитая*						
вкус, аромат	*свойственный пшеничному хлебу, без посторонних*	*свойственный пшеничному хлебу, с легким привкусом данных трав*		*приятный, свойственный хлебу с выраженным привкусом и ароматом эстрагона*	*свойственный пшеничному хлебу, с уловим привкусом ромашки*	*свойственный пшеничному хлебу, без посторонних*	
- физико-химическая оценка:							
влажность, %	41,9	42,2	42,0	42,3	41,8	42,2	42,1
кислотность, град	2,9	3,0	3,2	3,2	2,7	3,3	2,8
пористость, %	71	71	70	72	68	70	69
удельный объем, см3/г	2,97	2,94	2,86	3,03	2,69	2,85	2,8
формоустойчивость, H/D	0,42	0,4	0,38	0,45	0,41	0,5	0,48

Проанализировав полученные данные, можно сказать, что исследуемые образцы не ухудшают органолептические и физико-химические показатели качества готовых изделий, что свидетельствуют о целесообразности использования данных экстрактов в хлебопекарном производстве. Причем эстрагон, шалфей, ромашка придают изделиям приятный привкус и аромат, который будет уместен и в булочных, и в сдобных изделиях. Экстракт шиповника вызывал некоторое потемнение мякиша хлеба, поэтому целесообразна разработка приемов маскировки оттого эффекта при использовании для изделий из пшеничной муки, или разработка технологии его использованию для ржано-пшеничных или ржаных изделий.

Таким образом, проанализировав результаты исследований, можно сделать вывод о целесообразности использования экстрактов лекарственных и пряно-ароматических трав для расширения ассортимента хлебопекарной продукции, повышения её пищевой ценности. В ходе дальнейших исследований целесообразно изучить влияние данных экстрактов на состояние и развитие полезной и посторонней микрофлоры хлебопекарных полуфабрикатов, на качество готовых изделий при хранении, а также возможности предотвращения картофельной болезни и других видов микробиологической порчи.

Литература

1. Рисман М. Биологически активные пищевые добавки. Неизвестное об известном. Справочник. – М.: «Арт-Бизнес-Центр», 1998. – 487 с.
2. Биологически активные вещества пищевых продуктов. Справочник / В.В. Петрушевский, В.Г. Гладких, Е.В. Винокурова и др. – К.: Урожай, 1992. – 192 с.
3. Мамчур Ф.І. Овочі і фрукти в нашому харчуванні. – Ужгород: Карпати, 1988. – 197 с.
4. Ковалева Н.Г. Лечение растениями. Очерки по фитотерапии. – М.: «Медицина», 1972. – 349 с.
5. Колядич Е.С, Павловская Л.М., Лилишенцева А.Н. и др. Антиоксидантные и антибактериальные свойства водных экстрактов пряно-ароматических и лекарственных растений. – Минск: Вести национальной академии наук Беларуси, № 1, 2009. – с. 106-109.

УДК 637.147:613.262

ВИКОРИСТАННЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО НАПІВФАБРИКАТУ НА ОСНОВІ ЗНЕЖИРЕНОГО МОЛОКА В ТЕХНОЛОГІЇ ОЗДОБЛЮВАЛЬНИХ КРЕМІВ

Гніцевич В.А., канд. техн. наук, доцент, Вольнова Н.В., аспірант
Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського

У статті наведено результати досліджень з розробки багатофункціонального напівфабрикату на основі знежиреного молока з використанням екстракту кореня солодки. Розглянуті достоїнства розробленого напівфабрикату і асортимент кондитерської продукції на його основі.

In the article the results of researches of development of multifunction food-staff product are resulted on the basis of fat free milk with the use of extract of root of solodka. Dignities of the developed food-staff product and assortment sweet-products are considered from him.

Ключові слова: знежирене молоко, екстракт кореня солодки, багатофункціональний напівфабрикат, кондитерські вироби, оздоблювальні напівфабрикати.

Кондитерські вироби займають особливе місце в харчуванні людини. Це продукти високої калорійності, які легко засвоюються, відрізняються високими смаковими якостями. В основному вони є джерелом вуглеводів і жирів. Проте досить часто вміст найважливіших мікронутрієнтів у них залишається на низькому рівні.

Вирішення цієї проблеми пов'язане зі створенням і активним впровадженням у сучасну структуру харчування фізіологічно функціональних продуктів, які не тільки могли б знижати калорійність продукції та сприяти підвищенню харчової цінності виробів, але й ефективно захищати організм від негативної біологічної й техногенної дії довкілля.

Розширення вітчизняного виробництва збагачених продуктів харчування, у тому числі кондитерських виробів – одне з найважливіших завдань державної політики у сфері здорового харчування України. Вирішенням цих завдань зараз займаються багато вчених, таких як Банова С.І., Дідух Н.А., Просеков О.Ю. та ін. [1, 2, 3].

В даний час актуальним є створення продуктів підвищеної харчової цінності, які одночасно володіли б і фізіологічними властивостями, і здатні були проявляти властивості технологічних харчових добавок. При цьому необхідно враховувати принципові тенденції в створенні продуктів харчування нового покоління, направлені на можливість їх тривалого зберігання та прискореного приготування.

Широке використання в кондитерській промисловості розробленого напівфабрикату на основі знежиреного молока з використанням екстракту кореня солодки дозволить не лише збагатити харчовий раціон населення повноцінним білком, незамінними амінокислотами, мінеральними речовинами, харчовими волокнами, але й знизити собівартість кондитерських виробів.

Корінь солодки підтримує захисні сили організму в сезон вірусних інфекцій, не дає розвинутися або загостритися хронічним захворюванням, допомагає зістресом і перевтомою, незамінний в період одужання після затяжних хвороб, при хронічній втомі, неповноцінному харчуванні. Солодка та препарати з неї сприяють зниженню калорійності виробів, володіють гепатопротекторними і гіпохолестеринемічними характеристиками, є високоефективними адаптогенами й антиоксидантами, проявляють біфідогенну активність.

Використання екстракту кореня солодки при виробництві оздоблювальних кремів забезпечить скорочення тривалості технологічних стадій, скорочення виробничих площ і енергоресурсів, підвищення стабільності системи і поліпшення якості готової продукції. До того ж солодка має інсуліногенний ефект і ліпотропні властивості, тому вироби набувають дієтичних властивостей.

Метою статті є обґрунтування використання молочно-рослинного напівфабрикату в технології кондитерської продукції.

Розроблений напівфабрикат являє собою суху суміш, однорідної консистенції, без зайвих домішок із молочно-солодкуватим присмаком, із вмістом сухих речовин (90…95) %. Напівфабрикат легко відновлюється, після чого рецептурна суміш має властивості, характерні для неї до сушіння. Принципова схема відновлення напівфабрикату наведена на рисунку 1.

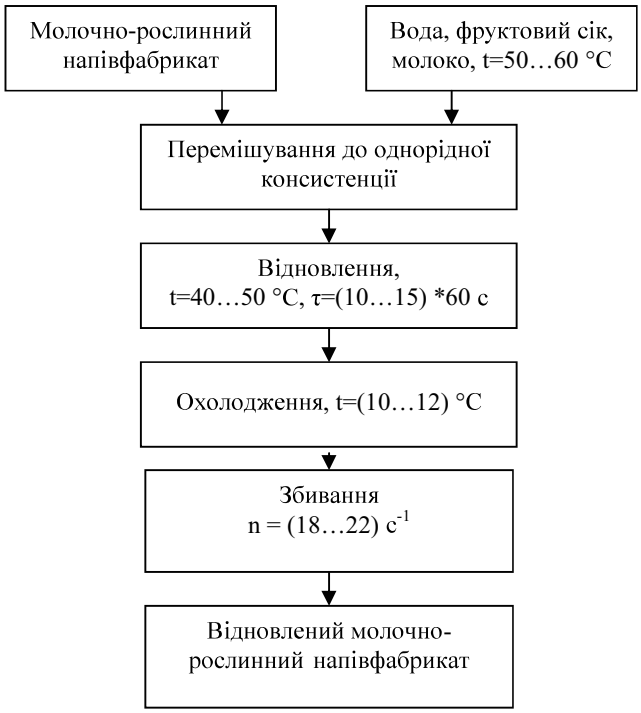


Рис. 1 – Загальна принципова схема відновлення молочно-рослинного напівфабрикату

Швидкість і повнота розчинення напівфабрикату залежить від властивостей продукту, способу і режиму відновлення, властивостей і параметрів середовища (рідкої основи), у якому здійснювався процес відновлення.

Для відновлення напівфабрикату використовували питну воду, фруктові соки та молоко.

На рисунку 2 представлені дані, що характеризують відносну швидкість розчинення напівфабрикату у рідкій основі з температурою від 10 °С до 50 °С.

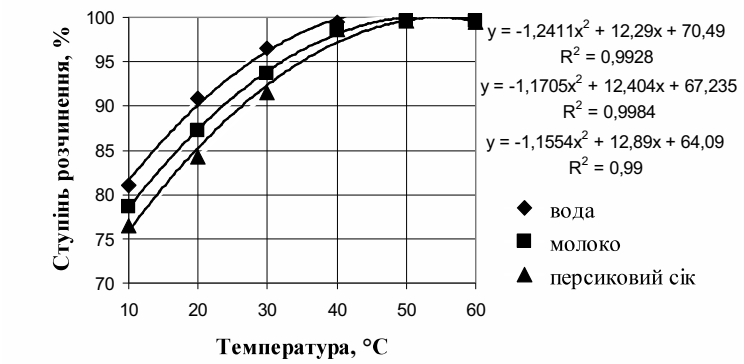


Рис. 2 – Вплив температури рідини на відносну швидкість розчинення напівфабрикату

Наведені дані свідчать, що ступінь розчинення залежить від виду і температури рідини.

Краща розчинність напівфабрикату спостерігалась при використанні як рідкої основи води, для персикового соку характерні найнижчі ступені розчинності у вказаному температурному інтервалі, а розчинність у молоці має проміжні характеристики.

Найменший ступінь розчинення спостерігається при 10 °С і дорівнює (76…81) %. При збільшенні температури до 40 °С рідини ступінь розчинення швидко зростає, а в інтервалі температур (40…60) °С процес сповільнюється. Повне розчинення напівфабрикату в усіх рідинах спостерігається при температурі (50…60) °С. Тому згідно з отриманими експериментальними даними є доцільним використовувати для відновлення рідину з температурою (50…60) °С.

Кількість рідини, необхідної для відновлення напівфабрикату, була визначена експериментально шляхом вивчення піноутворювальної здатності та стійкості піни збитих систем на основі молочно-рослинного напівфабрикату. У якості контролю обрано страви та вироби, виготовлені за традиційною технологією [4, 5]. Суміш молочно-рослинного напівфабрикату та води проявляє максимальний рівень піни (390 %) при співвідношенні компонентів відповідно 1:8…1:10. У цьому випадку концентрація стабілізатора дорівнює (1,3…1,0) %.

Для приготування вершкового крему відновлений напівфабрикат дозували у кількості (40, 45, 50, 55, 60) % . Збільшення дозування відновленого напівфабрикату від 40 до 55 % зумовлює збільшення комплексної органолептичної оцінки; при подальшому збільшенні дозування органолептична оцінка знижається. Таким чином, найвищі оцінки отримали суміші з вмістом відновленого напівфабрикату (50 і 55) % .

На основі порівняльного аналізу органолептичних показників збитих систем було орієнтовно визначено дозування відновленого напівфабрикату для приготування різних страв та виробів:

— для оздоблювального напівфабрикату типу масляного крему – (50…55) %;

— для оздоблювального напівфабрикату типу білкового крему – (80…85) %.

Для обгрунтування параметрів приготування оздоблювальних напівфабрикатів на основі відновленого напівфабрикату були вивчені залежності збитості та стійкості піни кремів від тривалості та швидкості збивання.

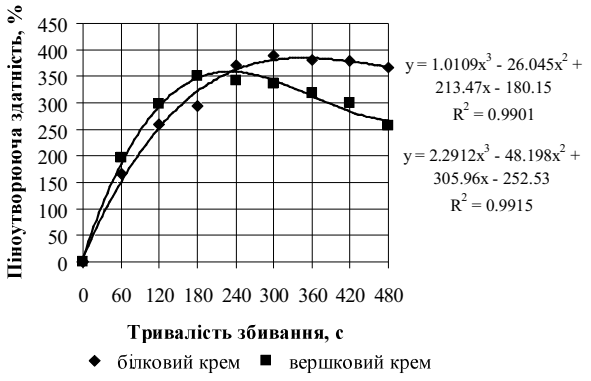


Рис. 3 – Залежність збитості кремів на основі відновленого напівфабрикату від тривалості збивання

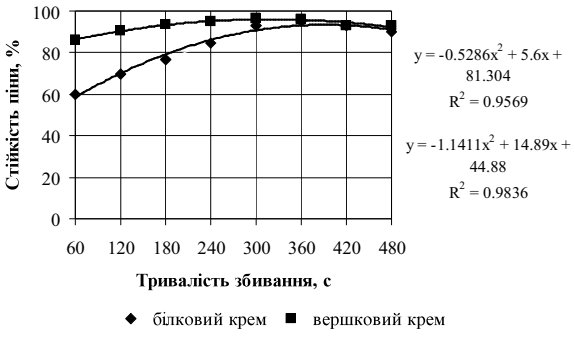


Рис. 4 – Залежність стійкості піни кремів на основі відновленого напівфабрикату від тривалості збивання

Згідно з рисунками 3 і 4 вершковий крем на основі відновленого напівфабрикату характеризується менш збитою, але більш стійкою структурою. Для вершкового крему рецептурну суміш доцільно збивати протягом (3…4) хв, при цьому спостерігається максимальне піноутворення 340 %, стійкість піни дорівнює (95…98) %. Для білкового крему утворення максимального об'єму піни відбувається при збиванні суміші протягом (5…6) хвилин, стійкість піни рівна (90…95) %.

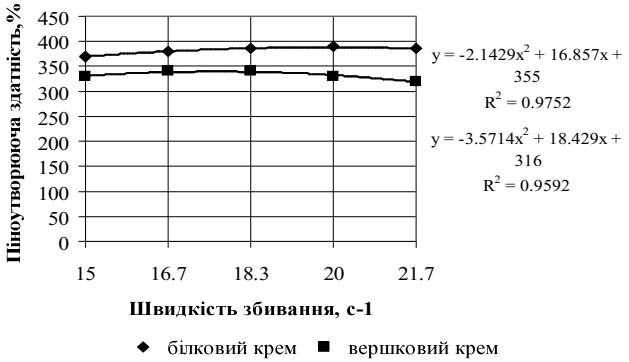


Рис. 5 – Залежність збитості кремів на основі відновленого напівфабрикату від швидкості збивання

Як видно з рисунку 5, білковий крем краще збивати при швидкості (1200…1300) об/хв, оскільки при збільшенні швидкості збивання піноутворювальна здатність системи зростає. Для вершкового крему максимум піноутворення спостерігається при швидкості збивання (1000…1200) об/хв.

Таким чином, раціональними параметрами збивання є:

— для білкового крему t = (5…6) хв, n = (1200…1300) об/хв;

— для вершкового крему t = (8…10) хв, n = (1000…1200) об/хв.

Розроблений напівфабрикат характеризується вищими, порівняно з контролем, оцінками органолептичних показників. Слід відзначити покращення таких характеристик, як однорідність консистенції, натуральність кольору, смаку, запаху, згідно з даними, наведеними на рисунку 6.

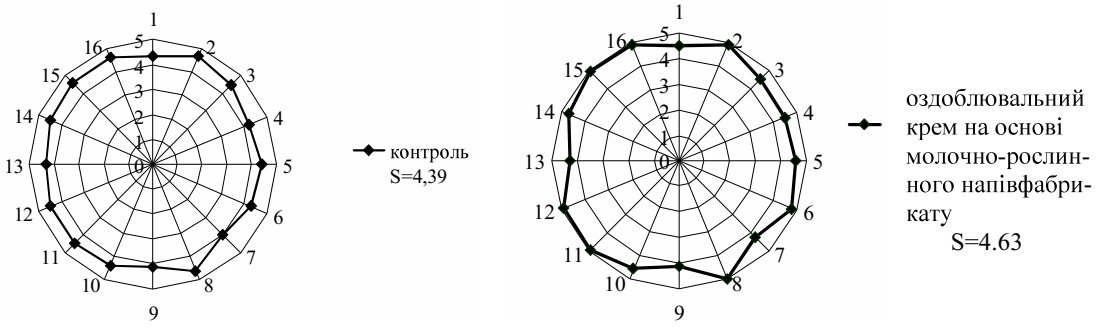


Рис. 6 – Органолептичні профілі оздоблювального крему, виготовленого за традиційною технологією та на основі розробленого напівфабрикату

Отримані результати були покладені в основу технологічного процесу виробництва солодких страв та оздоблювальних напівфабрикатів на основі молочно-рослинного багатофункціонального напівфабрикату.

Висновки

Отже, розроблений напівфабрикат є багатофункціональним, оскільки зміна параметрів технологічного процесу дозволяє на його основі отримати досить широкий асортимент солодких страв, оздоблювальних напівфабрикатів – типу білкового крему, типу масляного крему.

Використання цього напівфабрикату на підприємствах ресторанного господарства дозволить розширити асортимент продукції, підвищити її якість, знизити стадійність технологічного процесу, надасть можливість використовувати дані страви у дієтичних та лікувально-профілактичних закладах.

Література

1. Банова, С.И. Совершенствование технологи сбивных кондитерских изделий [Текст] : дис. … кандидата техн. наук : 05.18.01. – Одесса, 2003. – 261с.
2. Дідух, Н.А. Використання коренів солодки голої у виробництві молочних продуктів оздоровчого призначення [Текст] / Н.А. Дідух, С.І. Вікуль // Молочна промисловість. – 2006. – №4. – С. 38-40.
3. Просеков, А.Ю. Теоретическое обоснование и технологические принципы формирования молочних пенообразных дисперсных систем [Текст] : дис. … доктора техн. наук : 05.18.04. – Кемерово, 2004. – 353 с.
4. Барановский В.А., Перетятко Т.И. Кондитер: Учеб. пособие. – Ростов н/Д: Феникс, 2001.
5. Сборник технологических карт на блюда и кулинарные изделия для заведений ресторанного хозяйства [Текст] / А.М. Беляева. — К. : издательство А.С.К., 2007. – 1248 с. – ISBN 978-966-319-140-9.

УДК 664.64.016

ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БОРОШНЯНО-ЗЕРНОВОЇ СУМІШІ ЗАДАНОГО ХІМІЧНОГО СКЛАДУ

Арсиненко Н.О., аспірант, ст. викладач ЛДКХПП, Арсеньєва Л.Ю., д-р.техн.наук, проф.
Національний університет харчових технологій м. Київ

Проведено аналіз технологічних властивостей борошняно-зернової суміші «Гармонія», розробленої авторами для хлібопекарського виробництва. Визначено водопоглинальну здатність, крупність суміші, її цукроутворюючу та газоутворюючу здатність, активність амілолітичних і протеолітичних ферментів.

The technological properties of flour and grain mix "Harmony" for bread making are tested and analyzed. The grain-size distribution, the ability of mix to produce carbon dioxide and reducing simple carbohydrates, the amylolytic and proteolytic enzymes' activity are determined.

Ключові слова: суміш «Гармонія», крупність, водопоглинання, цукри, газоутворення, ферменти.

За рахунок споживання хліба людина майже наполовину задовольняє свою потребу у вуглеводах, на третину – в білках, більш ніж на половину – у вітамінах групи В, солях фосфору та заліза. Але хімічний склад хлібних виробів недосконалий і потребує збільшення кількості та ступеня збалансованості найважливіших нутрієнтів.

Для підвищення харчової та біологічної цінності, поліпшення смакових якостей хліба актуальним є розроблення композиційних борошняно-зернових сумішей. Проте підбір інгредієнтів сумішей, їх кількісне співвідношення найчастіше не обґрунтовано з точки зору оптимальності харчування. Отже, актуальним завданням є застосування наукового підходу до складання композитних сумішей для отримання хліба зі збалансованим складом, адже під час проектування функціональних хлібобулочних виробів має бути врахована потреба різних груп населення в окремих нутрієнтах.

За допомогою програмного комплексу «Optima» [1] нами розроблена борошняно-зернова суміш «Гармонія» (патент України на корисну модель № 46539), що складається з 11 компонентів [2]. Така рецептурна суміш підвищує харчову цінність хліба: збільшує кількість і якість білка, поліпшує склад ліпідів, збагачує продукт вітамінами та мінералами. Але значна кількість інгредієнтів, що входить у цю рецептурну композицію, є нетрадиційною для хлібопечення сировиною.

Метою наших досліджень було визначення технологічних властивостей розробленої суміші, що є необхідним підґрунтям для розроблення технології хліба з її використанням.

Рецептуру нового хліба розробляли на базі хліба пшеничного другого сорту, тому порівнювали технологічні властивості суміші «Гармонія» і борошна пшеничного другого сорту.

Хлібопекарські властивості борошна визначають за станом вуглеводно-амілазного та білково-протеїназного комплексів. Важливе значення також мають пов'язані між собою крупність помелу та водопоглинальна здатність борошна.

Водопоглинальну здатність (ВПЗ) визначали таким чином. Готували водну суспензію сировини з гідромодулем 5, перемішували в змішувачі 1хв при $50с^{-1}$, ставили у термостат на 20 хв при температурі 30 °С, центрифугували 5 хв при 4 тис. $хв^{-1}$, зливали фугат, випарювали і визначали *ВПЗ,* % СР, за формулою:

$$ВПЗ = \frac{В - (Ф - m)}{\frac{M(100 - w)}{100} - m} \cdot 100 \quad (1)$$

де В – маса води, яку вливали у центрифугальну пробірку, г;
М – маса наважки продукту, яку вносили у центрифугальну пробірку, г;
Ф – маса фугату, г;
w – масова частка вологи продукту, %;
m – маса сухих речовин у фуґаті, г:

$$m = Ф \cdot СР_ф / 100 \quad (2)$$

$СР_ф$ – вміст сухих речовин у фуґаті, %.

Для визначення крупності борошна пшеничного другого сорту аналіз проводили на ситах згідно ГОСТ 46.004-99, для решти сировини підбирали сита залежно від розміру частинок.

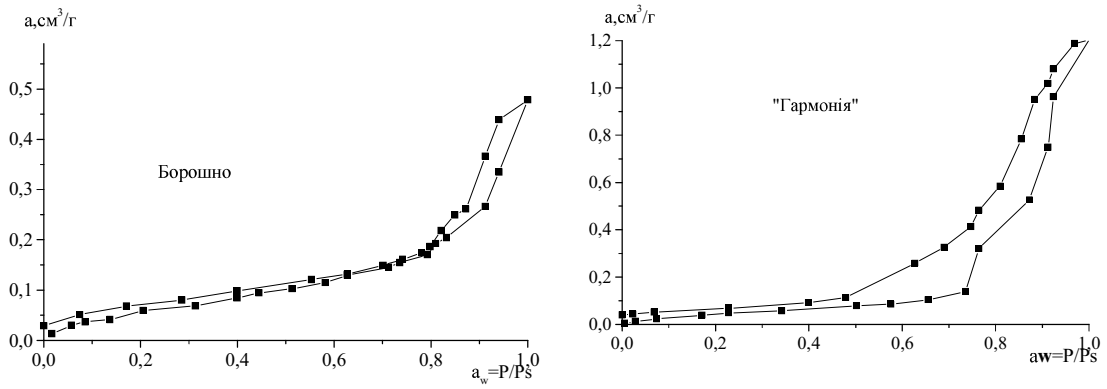
За результатами визначення (табл.1), найбільшу водопоглинальну здатність мають: клейковина пшенична суха, білок молочний сухий, зерно сої дроблене, білок яєчний сухий і ячмінне борошно. У цілому, суміш «Гармонія» має на 49 % більшу водопоглинальну здатність, порівняно з борошном пшеничним другого сорту, і на 7,4 % більшу, ніж суміш разом з борошном другого сорту у співвідношенні 40:60.

Таблиця 1 – Фізико-хімічні характеристики складових суміші «Гармонія»

Назва сировини	Масова частка вологи, %	Розмір частинок, $d \cdot 10^{-3}$ м	Водопоглинальна здатність, % СР
Борошно ІІ сорту	12,0±0,5	0,03…0,15	120,6±2,5
Клейковина пшенична суха	6,5±0,5	0,03…0,15	399,4±4,0
Борошно кукурудзяне	14,0±0,5	0,16…0,20	190,5±2,5
Борошно ячмінне	11,0±0,5	0,16…0,20	209,2±2,5
Зерно сої дроблене	6,0±0,5	1,0…2,5	255,6±4,0
Зародки смажені	2,5±0,5	1,0…2,0	173,4±2,5
Насіння льону	7,0±0,5	1,0…2,0	152,1±2,5
Насіння соняшнику	6,0±0,5	3,0…4,5	87,4±2,0
Сироватка молочна суха	4,0±0,5	0,03…0,16	50,6±1,5
Пластівці вівсяні	9,5±0,5	3,0…4,5	180,1±3,0
Білок яєчний сухий	9,0±0,5	0,16…0,20	239,5±4,0
Білок молочний (казеїн) сухий	9,0±0,5	0,15…0,20	265,3±4,0
Суміш «Гармонія»	8,0±0,5	0,95…1,05	180,0±3,0
Борошно пшеничне ІІ сорту (60%) + суміш «Гармонія» (40%)	9,5±0,5	0,3…0,6	166,7±3,0

Як видно з табл.1, при однаковому середньому розмірі частинок борошна пшеничного, сухої сироватки і сухої клейковини їх водопоглинальна здатність суттєво відрізняється. Те ж можна сказати і про вівсяні пластівці та насіння соняшника, зерно сої та зародки пшеничні.

Методи, що дають змогу визначити гідратаційну здатність речовин та їх термодинамічні властивості – це аналіз ізотерм сорбції. Сорбційні характеристики окремих видів сировини і суміші “Гармонія” визначали на сорбційно-вакуумній установці Мак-Бена. Зразки попередньо зневоднювали і здійснювали сорбцію водяної пари до досягнення гігроскопічної вологості. Потім проводили десорбцію в рівноважних умовах. Для порівняння сорбції та десорбції на рисунках приведені дві ізотерми: борошна пшеничного другого сорту (рис.1а) і суміші “Гармонія” (рис.1б).



а **б**

а – борошна пшеничного другого сорту; б – суміші "Гармонія".

Рис.1 – Ізотерми сорбції та десорбції

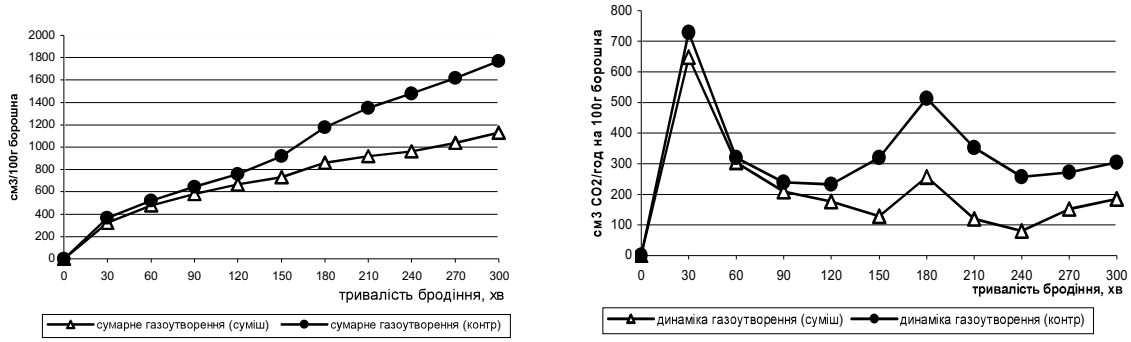
Ізотерми сорбції-десорбції води (рис.1) наведені в координатах: кількість адсорбованої води (***a***) – її активність (a_w), яка безпосередньо зв'язана з відносним рівноважним тиском парів ($a_w=P/P_S$).

Отриманні результати свідчать, що суміш «Гармонія» має у (2,0…2,4) рази вищу гідратаційну здатність, порівняно з пшеничним борошном другого сорту, що суттєво впливає на структурно-механічні властивості тіста. Спостерігається також різний розподіл вологи в суміші та борошні пшеничному, і це пояснює значну липкість тіста, у рецептуру якого входить суміш "Гармонія", після замісу та на початку процесу бродіння.

Оскільки швидкість адсорбції вологи пшеничним борошном і сумішшю «Гармонія» у діапазоні активності води від 0 до 0,7 приблизно однакова, логічно припустити, що компоненти суміші створюватимуть конкуренцію клейковині борошна у поглинанні води під час замісу тіста, що може погіршити його структурно-механічні властивості. У зв'язку з цим доцільним є попереднє гідратування суміші.

Успішний перебіг технологічного процесу значною мірою залежить від цукрів, що є живленням для дріжджових клітин. Незначна частина власних цукрів міститься в борошні та інгредієнтах суміші, а частина утворюється з крохмалю під дією амілаз.

Для визначення спроможності борошна і суміші забезпечити цукрами процеси дозрівання та вистоювання тіста визначалась газоутворююча здатність. Газоутворення – основний показник, що характеризує інтенсивність спиртового бродіння під час приготування тіста. Рівень його залежить від вмісту зброджуваних моно- та дисахаридів, а також від азотистого харчування мікрофлори тіста. З рис.2*а* видно, що суміш «Гармонія» має на (36…40) % нижчу газоутворюючу здатність, ніж борошно пшеничне другого сорту.



а **б**

а – газоутворення за 5 год бродіння; б – динаміка газоутворення

Рис.2 – Графіки виділення діоксиду вуглецю

Аналіз динаміки газоутворення в процесі бродіння (рис.2*б*) вказує на однаковий час зброджування дріжджами власних цукрів і перехід їх на зброджування мальтози – перший і другий екстремум співпадають у часі (30 хв і 180 хв відповідно). Але зменшення на 50 % виділення діоксиду вуглецю на 180-й хвилині вказує на дефіцит цукрів у середовищі з «Гармонією».

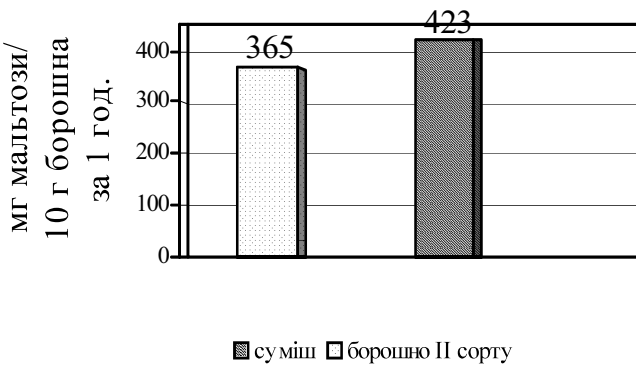


Рис. 3 — Цукроутворююча здатність борошна другого сорту та суміші «Гармонія»

Цукроутворююча здатність зумовлена дією амілолітичних ферментів на крохмаль і залежить від кількості та активності передусім β-амілази, а також від розміру та стану частинок борошна і крохмальних зерен у цих частинках. Результати визначення цукроутворюючої здатності показали, що у суміші накопичується більша кількість мальтози, ніж у борошні другого сорту, на (5…6) % (рис. 3). Але це може бути пов'язано з внесенням власних цукрів у суміші.

Активність α-амілази характеризували за числом падіння (рис. 4). Встановлено, що число падіння суміші "Гармонія" вище, ніж число падіння борошна другого сорту, на (15…16) %. Це може бути пов'язано з меншою активністю α-амілази, а також з високою водопоглинальною здатністю складових суміші.

Таким чином, застосування загальноприйнятих методів для характеристики активності β-амілази ("цукроутворююча здатність") та α-амілази (число падіння) у разі роботи з борошняно-зерновою сумішшю не дає достовірних результатів. У зв'язку з цим у подальшій роботі спиралися на результати, наведені у табл. 2**.** α і β-амілази екстрагували із суміші та визначали їх активність методом взаємодії екстракту з клейстеризованим розчином крохмалю [5]. Встановлено, що α-амілаза суміші на (31…42) % менш активна, ніж α-амілаза борошна пшеничного II сорту, β-амілаза суміші "Гармонія" на 65 % менш активна, ніж у борошні II сорту.

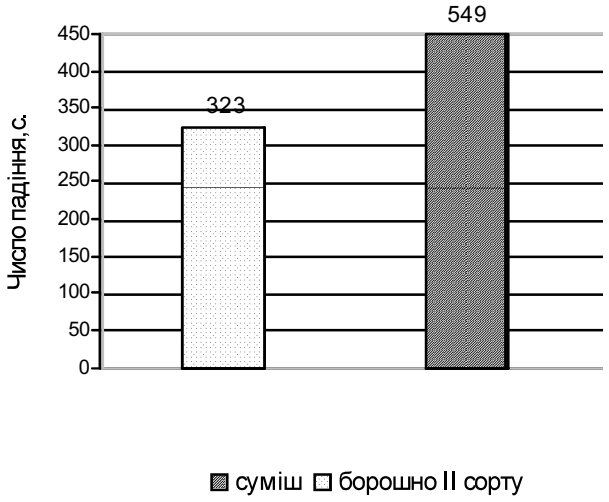


Рис. 4 – Число падіння борошна другого сорту та суміші "Гармонія"

Таблиця 2 – Активність α- і β-амілаз борошна II сорту і суміші "Гармонія", % мальтози до маси крохмалю

Амілази	Борошно другого сорту	Суміш "Гармонія"
α-амілаза - через 1 год експозиції при 50 °С - через 3 год експозиції при 50 °С	 19,2±0,4 23,2±0,6	 11,2±0,4 16,0±0,5
β-амілаза - через 1 год експозиції при 38 °С	 1,80±0,05	 0,63±0,04

Результати досліджень накопичення та зброджування цукрів в тісті з борошняно-зерновою сумішшю і пшеничним борошном II сорту показали (табл. 3), що в тісті з борошняно-зернової суміші початковий вміст мальтози дещо вищий за рахунок внесення власних цукрів суміші. Проте в цьому тісті накопичується на 27,0 % менше цукрів, ніж у контролі, що пояснюється меншою активністю амілолітичних

ферментів. Інтенсивність зброджування цукрів у цьому тісті зменшується на 18,6 %. Таким чином, у тісті з борошняно-зерновою сумішшю процеси накопичення та асиміляції цукрів перебігають повільніше, ніж у контрольному тісті.

Таблиця 3 – Накопичування та зброджування мальтози в тісті, %

Технологічні параметри	Тісто з борошна II сорту		Тісто з борошна II сорту і борошняно-зернової суміші (60:40)	
	з дріжджами	без дріжджів	з дріжджами	без дріжджів
Вміст мальтози: - початковий, - через 3 год бродіння/ автолізу	1,04±0,03 0,90±0,02	0,47±0,02 1,44±0,03	1,48±0,04 1,28±0,03	0,79±0,02 1,51±0,04
Накопичення мальтози, %	–	0,99±0,02	–	0,72±0,02
Зброджування мальтози, %	1,13±0,02	–	0,92±0,02	–

Досліджували активність протеолітичних ферментів в суміші "Гармонія" порівняно з борошном пшеничним другого сорту методом дії водної витяжки протеолітичних ферментів на "чужий субстрат" (10%-й розчин яєчного білка) [3]. Активність протеїназ характеризували за накопиченням вільних амінокислот за 1 год експозиції. Кількість азоту амінокислот визначали методом формольного титрування. Встановлено (табл. 4), що протеолітичні ферменти в суміші на 60 % менш активні, ніж у борошні II сорту. Це має бути враховано під час розроблення технології хлібобулочних виробів з використанням суміші «Гармонія».

Таблиця 4 – Характеристика активності протеолітичних ферментів у борошні II сорту та суміші "Гармонія"

Показник	Борошно пшеничне II сорту	Суміш "Гармонія"
Кількість азоту вільних амінокислот, мг /100г білка	350±53	166±26

Висновки

1. Борошняно-зернова суміш "Гармонія", що складається з 11 компонентів, має на (36…40) % більшу водопоглинальну здатність, ніж борошно II сорту, що пояснюється високою водопоглинальною здатністю її складових.
2. Швидкість адсорбції вологи пшеничним борошном і сумішшю «Гармонія» у діапазоні активності води від 0 до 0,7 приблизно однакова, тому можна рекомендувати окрему попередню гідратацію суміші та борошна перед замісом тіста.
3. Суміш "Гармонія" має нижчу активність технологічно важливих ферментів, порівняно з борошном другого сорту: α-амілази – на (31…42) %, β-амілази – на (60…65) %, протеолітичних ферментів – на (55…60) %. Це необхідно враховувати під час розроблення технології хліба з використанням суміші «Гармонія».

Література

1. Арсеньєва Л.Ю. Наукове обґрунтування та розроблення технології функціональних хлібобулочних виробів з рослинними білками та мікронутрієнтами. Дисертація на здоб. наук. степ. д.т.н./ Наук. консультанти: В.І. Дробот, В.Н. Корзун - К.:2007. – 300 с. НУХТ
2. Арсеньєва Л.Ю., Арсиненко Н.О., Бондар Н.П. Розроблення композитних сумішей для хлібобулочних виробів зі збалансованим хімічним складом //Вісник Харків. НТУСГ ім. П.Василенка. -2008. - Вип.74. - с. 103-111.
3. Ройтер И.М., Демчук А.П., Дробот В.И., Новые методы контроля хлебопекарного призводства – К.: "Техника", 1977. – 192 с.

УДК 664.653.4

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СУХАРНИХ ВИРОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ БРОДИЛЬНО-ФОРМУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ

Арсеньєва Л.Ю., д-р техн. наук, професор, Теличкун Ю.С., канд. техн. наук, асистент, Зарубіна В.С. , магістр
Національний університет харчових технологій, м. Київ

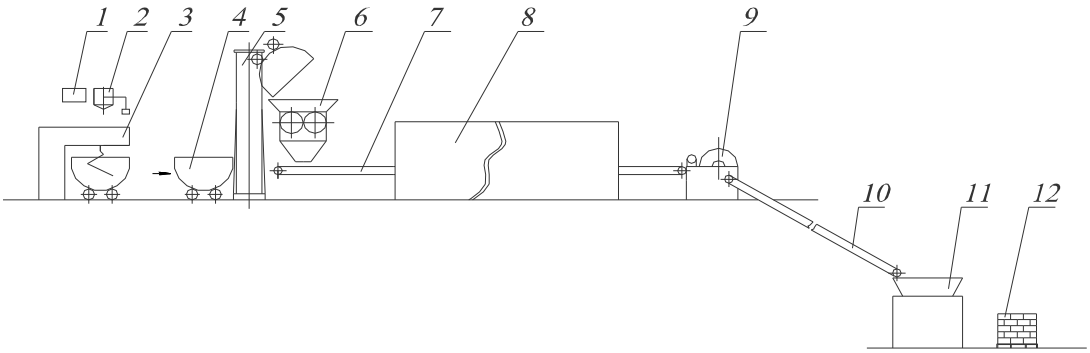
Розроблено технологію сухарних виробів з використанням бродильно-формувального агрегату, де поєднано операції дозрівання, формування та вистоювання тіста в умовах підвищеного тиску та підвищеного вмісту вуглекислого газу у середовищі. Встановлено, що у зазначених умовах уповільнюються процеси спиртового та молочнокислого бродіння. Спостерігається інтенсифікація процесу протеолізу білків тіста. Структурно-механічні властивості тіста покращуються. Оптимальна тривалість перебування тіста у камері бродильно-формувального агрегату становить 20 хв.

Development of rusk goods technology with fermenting-forming aggregate where the operations of ripening, forming and standing of dough are united in the conditions of enhanceable pressure and enhanceable maintenance of carbon dioxide in environment. It is determined that the processes of fermentation are slowed in the noted conditions. There is intensification process of proteinous proteolysis in dough. Structural-mechanical properties get better in dough. Optimal duration of staying dough in camera of fermenting-forming aggregate makes 20 minutes.

Ключові слова: сухарні вироби, екструзія, екструдер, бродильно-формувальний агрегат, підвищений тиск та підвищений вміст вуглекислого газу в середовищі, тістовий джгут.

У сучасних умовах виробництва одним з основних завдань розвитку харчової промисловості є інтенсифікація технологічних процесів та забезпечення належної якості готових виробів. Розв'язанню цього завдання сприяє використання процесу екструзії.

Сухарні вироби користуються широким попитом у населення, проте традиційна схема їх виробництва являє собою досить великий комплекс агрегатів та машин різноманітного призначення. Скорочення кількості технологічного обладнання досягається впровадженням нової, економічно ефективнішої машинно-апаратурної схеми виробництва сухарних виробів з використанням процесу екструзії [1, 2], що розроблена на кафедрі «Машини та апарати харчових виробництв» Національного університету харчових технологій (рис. 1). За такою технологією в одному бродильно-формувальному агрегаті (екструдері) поєднано бродіння та всі операції оброблення тіста, у т.ч. вистоювання [3].



1 – дозатор рідких компонентів; 2 – дозатор борошна; 3 – тістомісильна машина; 4 – діжа для дозрівання тіста; 5 – діжеперекидач; 6 – бродильно-формувальний агрегат; 7 – під печі; 8 – піч; 9 – різальна машина; 10 – транспортер для охолодження сухарів; 11 – пакувальний автомат; 12 – коробки з готовою продукцією.

Рис. 1 – Апаратурно-технологічна схема виробництва сухарних виробів з використанням бродильно-формувального агрегату

Метою дослідження є розроблення технології сухарних виробів для виробництва їх у бродильно-формувальному агрегаті, в якому готове до оброблення тісто подається у закриту герметичну ємкість, де витримується під надлишковим тиском 0,2 МПа, далі за допомогою формуючої матриці, тобто методом холодної екструзії, відбувається формування тістового джгута прямо на під печі без операції вистоювання. За рахунок перепаду тиску на виході з екструдера відбувається розпушення виробів. Загальний вигляд бродильно-формувального агрегату наведено на рис. 2.

Для досягнення мети було поставлено такі завдання:

— дослідити вплив підвищеного тиску та підвищеного вмісту вуглекислого газу у середовищі на перебіг мікробіологічних та біохімічних процесів у тісті, зміни його структурно-механічних властивостей;

— визначити оптимальний час дозрівання тіста у бродильно-формувальному агрегаті до його екструдування;

— оцінити якість готових сухарних виробів;

— визначити економічну ефективність нової технології.

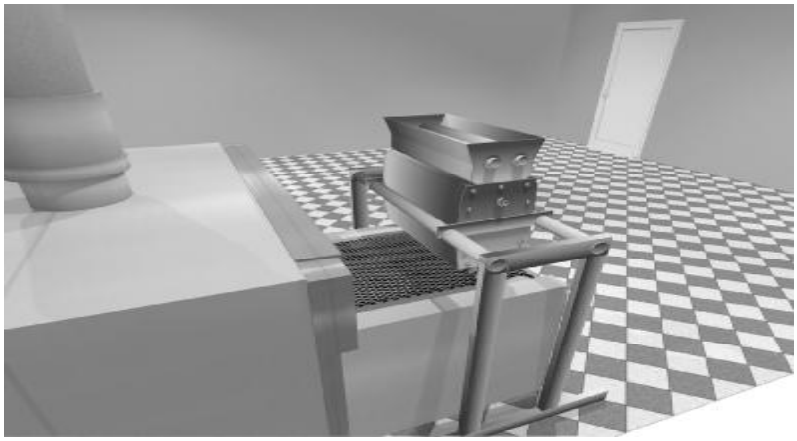


Рис.2 – Загальний вигляд бродильно-формувального агрегату

Перебіг мікробіологічних процесів у тісті під впливом підвищеного тиску та підвищеного вмісту вуглекислого газу в середовищі характеризували за накопиченням спирту, зміною активної та титрованої кислотності, окисно-відновного потенціалу та активністю молочнокислих бактерій.

Перебіг біохімічних процесів у тісті характеризували за накопиченням цукрів, а також за змінами у фракційному складі білкових речовин тіста.

Структурно-механічні властивості тіста оцінювали за збільшенням його питомого об'єму під час дозрівання та властивостями клейковини.

Створити умови бродіння тіста під тиском 0,2 МПа в приладі АГ-1 неможливо, тому інтенсивність спиртового бродіння оцінювали не за накопиченням вуглекислого газу, а за накопиченням спирту у контрольному тісті і тісті, що перебувало під тиском впродовж 2 год бродіння (рис. 3). З діаграми випливає, що у дослідному тісті масова частка спирту на 32 % менша, ніж у контрольному тісті, що дозрівало при звичайних умовах. Це свідчить про уповільнення спиртового бродіння, що може бути наслідком зниження активності дріжджів або зменшення кількості зброджуваних цукрів.

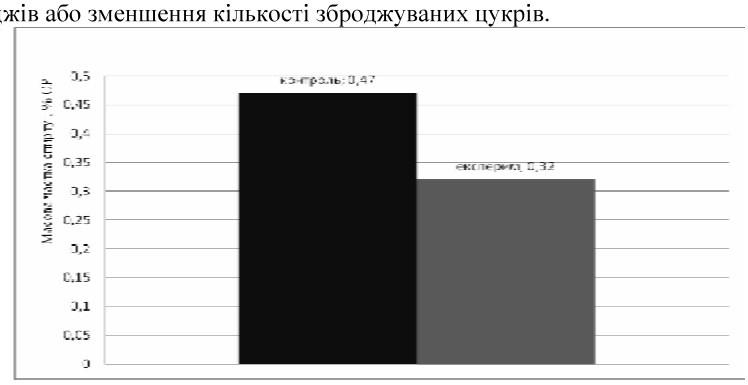


Рис. 3 – Масова частка спирту в тісті через 2 год. дозрівання

Для визначення активності молочнокислих бактерій проводили такий модельний дослід. У тісто вносили сублімовані молочнокислі бактерії у складі препарату лактобактерину з розрахунку 10 доз на кожні 100 г борошна. Тривалість дозрівання тіста становила 3 год. Встановлено (рис. 4), що у тісті, яке знаходилося у бродильно-формувальному агрегаті, активність молочнокислих бактерій на (28…30) % нижча, порівняно з контролем.

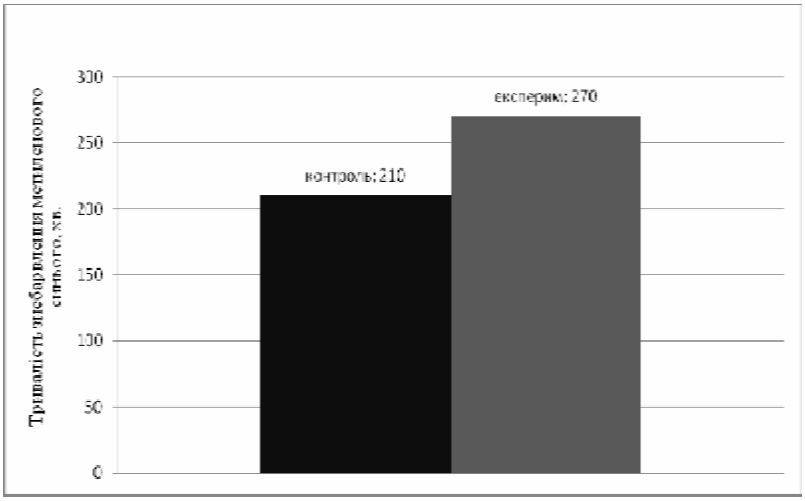


Рис. 4 – Активність молочнокислих бактерій у тісті в умовах підвищеного тиску та підвищеного вмісту вуглекислого газу у середовищі

Отже, підвищений тиск та підвищений вміст вуглекислого газу у середовищі пригнічують життєдіяльність бродильної мікрофлори тіста, що призводить до зниження інтенсивності спиртового та молочнокислого бродіння.

Незважаючи на це, в умовах підвищеного тиску та підвищеного вмісту вуглекислого газу в середовищі дещо підвищується кислотність тіста. На нашу думку, це пов'язано з тим, що тісто дозріває у закритій ємкості під надлишковим тиском. За таких умов вуглекислий газ більшою мірою залишається в тісті у вигляді карбонатної кислоти, що й підвищує кислотність тіста. Зміна титрованої кислотності тіста корелює зі зміною його активної кислотності.

Досліджували також зміну окисно-відновного потенціалу тіста під дією підвищеного тиску та підвищеного вмісту вуглекислого газу у середовищі протягом 3,5 год дозрівання тіста. Дослідження показали, що у тісті, яке дозріває в екструдері, біохімічні та мікробіологічні процеси перебігають повільніше, порівняно з контролем.

З метою вивчення змін у вуглеводно-амілазному комплексі тіста визначали динаміку цукрів в тісті, що перебувало у бродильно-формувальному агрегаті, за інтенсивністю накопичення та зброджування мальтози (табл. 1). Встановлено, що накопичення цукрів у тісті під впливом тиску в 3 рази менше, ніж у контролі, а зброджування уповільнюється на (5…6) %.

Таблиця 1 – Масова частка редукуючих цукрів у тісті в перерахунку на мальтозу, % до маси СР тіста

Тривалість бродіння (автолізу), год	Тісто, що дозрівало	
	при звичайних умовах (контроль)	при підвищеному тиску та підвищеному вмісту CO_2 у середовищі (в екструдері)
Без дріжджів		
0	2,80	2,80
1,5	3,01	2,90
3,0	3,23	2,92
Накопичено	**0,43**	**0,12**
З дріжджами		
0	2,92	2,92
1,5	2,51	1,82
3,0	0,76	0,88
Зброджено	**2,16**	**2,04**

Для характеристики змін у складі білкових речовин тіста визначали загальний азот тіста, сумарний водорозчинний азот, а також азот вільних амінокислот. Результати проведених досліджень (табл. 2) показали, що вміст водорозчинного азоту через 3 год автолізу в тісті, що дозрівало при підвищеному тиску та підвищеному вмісту вуглекислого газу у середовищі (у бродильно-формувальному агрегаті), збільшується на (27…28) % , у т.ч. азоту вільних амінокислот – на (9…10) % порівняно з контрольним зразком.

Таблиця 2 – Вміст окремих фракцій азотовмісних сполук тіста

Фракція		Тісто, що дозрівало	
		при звичайних умовах (контроль)	при підвищеному тиску та підвищеному вмісту CO_2 у середовищі (в екструдері)
Загальний азот, %СР,	поч.	3,06	3,06
	кін.	2,95	2,98
	приріст,%$_{абс.}$	**0,11**	**0,08**
Водорозчинний азот, %СР	поч.	0,102	0,102
	кін.	0,095	0,121
	приріст,%$_{абс.}$	**0,007**	**0,019**
Азот вільних амінокислот, %СР			
	поч.	0,0221	0,0221
	кін.	0,0223	0,0244
	приріст,%$_{абс.}$	**0,0002**	**0,0023**

Такі зміни у фракційному складі азотовмісних речовин тіста, що дозрівало в екструдері, можуть бути зумовлені інтенсивною пептизацією високомолекулярних білків під впливом протеїнази, активність якої, очевидно, зростає; або у разі підвищення тиску та підвищення вмісту вуглекислого газу в середовищі відбуваються такі зміни у структурі білкових молекул, які сприяють гідролізу.

Дослідження властивостей клейковини тіста показали, що підвищений тиск та підвищений вміст вуглекислого газу у середовищі несуттєво знижують вміст сухої клейковини та дещо послаблюють її (показник ВДК збільшується на (6…8) од. пр.).

Для характеристики зміни структурно-механічних властивостей тіста в умовах тиску наважку тіста з бункера відбирали через 20 хв, 40 хв і 60 хв., закладали у циліндр та спостерігали за зростанням його об'єму при атмосферному тиску і температурі 30 ° С. З рис. 5 видно, що зі збільшенням тривалості оброблення тіста тиском 0,2 МПа збільшується його газоутримувальна здатність. Вірогідно, це пов'язано з тим, що клейковинний каркас тіста після дії тиску здатний більшою мірою розтягуватися під впливом вуглекислого газу.

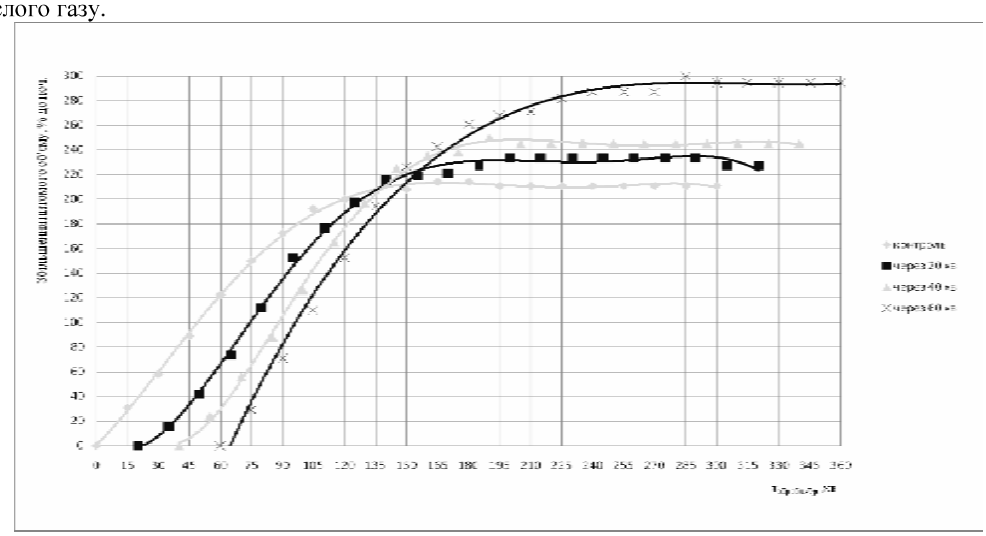


Рис. 5 – Зміна питомого об'єму тіста після дії тиску 0,2 МПа

Для встановлення оптимального часу перебування тіста у камері бродильно-формувального агрегату визначали частку вуглекислого газу в об'ємі тістового джгута. Для цього аналізували різницю густини

тістового джгута без дріжджів і з дріжджами та враховували тривалість перебування тіста в екструдері (рис. 6).

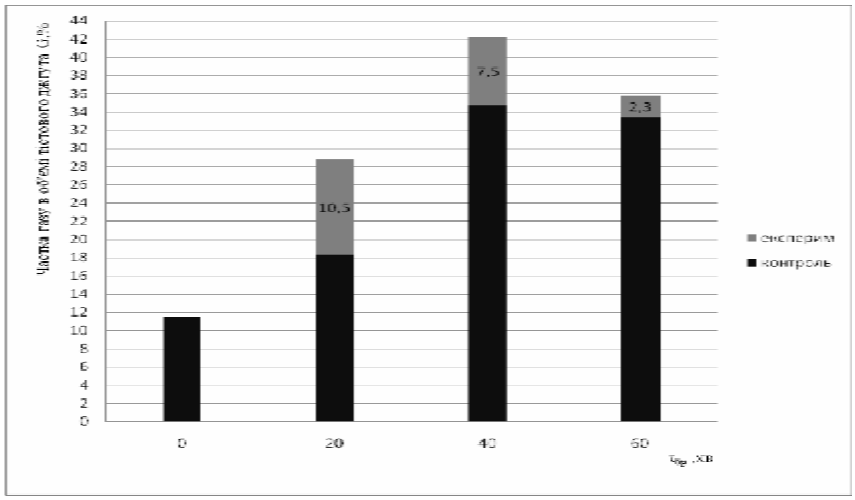


Рис. 6 – Зміна частки газу в об'ємі тістового джгута залежно від часу перебування тіста під тиском у бродильно-формувальному агрегаті

Через уповільнення процесу спиртового бродіння у тісті в умовах підвищеного тиску та підвищеного вмісту вуглекислого газу у середовищі досягти переконливо більшого об'єму тістового джгута, ніж у контрольному зразку, не вдалося. Це збільшення при 40 хв та 60хв становило лише (20…22) % та (5…7) % відповідно. Крім того, у разі збільшення часу дозрівання тіста до 60 хв процес формування тістового джгута ускладнювався, поверхня готових сухарних виробів ставала нерівною, збільшувався розмір пор. Оцінювання отриманих результатів дало змогу стверджувати, що тривалість бродіння тіста під підвищеним тиском у бункері бродильно-формувального агрегату до моменту екструдування слід обмежити 20 хв.

Для оцінки пористості готових сухарних виробів після дії підвищеного тиску та підвищеного вмісту вуглекислого газу у середовищі визначали їх здатність набухати (намокати). Отримані дані показали: коефіцієнт набухання готових сухарних виробів, що формувалися після дії підвищеного тиску протягом 20 хв, та виробів, що формувалися звичайним способом, становить 1,8. Дослідні готові вироби мали дрібну, тонкостінну пористість. Це свідчить про те, що дія тиску протягом 20 хв. не погіршує пористості готових сухарних виробів. При більш тривалій дії підвищеного тиску коефіцієнт набухання зменшувався, а пористість виробів була нерівномірною та товстостінною. Тобто, визначена нами тривалість перебування тіста під тиском у бродильно-формувальному агрегаті 20 хв є оптимальною для того, щоб якість готових виробів не погіршувалася.

Таким чином, застосування запропонованої технології повністю виключає усі операції оброблення тіста, у т.ч. вистоювання тістових заготовок. Це дає змогу скоротити кількість обладнання, передусім – вистійних шаф, кулерів для вистоювання сухарних плит, печей для сушіння сухарів, скоротити виробничі площі на (80…85) %, тривалість технологічного процесу за прискореною технологією на (58…69) %, знизити собівартість продукції на 14 % та організувати безперервне потокове виробництво з мінімальним використанням ручної праці.

Висновки

1. На підставі вивчення впливу підвищеного тиску та підвищеного вмісту вуглекислого газу у середовищі на перебіг біохімічних та мікробіологічних процесів у тісті, зміну його структурно-механічних властивостей розв'язано завдання удосконалення технології сухарних виробів та розроблення нової технології з використанням бродильно-формувального агрегату, де поєднано процеси дозрівання, формування та вистоювання тіста.
2. Оптимальна тривалість перебування тіста під надлишковим тиском у бродильно-формувальному агрегаті до його формування на під печі становить 20 хв. Це дає змогу отримати сухарні вироби, що за якістю та пористістю не поступаються продукції, виготовленій за традиційною технологією.
3. Оцінка якості готових сухарних виробів показала, що дія підвищеного тиску протягом 20 хв не погіршує якість продукції. Збільшення тривалості оброблення тіста тиском призводить до зниження якості готових сухарів.

4. Впровадження запропонованої технології сухарних виробів з використанням бродильно-формувального агрегату дасть змогу отримати додатковий прибуток у розмірі 3132,77 тис. грн (у цінах 2009 року). Термін окупності лінії становить 11 міс.

Література

1. Патент на корисну модель № 24301, Спосіб виробництва сухарів / Теличкун В.І., Теличкун Ю.С., Губеня О.О. Заявлено 13.02.2007, опублік. 25.06.2007, бюл. № 8.
2. Сандул О.О., Теличкун Ю.С., Теличкун В.І. Інтенсифікація процесу екструзії/ Харчова промисловість. – 2006. – Вип. 2. – С. 26 – 29.
3. Патент на винахід 59060А, МПК А21 СВ / 00, Бродильно-формувальний агрегат / Теличкун В.І., Сандул О.О., Череда В.В. Заявлено 11.12.2002, опублік. 15.08.2003, бюл. № 8.

УДК 633.367:[664.647+664.68]

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЮПИНОВОЙ МУКИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ВЕРМИШЕЛИ

Рукшан Л.В., канд. техн. наук, доцент, Кудин Д.А., аспирант
Могилевский государственный университет продовольствия, Могилев, Республика Беларусь

Определены физические, физико-химические показатели и химический состав семян люпина белорусской селекции. Установлено, что люпин семена люпина характеризуются высокой натурой, массой 1000 зерен и размер семян, высоким содержанием белка и высокими потенциальными мукомольными свойствами. Получена односортная мука из семян люпина с разным размером частиц. Оценено качество люпиновой муки. Оценено качество сырой клейковины пшеничной муки при добавлении в нее люпиновой муки. Исследована возможность использования люпиновой муки в производстве вермишели. Определены оптимальные дозировки люпиновой муки. Изучены технологические режимы при производстве вермишели с люпиновой мукой. Оценено качество вермишели. Установлено, что использование люпиновой муки в технологическом процессе производства снижает продолжительность варки вермишели. Установлено, что использование люпиновой муки взамен пшеничной снижает себестоимость вермишели.

Physical, physical and chemical indicators and chemical compound of seeds lupin the Belarus selection are defined. It is established, that lupin seeds are characterised by high nature, weight of 1000 grains and the size of seeds, the high maintenance of fiber and high potential flour-grinding properties. The one-sortable flour from lupin seeds different the size of particles is received. Quality a lupin flour is estimated. Quality wet crude gluten wheat flour is estimated at addition in it a lupin flour. Use possibility a lupin flour in vermicelli manufacture is investigated. Optimum dosages a lupin flour are defined. Technological modes are studied by manufacture of vermicelli with a lupin flour. Quality of vermicelli is estimated. It is established, that use люпиновой torments in technological process of manufacture reduces duration of cooking of vermicelli. It is established, that use a lupin flour instead of the wheaten reduces the vermicelli cost price.

Ключевые слова: люпин, мука, крупность, вермишель, качество.

Макаронные изделия во всем мире являются довольно распространенным продуктом питания, в том числе и в Республике Беларусь. Тенденция к увеличению их производства объясняется относительно низкой стоимостью продукта, простотой его приготовления, хорошей усвояемостью организмом. В последние годы селекционерами Республики Беларусь выведены новые безалкалоидные и малоалкалоидные сорта люпина, народно-хозяйственные показатели которых заслужили высокую оценку [1]. Однако комплексных исследований по оценке технологических свойств семян этих сортов с целью выявления потенциальных областей их использования до настоящего времени не проводилось и на такой вопрос, как какие показатели определяют качество семян люпина, пока нет ответа. В то же время известно, что технологические свойства зерна предопределяют области его использования и характеризуются рядом показателей, определяющих ту или иную продукцию. Поэтому нами проведены исследования в этом актуальном направлении.

Целью исследования явилось выявление возможности использования люпиновой муки для производства макаронных изделий. Для выполнения цели поставлены следующие задачи: изучить качество семян люпина белорусской селекции, определить крупность муки макаронного назначения и использо-

вать эту муки. При исследованиях определялись те показатели качества семян, которые оценивали их мукомольные и макаронные свойства.

Исследованию подвергались такие сорта, как Дзіўны, Першацвет, Ян и Прывабны (урожай 2009 г.), выращенные в условиях сортоучастка г. Жодино (Минская обл.).

Семена люпина размалывали в лабораторных условиях по схеме, позволяющей получить односортную муку разной крупности. Из многочисленного ассортимента макаронных изделий в данном исследовании выбрана вермишель тонкая короткорезанная. Для получения вермишели использовалось сырье, соответствующее требованиям ТНПА. В качестве контрольного образца использовали вермишель, изготовленную из муки высшего сорта. Тесто для вермишели, получаемой по всем вариантам, готовили согласно методике, приведенной в [2-4]. Люпиновую муку вносили при замесе теста для вермишели в количестве 10 %, 15 и 20 % взамен пшеничной муки высшего сорта.

Процесс изготовления вермишели включал в себя следующие основные стадии: подготовка сырья; дозирование ингредиентов; замес теста; уплотнение теста и формование сырых изделий; разделка (резка, обдувка и раскладка или развешивание) сырых изделий; сушка изделий; охлаждение и стабилизация изделий. Для получения вермишели применяли мягкий (влажность теста – 31…32,5%) и теплый (температура воды – 50…55°С) замес теста.

В лабораторных условиях замес и уплотнение макаронного теста, формование изделий производили в шнековом лабораторном прессе МП-1, резка – механически, раскладка на сушильные поверхности – вручную, сушка изделий – в лабораторной сушилке.

При оценке качества семян люпина, муки, сырья, полуфабрикатов и вермишели применяли стандартные методы и методики испытаний [2-4].

В связи с тем, что отсутствуют рекомендации по производству муки и выбору лучшего сорта люпина на первом этапе исследований нами проведено комплексное изучение качества семян люпина.

Отмечено, что предел изменения длины семян люпина равен 6,6±0,6 мм, ширины – 5,6±0,5, толщины – 5,2±0,5, интегрированного показателя крупности – 5,85±0,25 мм, объема семени – 109±13 мм^3, массы 1000 семян – 121±5 г. Гранулометрические и кумулятивные кривые крупности семян люпина представлены на рисунке 1. Видно, что наиболее крупными являются семена люпина сорта Прывабны. Крупность семян сортов Дзіуны, Ян и Першацвет практически одинакова.

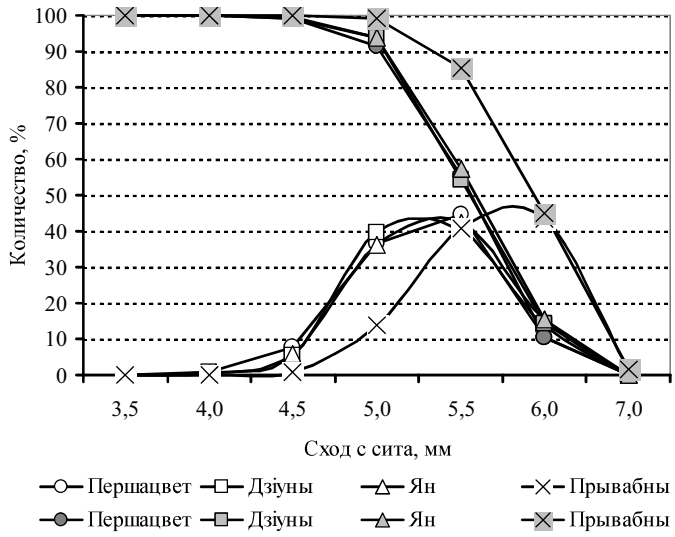


Рис.1 – Гранулометрические и кумулятивные кривые крупности семян люпина

Значения других физических и физико-химических показателей качества зерна изменялись незначительно. Так, предел изменения натуры семян люпина равен 770±6 г/л, массы 1000 семян – 121±4 г, плотности – 1,251±0,004 г/см^3, влажности – 10,6±0,4.

В таблице 1 представлены данные по анатомическому составу исследованных сортов семян люпина. В таблице 2 представлен химический состав исследуемых сортов люпина.

В результате анализа полученных данных сорта Ян и Прывабны выбраны для последующих помолов в муку. В семенах этих сортов содержалось достаточное количество микро- и макроэлементов, в том числе 0,4% фосфора, 0,19 % кальция.

По показателям безопасности семена люпина сорта Ян и Прывабны не выделялись из всех исследуемых сортов и имели значения всех показателей безопасности намного ниже допустимых норм.

Известно, что мука для производства макаронных изделий характеризуется следующими основными показателями: количеством клейковины, содержанием каротиноидных пигментов, содержанием темных вкраплений и крупнотой помола.

Размер частиц муки (гранулометрический состав) оказывает существенное влияние на физические, структурно-механические свойства теста и сырых макаронных изделий. Так, чем меньше размер частиц муки, тем больше их удельная поверхность и, следовательно, водопоглотительная способность. При одинаковом количестве добавляемой при замесе теста воды порошкообразная мука будет давать более вязкое, менее текучее тесто, а крупитчатая мука – более пластичное, более текучее тесто. При этом оптимальное соотношение пластичности и прочности макаронного теста и выпрессовываемых сырых изделий достигается при размерах частиц исходной муки 200…350 мкм.

Таблица 1 – Анатомический состав семян люпина

Культура	Содержание анатомических частей семени, %		
	корень, стебель и почка	семенная оболочка (кожура)	семядоли
Дзіўны	2,20	24,20	73,60
Першацвет	2,10	23,72	74,18
Прывабны	2,08	25,69	72,23
Ян	2,59	23,63	73,78

При использовании хлебопекарной муки, размер частиц которой обычно меньше 150 мкм, достичь этого оптимума вязкопластичных свойств теста можно увеличением влажность теста. Но хлебопекарную муку нежелательно использовать для производства макаронных изделий: связующая способность ее клейковины меньше, чем связующая способность клейковины макаронной муки; она дает больший распыл при транспортировании и образует своды в бункерах; при добавлении большего количества воды при замесе требуется более длительная сушка изделий. Однако с другой стороны, крупка с размером частиц до 500 мкм и более требует меньше воды при замесе по сравнению с мелкой крупкой с размером частиц 200…250 мкм и тем более с хлебопекарной мукой. При современных кратковременных режимах обработки макаронного теста использование такой крупки может привести к ухудшению внешнего вида высушенных изделий. Вследствие рассмотренных различий в водопоглотительной способности муки разного гранулометрического состава и как следствие, в свойствах теста для производства макаронных изделий всегда желательно иметь муку, как можно более выровненную по гранулометрическому составу.

Таблица 2 – Химический состав семян люпина

Культура	Количество, %						
	белок	углеводы				жир	зола
		крах-мал	сахар	клет-чатка	всего		
Дзіўны	32,70	27,44	7,70	11,28	46,42	5,90	3,98
Першацвет	32,45	24,55	7,10	14,38	46,03	7,80	3,52
Прывабны	33,23	23,30	7,30	14,93	45,53	7,10	3,94
Ян	31,93	25,46	7,60	14,24	47,30	6,40	3,77

Для определения оптимального размера частиц получены четыре сорта муки сходом с сит 29 (вариант 1) и 35 (вариант 2), проходом через сита 29 (вариант 3) и 35 (вариант 4). Гранулометрический состав люпиновой муки представлен на рисунке 2. Отмечено, что у люпиновой муки, полученной сходом с сит 29 и 35, средний размер частиц соответственно равен 420 и 414 мкм, а проходом через сита 29 и 35 – 220 и 209 мкм.

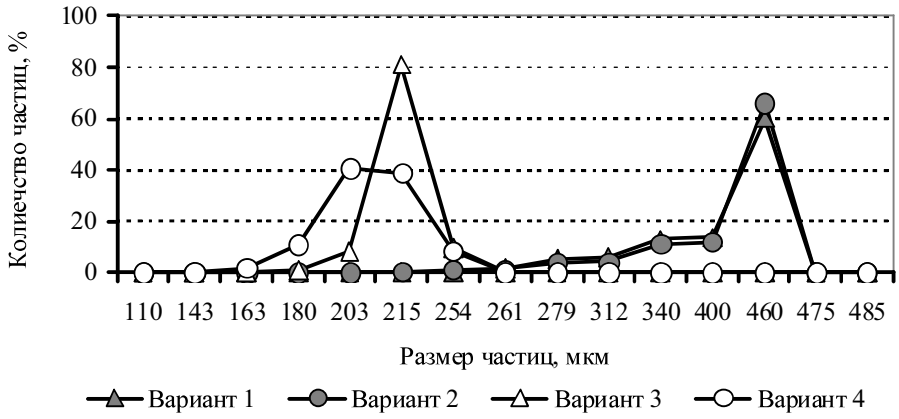


Рис. 2 – Гранулометрический состав люпиновой муки

Оценка качества люпиновой муки показала, что по органолептическим показателям качества она существенно отличается от пшеничной муки. Несмотря на то, что ощущается незначительный привкус и запах, присущий семенам бобовых культур, она имеет привлекательный желтый цвет. Это впоследствии должно положительно сказаться на цвете вермишели.

В связи с тем, что люпиновая мука не традиционна для производства макаронных изделий, то на первом этапе данных исследований определили физические свойства муки, которые в основном характеризуются натурой и сыпучестью посредством угла естественного откоса. Отмечено, что натура люпиновой муки находилась в пределах 509…586 г/л. Угол естественного откоса люпиновой муки составил: сход сита 29…35 град., проход сита 29…31 град., сход сита 35…32 град., проход сита 35…30 град. Это свидетельствует о том, что люпиновая мука является относительно сыпучим компонентом, который можно использовать при изготовлении макаронных изделий.

Особенностями физико-химических свойств муки из семян люпина по сравнению с пшеничной мукой являются более низкая влажность (10,6 %) и высокая кислотность. Она имеет умеренное содержание водорастворимых веществ, значительную щелочеудерживающую способность. Исследуемая люпиновая мука имела 12,5 % белка, 62,5 крахмала, 1,3 жира, 1,8 сахаров и 1,95 % клетчатки.

В таблице 3 приведен ряд определяемых показателей качества люпиновой муки.

Клейковина в макаронном производстве выполняет функции пластификатора (своеобразной смазки, придающей массе крахмальных зерен текучесть) и связующего вещества, соединяющего крахмальные зерна в единую тестовую массу. Первая функция клейковины позволяет формовать тесто, продавливая его через отверстия матрицы, а вторая – сохранять приданную тесту форму. Уникальность клейковины состоит также в том, что сформированный при прессовании теста клейковинный каркас, который удерживает массу крахмальных зерен в выпрессовываемых сырых изделиях, упрочняется при их сушке и варке, т.е. не только не разжижается, а напротив – фиксируется, упрочняется в результате денатурации клейковины.

Таблица 3 – Показатели качества люпиновой муки

Номер варианта помола	СО, мл	ЩУ, %	Кислотность, град.	Автолитическая активность, %
1	63	130	13,1	5,1
2	59	120	13,9	5,1
3	50	125	13,8	5,3
4	58	119	14,7	5,7

При использовании по рецептуре макаронных изделий той или иной добавки происходит уменьшение количества клейковины и ослабление ее свойств. Считается, что оптимальное с технологической точки зрения содержание клейковины равно 28 %.

В таблице 4 приведены результаты определения показателей качества клейковины при добавлении к пшеничной муке высшего сорта люпиновой муки разной крупности в количестве 10 %, 15 и 20 %.

Таблица 4 – Изменение показателей качества клейковины пшеничной муки высшего сорта при добавлении люпиновой муки различной крупности

Показатели	Единицы измерения	Пшеничная мука высшего сорта (контроль)	Количество люпиновой муки, %							
			крупность муки, мкм							
			414	220	420			209		
			10	10	10	15	20	10	15	20
Количество сырой клейковины	%	32,5	28,2	28,0	25,0	25,6	24,5	24,9	22,7	22,4
Упругость сырой клейковины	ед.пр. ИДК	82,5	86,0	86,7	85,5	87,8	88,2	80,7	91,3	90,8
Растяжимость сырой клейковины	см	16,4	15,9	11,9	14,9	14,1	14,1	18,1	11,5	11,1
Эластичность	см/с	6,8	6,5	6,7	5,9	4,5	4,1	6,9	5,7	4,9
Количество сухой клейковины	%	10,6	9,7	10,0	10,2	10,4	10,1	10,0	10,2	10,0
Гидратационная способность	%	224	190	180	145	147	142	150	123	123

Видно, что приводимые дозировки оказали влияние на содержание сырой клейковины, количество которой уменьшалось. Качество клейковины ухудшалось в связи с добавлением люпиновой муки, которая не имеет клейковинообразующих белков. При добавлении люпиновой муки в большем количестве (более 21%) к пшеничной муке высшего сорта клейковина не отмывалась.

Отмечено, что лучшие физико-химические показатели клейковины могут быть достигнуты при использовании двухстадийного замеса теста. Приготовление теста в две стадии осуществляли следующим образом: первая стадия – приготовление теста из пшеничной муки высшего сорта и 2/3 части воды от ее общего количества, необходимой для всего замеса; вторая стадия – добавление люпиновой муки к полученному на первой стадии полуфабрикату и 1/3 части воды от ее общего количества. Это связано с тем, что в первую очередь набухают клейковинные белки пшеничной муки, а затем белки люпиновой муки.

Отмечено также, что с увеличением крупности муки независимо от ее сорта количество сырой клейковины и показатель ИДК несколько увеличиваются. Это можно объяснить тем, что в добавляемой муке содержится большое количество белка.

В таблице 5 представлены показатели качества макаронного теста с внесением люпиновой муки. Видно, что кислотность теста увеличивается в среднем в 1,44 раза, а скорость прессования в 0,93 раза.

Готовую вермишель оценивали по органолептическим (вкус и запах, цвет, состояние поверхности, вид в изломе) и физико-химическим показателям качества (влажность, кислотность).

Установлено, что введение люпиновой муки незначительно влияет на вкус изделий (появляется крахмалистый привкус при большем вводе муки), существенно влияет на изменение их цвета (от белого до желтого). При большем проценте ввода цвет вермишели становился ярче, насыщеннее, причем лучшим цветом обладали образцы, где процент ввода люпиновой муки составлял 15 и 20 %.

Таблица 5 – Показатели качества макаронного теста с внесением люпиновой муки

Показатели	Контроль	Количество люпиновой муки разной крупности, %							
		крупность муки, мкм							
		420	414	220			209		
		10	10	10	15	20	10	15	20
Макаронное тесто									
Кислотность, град.	1,9	3,6	3,6	4,8	4,9	4,9	4,2	4,2	4,5
Скорость прессования теста, мм/с	10,0	10,9	11,1	10,5	10,7	10,8	10,4	10,5	10,7

Запах изделий и их вид в изломе при добавлении люпиновой муки остаются на уровне контрольных образцов.

Физико-химические показатели качества готовой вермишели представлены в таблицах 6 и 7.

Таблица 6 – Изменение влажности и кислотности вермишели с добавлением люпиновой муки

Показатели качества	Контроль	Количество люпиновой муки разной крупности, %							
		крупность муки, мкм							
		420	414	220			209		
		10	10	10	15	20	10	15	20
Влажность, %	8,1	9,8	10,2	9,2	9,0	9,0	9,5	9,3	9,1
Кислотность, град.	0,9	1,8	2,4	1,8	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0

Таблица 7 – Содержание лома и крошки в вермишели с добавлением люпиновой муки

Наименование компонентов	Контроль	Количество люпиновой муки разной крупности, %							
		крупность муки, мкм							
		420	414	220			209		
		10	10	10	15	20	10	15	20
Лом	20,0	4,13	8,40	11,30	9,30	14,90	7,50	7,90	12,60
Крошка	0,40	0,25	0,40	0,30	0,70	0,50	0,40	0,40	0,60

Замечено, что крупность люпиновой муки значительного влияния на исследуемые в данном случае показатели не оказала. Так, при добавлении люпиновой муки наблюдается возрастание кислотности в 1,1…1,3 раза по сравнению с кислотностью контрольного образца, изготовленного из пшеничной муки высшего сорта.

В полученной сухой вермишели металломагнитных примесей не обнаружено.

Варочные свойства макаронных изделий характеризуются следующими показателями: длительностью варки до готовности, количеством поглощенной воды, потерями сухих веществ, прочностью сваренных изделий, степенью слипаемости сваренных изделий.

Продолжительность варки до готовности – показатель, который определяется промежутком времени от погружения изделий в кипящую воду до момента исчезновения мучнистого непроварившегося слоя. Для определения этого показателя при варке вермишели из кастрюли периодически вынимали небольшой отрезок изделий, помещали его между двумя и сдавливали. Исчезновение непроваренного мучнистого «фитиля» свидетельствует о готовности сваренных изделий. Продолжительность варки исследуемых образцов вермишели приведена в таблице 8. Видно, что наименьшую длительность варки имеет вермишель с добавлением люпиновой муки меньшей крупности и в количестве 10 %.

Коэффициент увеличения массы (объема) макаронных изделий косвенным образом характеризует количество поглощенной во время их варки воды. Обычно макаронные изделия нормального качества имеют коэффициент увеличения массы (объема) находящийся в пределах 1,5…2,5. Коэффициент увеличения массы исследуемых образцов вермишели приведен в таблице 8. Видно, что все образцы вермишели, изготовленные с добавлением люпиновой муки, имеют коэффициент увеличения массы в пределах 1,6…1,9, что характерно для макаронных изделий нормального качества.

Количество сухих веществ, перешедших в варочную воду, выражают в процентах к массе сухих веществ, взятых для варки. Для изделий хорошего качества он должен быть не более 6 %, а среднего качества – не более 8 %. Данные о количестве сухих веществ, перешедших в варочную жидкость, при использовании люпиновой муки при производстве вермишели, представлены в таблице 8. Отмечено, что вермишель, изготовленная с добавлением люпиновой муки, имеет незначительные потери сухих веществ (1,3…1,7 %), что связано с повышенным содержанием белка в них.

Таблица 8 – Показатели варочных свойств вермишели с внесением люпиновой муки

Показатели	Контроль	Количество люпиновой муки разной крупности, %							
		крупность муки, мкм							
		420	414	220			209		
		10	10	10	15	20	10	15	20
Длительность варки, с	596	456	510	468	473	473	418	430	433
Коэффициенты увеличения массы	2,00	1,60	1,90	1,74	1,70	1,80	1,70	1,78	1,80
Коэффициенты увеличения объема	1,44	1,17	1,40	1,20	1,12	1,14	1,22	1,20	1,16
Количество сухих веществ, перешедших в варочную жидкость, %	3,0	3,4	3,0	2,6	2,6	2,8	2,8	3,0	3,0

По результатам, представленным в таблицах 5-7, можно судить о положительном влиянии использования люпиновой муки на физико-химические показатели качества вермишели.

Кроме этого, отмечено, что при добавлении люпиновой муки в вермишели увеличивается содержание белка, пищевых волокон, минеральных веществ, при этом калорийность вермишели почти не изменяется.

По результатам экспериментальных данных разработана рецептура вермишели «Люпинка» и экономическим расчетом установлено, что полная себестоимость 1 кг этой вермишели ниже себестоимости контрольного образца вермишели в 1,5 раза.

Выводы

1. Лучшими для производства муки являются сорта люпина Ян и Прывабны.
2. Оптимальная крупность люпиновой муки макаронного назначения находится в пределах 209…220 мкм.
3. Оптимальная дозировка люпиновой муки оптимальной крупности взамен пшеничной муки высшего сорта при производстве вермишели находится в пределах 10…15%.
4. Использование люпиновой муки в технологическом процессе производства вермишели при мягком и теплом замесе снижает продолжительность варки вермишели в среднем 1,3 раза.
5. Внесение люпиновой муки улучшает пищевую ценность вермишели по содержанию белков, минеральных веществ и пищевых волокон.
6. Использование люпиновой муки взамен пшеничной снижает себестоимость вермишели.

Литература

1. Рукшан, Л.В. Перспективы использования люпина. / Л.В. Рукшан, Д.В. Арбузов, Д.А. Кудин. // Потребительский рынок: качество и безопасность товаров и услуг: Материалы IV Международной научно-практической конференции, декабрь 4-5, 2007 / Под общей редакцией Ю.С. Степанова. – Орел: ОрелГТУ, 2007. – 502 с. – С. 352-355.
2. Казаков, Е.Д. Методы оценки качества зерна. / Е.Д. Казаков. – М.: Агропромиздат, 1987. – 215 с.
3. Технология макаронных изделий: учебник для вузов. /Г.М.Медведев. – СПб: ГИОРД, 2005. – 308 с.
4. Сборник технологических инструкций по производству макаронных изделий. – М.: ВНИИХП, 1991. – 132 с.

УДК 664.654.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЧАТКОВОЇ СТАДІЇ ВЗАЄМОДІЇ КОМПОНЕНТІВ ТІСТА НА ОСНОВІ ПЛАЗМОХІМІЧНО АКТИВОВАНИХ РОЗЧИНІВ

[1]Півоваров О.А., д-р техн. наук, професор, [2]Миколенко С.Ю.
[1]ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»
[2]Дніпропетровський державний аграрний університет, м. Дніпропетровськ

Використання плазмохімічно активованих розчинів дозволяє досягти позитивних змін якісних показників опари без залучення домішок хімічних речовин. У опарі, що виготовлена на основі таких розчинів замість звичайної питної води, в залежності від варіювання тривалості обробки, досягаються ефект збільшення її об'єму приблизно на 30%, скорочення тривалості бродіння більш як на 20 хв. Враховуючи використання дріжджів різних виробників показано виражений ефект впливу плазмохімічно активованих розчинів на початковій технологічній стадії виготовлення хлібобулочних виробів.

Usage of plasma-chemically activated solutions allows achieving positive changes of dough quality characteristics without involvement of chemical agents' additives. In dough produced on the basis of such solutions instead of usual drinking water, depending on variation of treatment duration, the effect of increase in its volume by approximately 30% is achieved, as well as reduction of fermentation by more than 20 minutes.Taking into account usage of yeasts of various manufacturers, clearly expressed effect of plasma-chemically activated solutions' action at the initial technological stage of bakery foods' production was shown.

Ключові слова: дріжджі, вода, плазмохімічноактивовані розчини, опара, хлібобулочні вироби.

Якість хлібобулочних виробів суттєво залежить від вихідних компонентів та умов формування тістової маси. Необхідну сировину, як правило, визначають шляхом ретельного аналізу складових та співвідношення між ними. Якість кінцевих виробів безумовно залежить від технологічної стадійності за умови забезпечення рецептурної складової та фізичних параметрів процесу.

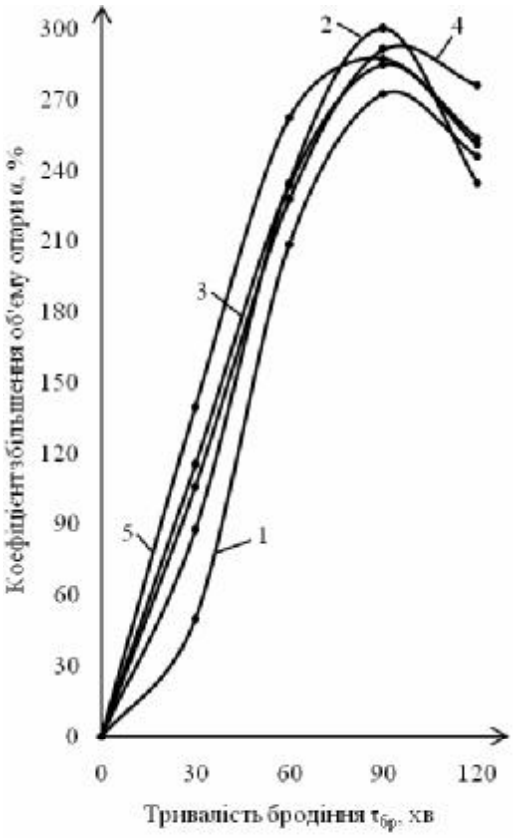


Рис.1. Вплив тривалості бродіння на збільшення об'єму опари:
1 - контроль; 2 - $\tau_{об}$ = 10 хв.; 3 - $\tau_{об}$ = 20 хв.; 4 - $\tau_{об}$ = 30 хв.; 5 - $\tau_{об}$ = 40 хв.

Відомо, що початкова стадія утворення якісних напівфабрикатів тіста відіграє особливу роль у формуванні якісного кінцевого виробу. Вона включає змішування у відповідних співвідношеннях муки, дріжджового субстрату та води, яка у більшості випадків є водопровідною та без будь-якої попередньої обробки. В цілому для технології виготовлення хлібобулочних виробів такий підхід є традиційним і економічно обґрунтованим, але для різних регіонів країни, незважаючи на те, що питна вода відповідає стандартним нормам, коливання окремих її складових в ході технологічного процесу не враховується.

Останні літературні відомості свідчать, що воді, яку використовують для приготування дріжджового тіста, приділяють окрему увагу, визначаючи при цьому суттєвий її вплив на кінцевий продукт. В окремих випадках воду піддають відомим фізичним методам обробки, серед яких особливе місце займає омагнічування води, обробка різноманітним випромінюванням та ін. [1, 2]

Особливий інтерес представляє вода, що використовується для виробництва хлібобулочних виробів, яку попередньо обробляють контактною нерівноважною плазмою [3]. Внаслідок такої обробки у водному середовищі генеруються стійкі пероксид водню та надперекисні сполуки, активні радикали, частки, що спричиняють умови створення гіперкластерної структури води і завдяки яким такий водний розчин виявляє особливі властивості у разі взаємодії з основними компонентами дріжджового тіста – мукою та дріжджовим субстратом. У роботі [3] проаналізовано в узагальненому вигляді особливості використання активованих розчинів, але відсутні більш детальні та поглиблені дослідження, що відображали б процеси, що відбуваються на етапі приготування опари тіста.

Тому метою даної роботи є дослідження особливостей процесу взаємодії компонентів тіста із залученням плазмохімічно активованих розчинів.

У якості досліджуваних об'єктів використано муку пшеничну хлібопекарську вищого сорту з середніми хлібопекарськими властивостями ТОВ «Дніпропетровський млиновий комбінат»; дріжджі наступних виробників – АТ «Харківський дріжджовий завод» (пресовані «Екстра»), Львівське ЗАТ «Ензим» («Львівські пресовані», «Львівські сухі хлібопекарські»), СП «Одеські дріжджі» (пресовані «Akmaya»), ТОВ «Лесаффр Україна» (пресовані «Криворізькі», сухі «Саф-Момент»); плазмохімічно активовані розчини на основі питної води наступних параметрів: вміст перекисних сполук 100…600 мг/л і pH 9,4…10,4. Для порівняння використовували питну воду, що відповідає стандартним вимогам, pH якої становив 7,0…7,2.

Мікробіологічні та біотехнологічні характеристики пресованих дріжджів різних торгових марок вітчизняного виробництва представлені в роботі [4]. Автори вказують на особливість виробництва дріжджів за власними технічними умовами (ТУ), при цьому визначаючи, що дріжджі різних виробництв суттєво відрізняються за якістю і біотехнологічними показниками. Порівняльна оцінка технологічних властивостей пресованих дріжджів свідчить про те, що дріжджі, вироблені за ТУ, характеризуються підвищеними ферментативною активністю і газоутворювальною здатністю [5].

Приготування тістової маси здійснювали за традиційним опарним способом. Компоненти опари використані у співвідношенні мука:дріжджі як 100:2…100:0,4 із додаванням води за розрахунком. Подібні співвідношення рекомендовані в роботі [6].

Досліди проводились з використанням термостатичної шафи, що забезпечило ізотермічний режим бродіння опари в межах 30°С.

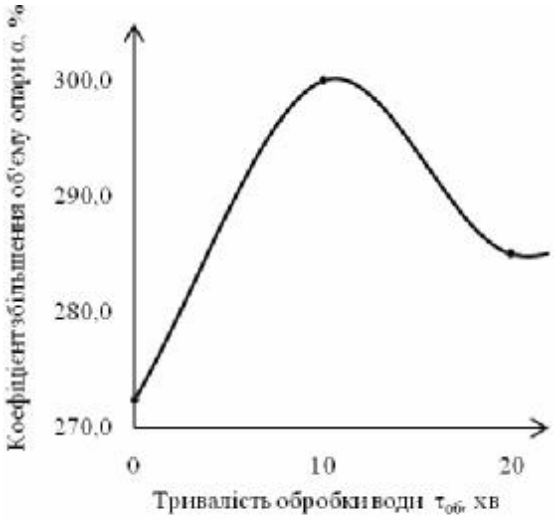


Рис.2. Вплив тривалості обробки води на збільшення об`єму опари

Зразки опарної маси з різними співвідношеннями складових розміщувалися в градуйованих скляних прозорих циліндрах, що дозволило відслідкувати збільшення об'єму опари в термостатичних умовах. Коефіцієнт збільшення об'єму опари розраховували за формулою:

$$\alpha=\frac{V_i-V_0}{V_0}\cdot 100,\ \% \qquad (1)$$

де α – коефіцієнт збільшення об'єму опари, %;

V_i – об'єм опари, зафіксований на окремому етапі бродіння (i=30, 60, 90, 120), мл;

V_0 – об'єм опари після замісу, мл.

Досліди проводились у трьохкратній повторності з визначенням середньоарифметичних показників.

У якості прикладу розглянуто вплив активованих розчинів на процес бродіння опари складу мука:дріжджі пресовані «Екстра» (Харків) у співвідношенні 100:2, кількість доданої рідини як активованої, так і для контролю питної, відповідала отриманню напівфабрикату потрібної консистенції. У загальному співвідношенні мука:дріжджі:вода отримана опара мала вигляд 100:2:40.

Кінетику зростання об'єму опари представлено на рис.1. Відповідно до рекомендацій тривалість бродіння $\tau_{бр}$ знаходилась в межах 0…120 хв.

Аналіз отриманих даних свідчить про те, що максимум збільшення об'єму опари мав місце при використанні плазмохімічно активованої води тривалістю обробки $\tau_{об}$ = 10 хв. У порівнянні із контролем збільшення об'єму опари майже на 30% відповідало наявності у водному середовищі перекисних сполук на рівні 100 мг/л. Аналогічне зростання спостерігалося при концентрації перекисних сполук 200…400 мг/л, що відповідає тривалості плазмохімічної обробки в реакторі змішування близько 30 хв. Встановлений ефект проявляється вже з перших хвилин процесу бродіння і в кожному випадку у разі використання плазмохімічно активованих розчинів має місце зменшення майже на 50% тривалості досягнення однакових об'ємів опари.

Слід відзначити, що тривалість бродіння для досягнення екстремуму зростання об'єму опари у контрольному зразку може бути знижена більш як на 20 хв. при застосуванні активованого водного розчину, обробленого у реакторі 40 хв., що з технологічної точки зору є перспективним, бо за рахунок скорочення тривалості бродіння має місце зростання продуктивності виробництва хлібобулочних виробів.

У роботі [7] приведено механізм хімічних перетворень, що відбуваються у опарі внаслідок бродіння за участі дріжджових клітин. Якщо використовувати плазмохімічно активовану воду, спостерігається зростання фізіологічної активності дріжджових клітин. Тому можна припустити, що такі зміни відбуваються за рахунок більш активного проникнення гіперкластерних структурних водних новоутворень внаслідок контактної дії нерівноважної плазми на рідину крізь мембранну оболонку дріжджової клітини з виділенням додаткового активного кисню із пероксиду водню. Таким чином, кількість утвореного вуглекислого газу збільшується у порівнянні із контрольним зразком, в якому використовували питну воду, що не містить перекисні сполуки.

Цілком очевидно, що внаслідок виділення підвищеної кількості вуглекислого газу зростає загальний об'єм опари, що у подальшому позитивно впливає на якість кінцевих хлібобулочних виробів.

Відомо, що в останні роки якість муки знижується відповідно до окремих визначальних показників, наприклад кількості і якості клейковини. В роботі [8] вважають, що за рахунок трансформації води в пероксид водню, який виконує роль оксиданту, має місце його вплив на тіолові групи в глютені на пряму або через численні обмінні реакції з формуванням дисульфідних містків, що підсилюють дію протеїну.

Тривалість обробки контактною нерівноважною плазмою відіграє суттєву роль у разі подальшого використання його для приготування опари. Рис.2 свідчить, що максимальний ефект збільшення об'єму опари спостерігається у разі використання плазмохімічно активованих розчинів з тривалістю обробки до

20 хв., а екстремум має місце при обробці води протягом 10 хв. в плазмохімічному реакторі. При цьому параметри активованого розчину наступні: вміст перекисних сполук – 100…200 мг/л, pH – 9,7…10,3.

Якщо тісто виготовляється безопарним способом, то тривалість плазмохімічної обробки вихідної води має бути збільшена, відповідно вміст пероксиду водню підвищується до 600 мг/л, а pH зростає до 10,4. Використання таких розчинів для приготування опари ускладнюється тим, що наявність підвищеної концентрації пероксиду водню спричиняє ефект пригнічення життєдіяльності дріжджів за рахунок зниження дихальної спроможності дріжджової маси [9].

Аналіз даних таблиці свідчить про те, що майже у всіх дослідах спостерігається виражений ефект збільшення об'єму опари у разі використання плазмохімічно активованих розчинів у порівнянні із контрольним варіантом. Слід відзначити окремі особливості у разі бродіння опари із використанням дріжджів пресованих «Криворізькі». Ці особливості полягають у тому, що максимальний ефект зростання опари припадає на випадок, коли для замісу було використано воду, тривалість плазмохімічної обробки якої склала 10 хв. Але в цілому використання таких дріжджів не дає позитивного ефекту у порівнянні з більш продуктивними дріжджами, що приведено у табл.1. Цей ефект також підтверджується даними, що наведені у роботі [4].

Узагальнюючі отримані дані слід відзначити, що використання плазмохімічно активованих розчинів сприятливо впливає на початкову стадію виробництва хлібобулочної продукції. Очевидна перевага запропонованого досліджуваного процесу, бо у якості інтенсифікуючої субстанції використана звичайна питна вода, яку додатково оброблено контактною нерівноважною плазмою. До опари не внесено будь-яких додаткових хімічних сполук, що робить такий процес виготовлення хлібобулочних виробів привабливим у разі використання сировини природного походження, що суттєво впливає на якісні та споживчі властивості кінцевих хлібопекарських виробів.

Вплив параметрів експерименту із застосуванням дріжджів різних торгових марок на зміну якісних показників опари відображено у табл.1.

Таблиця 1 – Зміни якісних показників опари під час бродіння

Тривалість обробки води $\tau_{об}$, хв	Активна кислотність, pH	Концентрація перекисних сполук, мг/л	Коефіцієнт збільшення об'єму опари $\alpha_{мах}$, %	Тривалість обробки води $\tau_{об}$, хв	Активна кислотність, pH	Концентрація перекисних сполук, мг/л	Коефіцієнт збільшення об'єму опари $\alpha_{мах}$, %
Дріжджі пресовані "Екстра" (Харків)				Дріжджі пресовані "Львівські" (Львів)			
0	7,3	0	272,5	0	7,3	0	225,0
10	9,7	100	300,0	10	10,2	100	241,3
20	10,2	300	285,0	20	10,1	300	243,8
30	10,3	400	291,3	30	10,0	400	256,3
40	10,5	500	287,5	40	9,4	500	243,8
Дріжджі пресовані "Akmaya" (Одеса)				Дріжджі пресовані "Криворізькі" (Кривий Ріг)			
0	7,3	0	287,5	0	7,3	0	200,0
10	10,0	100	306,3	10	9,5	150	225,0
20	10,1	200	315,0	20	9,8	300	168,8
30	9,9	300	312,5	30	9,9	500	178,8
40	9,8	500	287,5	40	9,7	600	183,8
Дріжджі сухі "Саф-Момент" (Туреччина)				Дріжджі сухі "Львівські" (Львів)			
0	7,3	0	225,0	0	7,3	0	267,5
10	10,1	100	253,8	10	10,3	100	292,5
20	10,0	300	243,8	20	10,2	300	268,8
30	9,9	400	247,5	30	10,0	400	277,5
40	9,8	500	263,8	40	10,1	500	306,3

Література

1. Шестаков Д. Влияние ультразвуковой обработки зерна и воды в мукомольном процессе на хлебопекарные свойства пшеничной муки / Д. Шестаков, Т. Волохова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2000. – № 5. – С. 32–34.
2. Нилова Л. Активация воды как способ повышения микробиологической безопасности хлебобулочных изделий / Л.Нилова, Н.Науменко // Хлебопродукты. – 2007. – №5. – С. 54–55.
3. Пивоваров А.А. Применение плазмохимически активированных водных растворов в технологии пищевых производств / А.А. Пивоваров, А.П. Тищенко, Е.В. Томашева // Вопросы химии и химической технологии. – 2006. – №5. – Сс. 105–109.

4. Дробот В. Порівняємо характеристики пресованих дріжджів різних торгових марок / В. Дробот, Н. Фалендиш, Н. Грегірчак, О. Тесля // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2009. – №5. – С. 41–43.
5. Поландова Р.Д. Сравнительная оценка технологических свойств прессованных дрожжей / Р.Д. Поландова, Л.А. Шлеленко, Р.К. Еркинбаева, З.Х. Мовсарова // Хлебопечение России. – 2004. – №3. – С. 8–9.
6. Пучкова Л.И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства / Л.И. Пучкова. – 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 264 с.
7. Рудавська Г.Б. Мікробіологія: підручник. – 2-е вид., переробл. та доповн. / Г.Б. Рудавська, Л.І. Демкевич. – К.: Нац. торг.-екон. ун-т, 2005. – 407 с.
8. Ферменты – многогранные улучшители муки // Хлебопродукты. – 2007. – №3. – С. 43–44.
9. Байляк М.М. Участь каталази та супероксиддисмутази у відповіді на дію пероксиду водню дріжджів Saccharomyces cerevisiae в експоненційній фазі росту / М.М. Байляк, Г.М. Семчишин, В.І. Лущак // Український біохімічний журнал. – 2006. – т. 78, № 2. – Сс. 79–85.

РОЗДІЛ 3

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ, ОБЛАДНАННЯ ТА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 631.3.543.812.08

АЛГОРИТМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ВЛАЖНОСТИ ЗЕРНА В ПОТОКЕ ПРИ ЕГО СУШКЕ

Хобин В.А., д-р техн. наук, профессор, Гапонюк И.О., магистр
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Обосновываются особенности непрерывных измерений влажности зерна для целей автоматического управления процессом его сушки. С учетом этих особенностей, для автоматизированной системы таких измерений, разрабатываются алгоритмы, стабилизирующие их точность.

Features of continuous measurements of a grain humidity for the purposes of automatic control process of its drying are substantiated. Taking into account these features, for the automated system of such measurements, the algorithms stabilizing their accuracy, are developed.

Ключевые слова: зерно, влажность, измерения, автоматические влагомеры, точность, алгоритм, стабилизация.

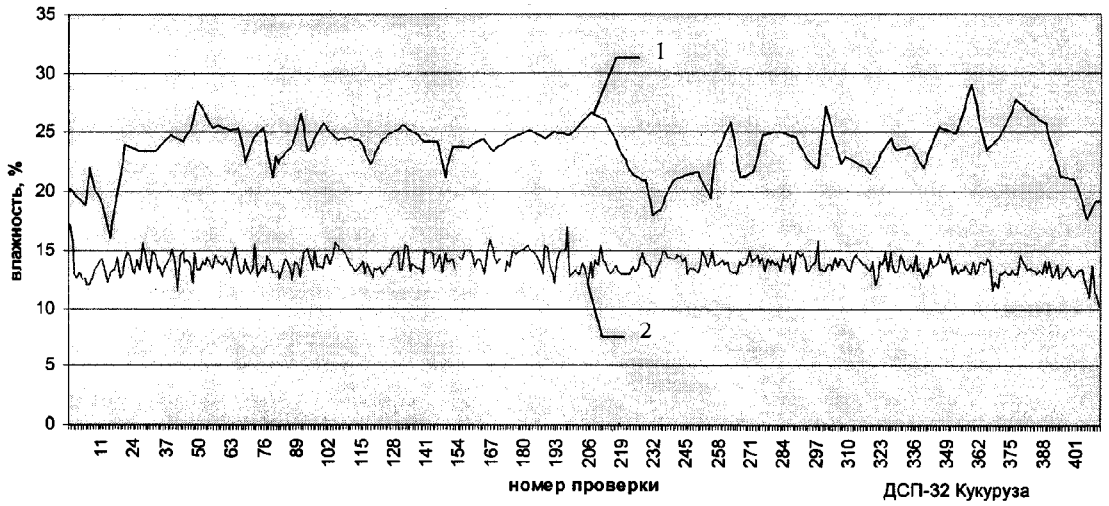
Введение. Создание высокоэффективных систем автоматического управления процессами сушки зерна [1 – 3] требует непрерывного автоматического измерения влажности зерна в потоке. Главным требованием к таким, как и любым другим, измерениям является обеспечение необходимой точности метрологических характеристик канала измерения и их стабильности. При этом, в условиях изменений в широких диапазонах свойств зерна, требуемая точность должна приближаться к точности стандартизованных лабораторных методов измерений [4, 5]. Суть проблемы автоматических измерений – невозможность создания для таких условий, метрологической меры влажности зерна для автоматических влагомеров, что одновременно означает невозможность их метрологической аттестации [6].

Для метрологически обоснованных автоматических измерений влажности зерна в потоке и стабилизации метрологических характеристик канала измерения в статье [7] нами была предложена структура *автоматизированной* системы измерений. В такой системе, наряду с каналом *автоматических* непрерывных измерений, реализуемого на основе выпускаемых, но неаттестованных влагомеров зерна в потоке [6], сохраняется канал периодических *лабораторных* измерений, точность которых обеспечена стандартизованной методикой измерения. Это позволяет реализовать в системе специальную регулирующую отрицательную обратную связь. Функционирование контура этой обратной связи может позволить решить задачу стабилизации точности автоматических измерений влажности на уровне приближающемся к точности лабораторных измерений, причем в условиях изменений в широких диапазонах свойств зерна и значительного дрейфа характеристик компонентов автоматического влагомера [7].

Настоящая статья является логическим продолжением [7]. В ней подробно рассматриваются технология разработки и алгоритмы функционирования контура обратной связи автоматизированной системы для таких особенностей изменения влажности зерна, которые характерны для его потоков на входе и выходе зерносушилок.

Особенности условий измерения влажности при сушке зерна и их отражение в модели измерительного устройства. Именно эти особенности в существенной степени определяют специфику решения задачи идентификации текущих значений параметров $\overset{\rho}{a}_w$ модели $\Phi_w(...)$ объекта измерения (здесь и далее обозначения соответствуют принятым в [7]). На рис. 1 представлен пример графиков, отражающих изменения влажности зерна на входе в зерносушилку и выходе из нее. Исходными данными для графиков стали записи журналов регистрации лабораторных анализов при сушке зерна, форма Ф-71, любезно предоставленные нам руководством Новоукраинского комбината хлебопродуктов, в данном примере – сушка зерна кукурузы на зерносушилках ДСП-32. На графиках по оси абсцисс отложен порядковый номер проверки влажности, т.е. номер лабораторного анализа влажности зерна по отобранным пробам. Интервал отбора проб составлял 2 часа, а процедура определения влажности соответствовала ГОСТ 13586.5-85.

С учетом фактического характера изменения влажности зерна проведем анализ условий измерения этой влажности для задачи управления процессом сушки для случая, когда измерение влажности ведется в двух точках – на входе зерна в сушилку и выходе из нее. Обозначим переменные, соответствующие измеренным значениям влажности в этих точках, как «начальную» и «конечную» влажности, соответственно $W^u_{зн}(t)$ и $W^u_{зк}(t)$.



1 – влажность до сушения, %; 2 – влажность после сушения, %

Рис. 1 – Пример изменения влажности зерна на входе и выходе зерносушилки

1) Диапазоны измерения влажности зерна в указанных зонах сушилок (т.е. $W^{u}_{зн}$ и $W^{u}_{зк}$) будут существенно меньше диапазонов измерения ИУ. Это позволяет с учетом фактических свойств каналов измерения влажности, см. в частности, рис. 1, принять модели этих каналов $\Phi^{м}_{w}(...)$ для более узких диапазонов измерения линейными по аргументу $W_{з}$.

2) Измеренное значение влажности зерна на выходе зерносушилки ($W^{u}_{зк}$) используется непосредственно в контуре стабилизации этой влажности на заданном значении как регулируемая переменная. При этом диапазон изменения $W^{u}_{зк}$ будет представлять собой достаточно малую окрестность заданного значения этой влажности, которая при ее «ручном» регулировании обычно не превышает ± (1,5…2) %, а при хорошем автоматическом – практически вырождается в точку. Это приводит и к вырождению задачи идентификации. В таких условиях, когда нет статистически значимых изменений $W^{u}_{зк}$, невозможно идентифицировать параметры, которые являются коэффициентами при переменных $W_{зк}$. Это означает, что мультипликативные составляющие погрешности измерения в таких условиях выявить и компенсировать невозможно. Но, главное, что идентификация таких коэффициентов для $\Phi^{м}_{w}(...)$ не является абсолютно необходимой для повышения точности измерений и стабилизации $W^{u}_{зк}(t)$ на уровне заданного значения $W^{зд}_{зк}$. Дело в том, что мультипликативные составляющие погрешности будут изменять только коэффициент передачи зерносушилки как объекта управления по соответствующему каналу регулирования. Это окажет влияние только на характер собственного движения контура и величину динамических ошибок регулирования. Но поскольку указанные изменения коэффициента передачи будут незначительными по сравнению с его изменениями, вызванными другими факторами, то ими можно пренебречь. Идентификация коэффициентов мультипликативных составляющих модели возможна и целесообразна при запуске сушилки в работу, когда влагомер на ее выходе будет работать практически во всем диапазоне текущих значений влажности зерна $\Delta W_{з} \in (W_{зн}, W_{зк})$.

3) Изменение значения влажности зерна на входе в зерносушилку может рассматриваться как контролируемое возмущение. Его измерение ($W^{u}_{зн}$) может позволить придать системе автоматического управления свойство инвариантности регулируемой переменной $W^{u}_{зк}$ относительно $W^{u}_{зн}$, что существенно снизит динамические ошибки регулирования $\Delta W^{рег}_{з}(t) = W^{зд}_{з} - W^{u}_{зк}(t)$. Реализация свойства инвариантности ведется на основе принципа Б.Н. Петрова (двухканальности). При этом известно, что для каналов этого возмущения и регулирования со статическими свойствами (которыми и обладают соответствующие каналы сушилки, как объекта управления), свойства канала ввода возмущения, если его выходная переменная суммируется на входе регулятора $W^{u}_{зк}$, будут дифференцирующими. Отсюда следует, что информативной переменной для управления будет являться не абсолютное значение $W^{u}_{зн}(t)$, а значе-

ние скорости ее изменения $dW^{u}_{зн}(t)/dt$. В этом случае, т.е. для целей управления, необходимо, прежде всего, вести идентификацию тех коэффициентов модели, которые определяют вес ее составляющих с $W_з$, т.е. мультипликативных составляющих. Проблемы точности идентификации таких коэффициентов аналогичны описанным в предыдущем пункте – они требуют заметных и достаточно быстрых изменений $W_{зн}$, что зависит от партии зерна, подаваемой на сушку. При запуске сушилки в работу, для случая, когда значения $W^{u}_{зн}$ и $W^{u}_{зк}$ получают однотипными влагомерами, то значения этих коэффициентов для модели $\Phi^{м}_{w_{зн}}(...)$ могут быть приняты равными соответствующим коэффициентам, определенным для модели $\Phi^{м}_{w_{зк}}(...)$. Подчеркнем, что модель $\Phi^{м}_{w_{зн}}(...)$, определяющая коэффициенты градуировочной характеристики ИУ $W^{u}_{зн}$, не требует высокой точности, т.к. и точность задания динамических свойств каналов, определяющих значение корректирующей переменной на выходе канала ввода возмущений, также невелика.

4) Еще одним важным условием, упрощающим решение задачи (7) в [7], являются достижения разработчиков автоматических влагомеров, [6]. Они всегда стремились, и часто – достаточно успешно, компенсировать влияние температуры зерна на результаты измерения его влажности «аппаратным» путем. Например, в [8] предлагался двухчастотный дифференциальный метод измерения. Особенности решения таких задач на современном этапе остаются, как правило, предметом «ноу-хау». Вне зависимости от конкретного подхода к ее решению, применение автоматических влагомеров с температурной компенсацией, позволяет уменьшить количество аргументов в модели с двух ($W_з$, $\theta_з$) до одного ($W_з$). Следует также отметить, что идеальная компенсация влияния температуры на $W^{u}_{з}$ невозможна. Но для условий сушки зерна, и на входе и на выходе сушилки, диапазоны изменения его температур относительно невелики, что уменьшает величину указанных погрешностей. Кроме того, скорость изменения температуры зерна на выходе из сушилки при стабилизации температурных режимов сушки также невысока. Это позволяет отнести оставшуюся некомпенсированной составляющую температурной погрешности к неконтролируемым, которая будет скомпенсирована в совокупности с другими погрешностями при функционировании автоматизированной системы измерения.

Перечисленные выше четыре специфических условия, в которых производятся измерения влажности при сушке зерна, существенно облегчают задачу текущей идентификации параметров моделей $\Phi^{м}_{w_{зн}}(...)$ и $\Phi^{м}_{w_{зк}}(...)$. Но есть условие, которое решение этой задачи усложняет.

5) Эталонов влажности зерна не существует, их значения необходимо получать в ходе проведения лабораторных измерений одним из гостированных методов, т.е. в качестве эталонов используются значения $W^{э}_{зн}$ и $W^{э}_{зк}$. Поэтому получение $W^{э}_{з}$ и результаты идентификации коэффициентов моделей будут отставать от текущего времени t на время $\tau^{лаб}$, которое равно интервалу времени между моментом $t = t_i$ отбора i-той пробы и моментом $t = t_i + \tau^{лаб}$ ввода результатов лабораторных измерений влажности в компьютер. Следует подчеркнуть, что результат измерения $Z^{u}_{w}(t = t_i)$, для которого в момент времени $t = t_i$ берется i-тая проба зерна, в силу этого получает статус эталонного, т.е. $Z^{u}_{w}(t = t_i) \equiv Z^{э}_{w}(t_i)$. При этом $Z^{u}_{w}(t)$ является непрерывной функцией времени, а $Z^{э}_{w}(t_i)$ – решетчатой функцией, значение которой определено для $t = t_i$, $i = \overline{1,\infty}$.

С одной стороны, система уравнений (7) в [7] предполагает, что если переменные являются функциями времени $Z^{э}_{w}$ и $W^{иэ}_{з}$, то их значения должны соответствовать одному и тому же моменту времени, т.е. они должны быть синхронизированы. В нашем случае эти моменты времени отличаются на $\tau^{лаб}$, т.е.: $Z^{э}_{w}(t_i) \rightarrow W^{иэ}_{з}(t_i + \tau^{лаб}_{i})$. Для их синхронизации значение $Z^{э}_{w}(t_i)$ необходимо сохранять в памяти компьютера и прочитать его для расчета $\rho^{к}_{w}$ в момент ввода значения $W^{иэ}_{з}(t_i + \tau^{лаб}_{i})$, когда фактически оно станет значением $Z^{э}_{w}(t_i + \tau^{n}_{i})$, где $\tau^{n}_{i} \approx \tau^{лаб}_{i}$.

С другой стороны, определение N коэффициентов модели требует решения системы N уравнений с N неизвестными, т.е. требуется N лабораторных измерений влажности зерна. Но, учитывая, что искомые коэффициенты изменяются во времени, а интервал времени между измерениями достаточно большой, то формально такая система уравнений составлена быть не может. Поэтому без принятия дополнительных допущений коэффициенты модели определены быть не могут.

С учетом изложенного, модели каналов измерения влажности на интервале времени $[t_i + \tau_i; t_{i+1} + \tau_{i+1}]$

для культуры $b_з$ могут быть представлены в виде линейных одномерных моделей с запаздывающими аргументами:

$$\Phi^{м}_{w_{зн}}(b_з) \rightarrow Z^{э}_{w_{зн}}(b_з, t_i + \tau_i^n) = a^{1(i-1)}_{w_{зн}}(b_з)\, W^{иэ}_{зн}(b_з, t_i + \tau_i^{лаб}) + a^{0i}_{w_{зн}}(b_з),$$

$$\Phi^{м}_{w_{зк}}(b_з) \rightarrow Z^{э}_{w_{зк}}(b_з, t_i + \tau_i^n) = a^{1(i-1)}_{w_{зк}}(b_з)\, W^{иэ}_{зн}(b_з, t_i + \tau_i^{лаб}) + a^{0i}_{w_{зн}}(b_з), \quad (1)$$

где $\left[a^{0i}_{w_{зн}}(b_з), a^{1(i-1)}_{w_{зн}}(b_з)\right]^T \in \rho^{к}_{a_{w_{зн}}}(b_з)$, для $i = \overline{0,\infty}$,

$\left[a^{0i}_{w_{зк}}(b_з), a^{1(i-1)}_{w_{зк}}(b_з)\right]^T \in \rho^{к}_{a_{w_{зк}}}(b_з)$, для $i = \overline{0,\infty}$,

$a^{0i}_{w_{зн}}(b_з) a^{0i}_{w_{зк}}(b_з)$ и $a^{1(i-1)}_{w_{зн}}(b_з) a^{1(i-1)}_{w_{зк}}(b_з)$ – соответственно аддитивные составляющие и коэффициенты при мультипликативных составляющих модели (3.1) для культуры $b_з$;

i – номер лабораторного анализа по определению влажности зерна, $i = \overline{1,\infty}$, $i = 0$ – соответствует ситуации до проведения анализов.

Размерности коэффициентов: $\left[a^{0i}_{w_з}\right]$ = Вольт; $\left[a^{1(i-1)}_{w_з}\right] = \dfrac{\text{Вольт}}{\%\ \text{влажности}}$.

Алгоритмы идентификации параметров модели объекта измерения (1). Формально, определение двух коэффициентов модели требует решения системы двух уравнений с двумя неизвестными, т.е. требуется два лабораторных измерения влажности зерна. Но, учитывая, что искомые коэффициенты изменяются во времени, а интервал времени между измерениями достаточно большой, то по-сути, такая система уравнений составлена быть не может. Так, при $i = 1$, т.е. после первого измерения влажности в лаборатории можно получить лишь одно уравнение. Это отражает и значение индекса $(i - 1)$ у коэффициентов мультипликативных составляющих моделей, которые сохраняются на уровне базовых $a^{1Б}_{w_з}(b_з)$ или значений, полученных в последнем тестовом эксперименте $a^{1(i^{\max}-1)}_{w_з}(b_з)$. Для всей области изменения $i \in \overline{0,\infty}$ значение $(i - 1)$ определяется выражением:

$$i-1 = \begin{cases} 0, & \text{при } i \in \overline{0,1} \\ i-1, & \text{при } i \in \overline{2,\infty} \end{cases}, \quad (2)$$

т.е. отрицательных значений индекс не имеет, они не имеют смысла. После второго измерения описанная выше ситуация повторяется, поскольку получаем новое уравнение с двумя неизвестными, которое не связано с предыдущим, и, следовательно, не может быть объединено с ним в систему. Поэтому для решаемой задачи целесообразно отказаться от аналитического подхода к решению систем уравнений, составленных на основе (1). Он потребовал бы формулирования пакета допущений, которые позволили бы составить и решить такую систему. Альтернативой аналитическому подходу является алгоритмический. Такой подход, по-сути, является рекуррентным и выполняется по мере поступления новой информации в реальном времени. Именно так и будет реализовываться реальная процедура. Рассмотрим ее.

А. Интервал времени от пуска сушилки и взятия первой пробы зерна для проведения лабораторного анализа влажности до получения его результатов: $i = 0$, $t \in [t_0, t_0 + \tau_1^{лаб}]$. Значения коэффициентов должны соответствовать значениям, определенным либо по базовым (паспортным) градировочным характеристикам для культур $b_з$, поставляемых с измерительным устройством его производителем: $a^{00}_{w_з}(b_з) \equiv a^{0Б}_{w_з}(b_з)$, $a^{10}_{w_з}(b_з) \equiv a^{1Б}_{w_з}(b_з)$, либо последним значениям, которые были рассчитаны при работе с конкретным ИУ, когда им измерялась влажность культуры $b_з$ (т.е. $i = i^{max}$): $a^{00}_{w_з}(b_з) \equiv a^{0i^{\max}}_{w_з}(b_з)$, $a^{10}_{w_з}(b_з) \equiv a^{1(i^{\max}-1)}_{w_з}(b_з)$.

Формально:

$$a^{00}_{w_з}(b_з) = \begin{cases} a^{0Б}_{w_з}(b_з), & \text{при первом включении ИУ для измерения влажности культуры } b_з; \\ a^{0i^{\max}}_{w_з}(b_з), & \text{при начале сушки новой партии культуры } b_з; \end{cases}$$

$$a^{10}_{w_з}(b_з) = \begin{cases} a^{1Б}_{w_з}(b_з), & \text{при первом включении ИУ для измерения влажности культуры } b_з; \\ a^{1(i^{\max}-1)}_{w_з}(b_з), & \text{при начале сушки новой партии культуры } b_з; \end{cases} \quad (3)$$

Отметим, что абсолютное значение номера лабораторного анализа принципиального значения не имеет. Его удобно принять соответствующим номеру записи в лабораторном журнале регистрации влажности зерна. Там, по установленной форме, этот номер будет соответствовать номеру пробы, который начинается с начала сушки новой партии зерна.

Б. Интервал времени от получения результатов по первой пробе зерна до получения результатов по второй пробе: $i = 1$, $t \in [t_1, t_1 + \tau_2^{лаб}]$.

$$\begin{cases} a_{w_з}^{01}(b_з) = Z_{w_з}^{э}(b_з, t_1 + \tau_1^{n}) - a_{w_з}^{10}(b_з) W_з^{э}(b_з, t_1 + \tau_1^{лаб}) \\ a_{w_з}^{10}(b_з), \quad \text{при начале сушки новой партии культуры } b_з; \end{cases} . \tag{4}$$

Содержание алгоритмов по пунктам А и Б идентично для измерений и начальной и конечной влажности зерна. Поэтому индексы «к» и «н» в обозначениях переменных и коэффициентов отсутствует. Но уже со следующего пункта такого совпадения не будет. Различия обуславливаются сформулированными ранее особенностями условий измерения.

В. Интервал времени от получения результатов по второй пробе до получения результатов по третьей пробе: $i = 2$, $t \in [t_2, t_2 + \tau_3^{лаб}]$.

$$\begin{cases} a_{w_{зк}}^{02}(b_з) = Z_{w_{зк}}^{э}(b_з, t_2 + \tau_2^{n}) - a_{w_{зк}}^{11}(b_з) W_{зк}^{э}(b_з, t_2 + \tau_2^{лаб}) \\ a_{w_{зк}}^{11}(b_з) = \dfrac{Z_{w_{зк}}^{э}(b_з, t_1 + \tau_1^{n}) - Z_{w_{зк}}^{э}(b_з, t_2 + \tau_2^{n})}{W_{зк}^{иэ}(b_з, t_1 + \tau_1^{лаб}) - W_{зк}^{иэ}(b_з, t_2 + \tau_2^{лаб})} \end{cases} , \tag{5}$$

$$\begin{cases} a_{w_{зн}}^{02}(b_з) = Z_{w_{зн}}^{э}(b_з, t_2 + \tau_2^{n}) - a_{w_{зн}}^{11}(b_з) W_{зн}^{иэ}(b_з, t_2 + \tau_2^{лаб}) \\ a_{w_{зн}}^{11}(b_з) = a_{w_{зк}}^{11}(b_з) \end{cases} . \tag{6}$$

Подчеркнем, что достоверное вычисление коэффициентов $a_{w_з}^{1(i-1)}$ возможно только при значительных приращениях влажности в «соседних» измерениях, т.е. разности $W_з^{иэ}(b_з, t_i + \tau_i^{лаб}) - W_з^{иэ}(b_з, t_{i+1} + \tau_{i+1}^{лаб}) = \Delta W_з^{иэ}(t_i - t_{i+1})$.

Величина $\Delta W_з^{э}(t_i - t_{i+1})$ должна в несколько (k) раз превышать максимально допустимое значение абсолютной погрешности измерения влажности лабораторным методом $\Delta W_з^{\max}$. А это условие может быть выполнено только в режиме вывода сушилки из исходного состояния, когда она вся заполнена свежим зерном, в режим нормальной работы. Очевидно, что квазиоптимальным и по времени и по затратам энергии будет переход (переходный процесс), который завершается за один проход зерна через сушилку, скорость движения которого (производительность сушилки) должна быть определена на основе исходной информации.

Г. Интервал времени от получения результатов по третьей пробе до окончания сушки всей партии зерна: $i \geq 3$, $t \in [t_3, t_i + \tau_i^{лаб}]$, $i = \overline{3,\infty}$.

$$\begin{cases} a_{w_{зк}}^{0i}(b_з) = Z_{w_{зк}}^{э}(b_з, t_i + \tau_i^{n}) - a_{w_{зк}}^{11}(b_з) W_{зк}^{иэ}(b_i, t_i + \tau_i^{лаб}) \\ a_{w_{зк}}^{1i}(b_з) = a_{w_{зк}}^{11}(b_з) \end{cases} . \tag{7}$$

$$\begin{cases} a_{w_{зн}}^{0i}(b_з) = Z_{w_{зн}}^{э}(b_з, t_i + \tau_i^{n}) - a_{w_{зн}}^{1(i'-1)}(b_з) W_{зн}^{иэ}(b_i, t_i + \tau_i^{лаб}) \\ a_{w_{зн}}^{1(i'-1)}(b_з) = \begin{cases} a_{w_{зн}}^{1(i'-1)}(b_з), \text{ при } W_{зн}^{иэ}(t_i - t_{i+1}) < N\Delta W_з^{\max} \\ \dfrac{Z_{w_{зн}}^{э}(b_з, t_i + \tau_i^{n}) - Z_{w_{зн}}^{э}(b_з, t_{i+1} + \tau_{i+1}^{n})}{W_{зн}^{иэ}(b_з, t_i + \tau_i^{n}) - W_{зн}^{иэ}(b_з, t_{i+1} + \tau_{i+1}^{n})}, \text{ при } W_{зн}^{иэ}(t_i - t_{i+1}) \geq k\Delta W_з^{\max} \end{cases} \end{cases} , \tag{8}$$

где i' – крайний из последовательности номеров лабораторных анализов влажности зерна, при котором разность с предыдущим измерением влажности превысила порог, необходимый для обеспечения точности вычислений текущего значения $a_{w_з}^{1}(b_з)$.

Адаптации модели измерительного устройства к изменениям электрофизических свойств зерна и первичного преобразователя его влажности. Важно, что идентификация параметров $\rho_{a_{w_з}}^{к}$, процедура которой описана выше, проводится, в конечном итоге, не для адаптации модели (1) к конкретным

условиям измерений, а для адаптации к ним градуировочной характеристики ИУ. Это возможно поскольку, как уже отмечалось, модель Φ_w и градуировочная характеристика φ_w являются обратными функциями, в которых аргументы и функции «меняются местами», а параметры остаются неизменными. В терминах метрологии такая процедура адаптации может быть определена как периодическая калибровка градуировочных характеристик ИУ начальной и конечной влажности зерна.

$$\varphi_{w_{зн}} \to W^{u}_{зн}(t) = \left(1/a^{1(i-1)}_{w_{зн}}\right)\left(Z_{w_{зн}}(t) - a^{0i}_{w_{зн}}\right); \qquad \varphi_{w_{зк}} \to W^{u}_{зк}(t) = \left(1/a^{1(i-1)}_{w_{зк}}\right)\left(Z_{w_{зк}}(t) - a^{0i}_{w_{зк}}\right). \tag{9}$$

На основе уравнений (9) ведется квазинепрерывный перерасчет сигналов с первичных преобразователей в значения влажности, которые и составляют информационную основу систем автоматического регулирования (стабилизации) влажности зерна на выходе из сушилки.

Получение базовых значений коэффициентов моделей по паспортным градировочным характеристикам их производителей. Реализация этой процедуры, безусловно, предполагает, что градировочные характеристики первичных преобразователей и/или градировочные характеристики измерительных устройств, которые приводятся их изготовителями, могут быть, по крайней мере, на их необходимых участках, описаны линейными моделями (1) или (9). Поскольку модели линейные, то графическую интерпретацию таких характеристик можно рассматривать как прямые линии, проходящие через две точки с заданными координатами. Причем, в качестве таких точек наиболее целесообразно взять реперные точки [9], на основе которых и строились паспортные градировочные характеристики. Идеальной ситуацией для нелинейных градуировочных характеристик была бы такая, когда реперные точки совпадали бы с предполагаемыми диапазонами измерения влажности в выбранных точках контроля. Для линейных характеристик расположение реперных точек принципиального значения не имеет. Обозначим координаты таких двух реперных точек как пары их значений ($W^{p}_{з1}$, $Z^{p}_{w_{з1}}$) и ($W^{p}_{з2}$, $Z^{p}_{w_{з2}}$).

Известно, например [10], что уравнение прямой, проходящей через две заданные несовпадающие точки, в нашем случае – реперные точки, будет иметь вид:

$$\begin{vmatrix} W^{u}_{з}(b_з) & Z_{w_з}(b_з) & 1 \\ W^{p}_{з1}(b_з) & Z^{p}_{w_{з1}}(b_з) & 1 \\ W^{p}_{з2}(b_з) & Z^{p}_{w_{з2}}(b_з) & 1 \end{vmatrix} = 0, \quad \text{или} \quad \frac{W^{u}_{з}(b_з) - W^{p}_{з1}(b_з)}{W^{p}_{з2}(b_з) - W^{p}_{з1}(b_з)} = \frac{Z_{w_з}(b_з) - Z^{p}_{w_{з1}}(b_з)}{Z^{p}_{w_{з2}}(b_з) - Z^{p}_{w_{з1}}(b_з)}.$$

После преобразований получим:

$$Z_{w_з}(b_з) = \frac{Z^{p}_{w_{з1}}(b_з) - Z^{p}_{w_{з2}}(b_з)}{W^{p}_{з1}(b_з) - W^{p}_{з2}(b_з)} W^{u}_{з}(b_з) + \frac{W^{p}_{з1}(b_з) Z^{p}_{w_{з2}}(b_з) - W^{p}_{з2}(b_з) Z^{p}_{w_{з1}}(b_з)}{W^{p}_{з1}(b_з) - W^{p}_{з2}(b_з)}. \tag{10}$$

Таким образом:

$$a^{0Б}_{w_з}(b_з) = \frac{W^{p}_{з1}(b_з) Z^{p}_{w_{з2}}(b_з) - W^{p}_{з2}(b_з) Z^{p}_{w_{з1}}(b_з)}{W^{p}_{з1}(b_з) - W^{p}_{з2}(b_з)}; \qquad a^{1Б}_{w_з}(b_з) = \frac{Z^{p}_{w_{з1}}(b_з) - Z^{p}_{w_{з2}}(b_з)}{W^{p}_{з1}(b_з) - W^{p}_{з2}(b_з)}. \tag{11}$$

В качестве примера рассмотрим получение коэффициентов (3.11) для влагомера зерна в потоке «Поток» [11], производитель «Aquasensor», г. Харьков. Градуировочные характеристики первичного преобразователя влагомера «от производителя» в форме графиков представлены на рис. 2. В табл. 1 приведены координаты реперных точек этих градуировочных характеристик и рассчитанные по ним значения коэффициентов.

Заключение.

1. Разработанная система и алгоритмы для гарантированного обеспечения необходимой точности измерений учитывают много конкретных особенностей процессов измерения влажности и применяемых автоматических влагомеров. Вместе с тем саму измеряемую переменную необходимо рассматривать как случайный процесс, предотвращая на всех этапах измерения транспонирование его высокочастотной составляющей спектра в низкочастотную область. Пренебрежение этим приведет к появлению в результатах измерения низкочастотной случайной составляющей методической погрешности, выявить и оценить величину которой будет практически невозможно. Характеристики этого случайного процесса должны быть изучены в виде специальных экспериментов на зерносушилках с реальными автоматическими влагомерами. Эти реальные характеристики определят режимы измерений и параметры предимпульсных фильтров.

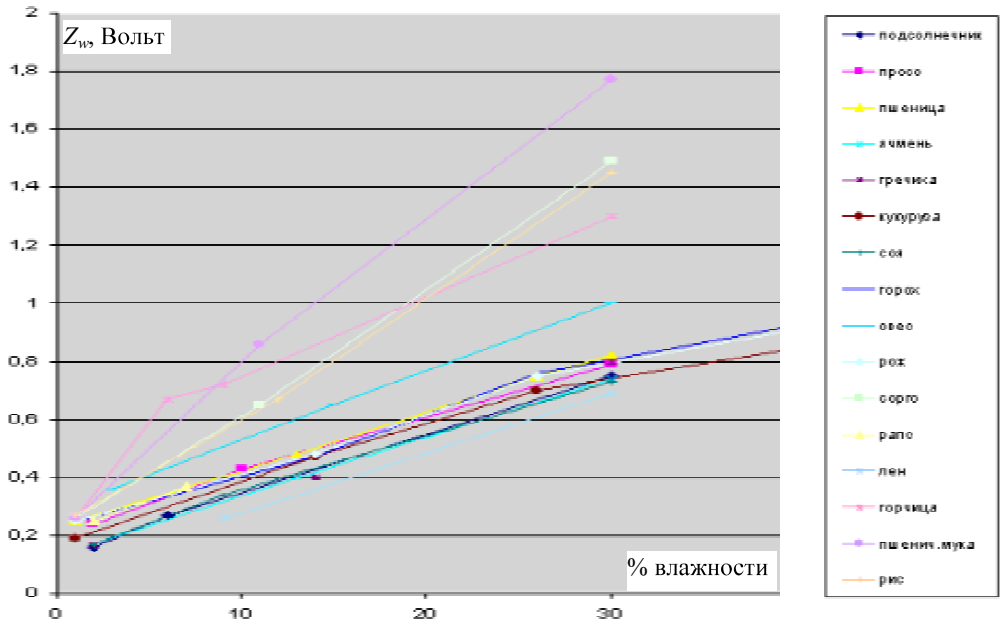


Рис. 2 – Градуировочные характеристики первичных преобразователей влагомеров «Поток»

Таблица 1 – Координаты реперных точек градуировочной характеристики (ГХ) первичных преобразователей влагомеров «Поток» и рассчитанных по ним значений коэффициентов их линейной модели

№№ п/п	Культура, $b_з$	Координаты реперных точек ГХ первичного преобразователя				Значения коэффициентов модели	
		$W^{p}_{з1}$, % влажности	$W^{p}_{з2}$, % влажности	$Z^{p}_{W_{з1}}$, Вольт	$Z^{p}_{W_{з2}}$, Вольт	$a^{0Б}_{W_з}$, Вольт	$a^{1Б}_{W_з}$, Вольт / % влажности
1.	Пшеница	13	26	0,48	0,75	0,21	0,0208
2.	Рожь	14	26	0,48	0,75	0,17	0,0225
3.	Ячмень	13	30	0,40	0,74	0,14	0,0200
4.	Овес	15	30	0,65	1,00	0,30	0,0233
5.	Кукуруза	14	26	0,47	0,70	0,20	0,0192
6.	Гречиха	14	30	0,40	0,80	0,05	0,0250
7.	Рис	12	30	0,67	1,45	0,15	0,0433
8.	Подсолнечник	6	30	0,27	0,75	0,15	0,0200
9.	Соя	9	30	0,34	0,73	0,17	0,0186
10.	Горох	14	26	0,47	0,76	0,13	0,0242
11.	Рапс	7	30	0,37	0,92	0,20	0,0239
12.	Просо	10	30	0,43	0,79	0,25	0,0180
13.	Сорго	11	30	0,65	1,49	0,16	0,0442
14.	Лен	9	30	0,69	1,76	0,23	0,0510
15.	Горчица	9	30	0,72	1,30	0,47	0,0276

2. Рекомендаций по применению в разработанной автоматизированной системе тех или иных автоматических влагомеров, в частности тех, которые были рассмотрены, априори дать невозможно. Но, одно важнейшее метрологическое свойство, которое будет давать конкурентное преимущество для применения, очевидно – это минимальная случайная центрированная составляющая инструментальной погрешности измерения и минимальная скорость дрейфа ее детерминированной составляющей. Именно эти характеристики целесообразно было бы улучшать в новых разработках влагомеров и указывать их значения в технической документации.

3. Выполненная разработка ориентирована на применение ее в системах автоматического управления зерносушилками для обеспечения их достоверной информацией о влажности зерна на ее входе и вы-

ходе. А это может позволить существенно снизить удельные энергозатраты на сушку и повысить качество зерна после сушки, что обеспечит экономический эффект от разработки.

Литература

1. Просяник А.В., Клабуков В.Ф., Соснин К.В. Влагомер зерна в потоке – мал золотник, да дорог // http://www.dnvpeldorado.dp.ua
2. Хобин В.А. Совершенствование систем автоматического управления режимами работы зерносушилок как основа повышения их эффективности // Хранение и переработка зерна. – Днепропетровск, 2005. – № 4(70). – С. 41 – 44.
3. Хобин В.А., Степанов М.Т., Гапонюк И.О. Повышение энергетической эффективности процессов сушки зерна на базе систем гарантирующего управления // Мат. III Международ. науч.-практ. конф. «Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов) СЭТТ – 2008». – Москва – Тамбов: Мат. в 2-х т. – Т. 1. – С. 334 – 343.
4. ГОСТ 13586.5-85. Зерно. Метод определения влажности. – Взамен ГОСТ 3040-55 в части метода определения влажности; Введ. 14.11.85. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 8 с.
5. ГОСТ 29143-91 (ИСО 712-85). Зерно и зернопродукты. Определение влажности (рабочий контрольный метод). – Введ. 05.12.91. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 5 с.
6. Хобин В.А., Гапонюк И.О. Измерение влажности зерна в потоке: актуальность, технические средства, проблемы точности, пути решения // Хранение и переработка зерна. – Днепропетровск, 2009. – № 4(70). – С. 41 – 44.
7. Хобин В.А., Гапонюк И.О Стабілізація метрологічних характеристик автоматичних вимірювань вологості зерна в потоці. Кібернетичний підхід Наук. пр. ОНАХТ / Міністерство освіти України. – Одеса: 2009. – Вип. 36. – Т. 1. – С. 289 – 297.
8. Пикерсгиль А.А. Исследование поточных датчиков влажности: Дис… канд. техн. наук: 05.13.07. – Одесса, 1965. – 202 с.
9. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. Рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 29-99, Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Минск: изд-во стандартов. – Москва, 2003. – 50 с.
10. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – 2-е изд., – М.: Изд-во «Наука», 1970. – 720 с.
11. Влагомер зерновых «Поток». http://www.aquasensor.com.ua

УДК 664.726

НАПРЯМКИ РОЗРОБКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ ДЛЯ ЗЕРНОПРИЙМАЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Гросул Л.Г., д-р техн. наук, професор; Гапонюк О.І., д-р техн. наук, професор;
Станкевич Г.М., д-р техн. наук, професор; Мосієнко Г.А., інженер;
Яцкова Т.Й., канд. техн. наук; Гончарук Г.А., канд. техн. наук
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Стаття містить аналіз принципів та методичних підходів до проектних розробок універсального транспортно-технологічного обладнання для очищення свіжезібраного зерна перед сушінням та закладенням його на зберігання безпосередньо у фермерських господарствах – виробниках зернової сировини.

This article substantiates operational priciples and considers methodical approaches to engineering of universal equipment for separation of harvesting byproducts, timely cleaning of freshly harvested grain, and storing them directly at grain-producing farms.

Ключові слова: ворох, зерно, домішки, аеродинамічно важкі та легкі частки, ситове та повітряне сепарування.

Вступ. Головними напрямками подальшого розвитку агропромислового комплексу України передбачається створення продовольчого фонду і накопичення сировинних ресурсів держави, необхідних для оперативного задоволення зростаючого попиту населення та всебічних потреб народного господарства.

Розв'язання цих завдань вимагає пропорційного та збалансованого розвитку промислового комплексу та забезпечення високих темпів зростання сільського господарства на основі інтенсифікації виробництва, всебічного зміцнення матеріально-технічної бази та підвищення рівня технічного забезпечення переробної галузі.

Мета досліджень. Аналіз стану технологічного забезпечення та технічного оснащення системи післязбиральної обробки збіжжя спрямований на обгрунтування конструктивно-функціональних рішень, установлення технічно доцільних умов компонування транспортних та технологічних елементів і визначення параметрів проектних варіантів устаткування для оперативної обробки вороху та високоефективного очищення вологого зерна у післязбиральний період. Аналіз виконується з метою пошуку шляхів зниження енергоємності обробних операцій, підвищення якості їх виконання, попередження пожежонебезпечних ситуацій та забезпечення сумісності з діючим обладнанням при його експлуатації, а отримані результати можуть бути використані у фермерських господарствах, державних та приватних сільськогосподарських підприємствах безпосередньо в регіонах вирощування зернової сировини, споживання готової продукції та застосування відходів виробництва на малих переробних і хлібоприймальних підприємствах.

Об'єктом аналізу є технології та лінії приймання свіжезібраної зернової сировини, призначені для оперативної обробки вороху та очищення вологого зерна від грубих, крупних і дрібних домішок органічного та мінерального походження, які відрізняються розмірами, густиною та аеродинамічними властивостями від часток основного зерна. Існуючі технологічні комплекси базуються на обладнаних типовими транспортними засобами та оперативними ємностями повітряно-ситових ворохоочисних агрегатах, які відрізняються недостатньою ефективністю і майже не пристосовані для очищення вологого зерна.

Предметом аналізу є встановлення можливостей скорочення технологічного циклу, зниження витрат енергії, спрощення режимів обробки вороху та підвищення якості очищення вологого зерна за рахунок суміщення транспортних та технологічних операцій. Запропонований напрямок досліджень передбачає встановлення можливостей паралельного і одночасного виконання маніпуляцій з переміщення зернових сумішей, розділення їх на фракції за різницею в комплексі властивостей та формування і відокремленого виведення потоків очищеного зерна та домішок. Реалізація цього напрямку відкриває шляхи як технічного об'єднання робочих органів транспортних та технологічних засобів, так і їх привідних механізмів, систем управління роботою та регулювання режимів, аспіраційних пристроїв та засобів безпечного обслуговування.

Проведенням досліджень запропонованого об'єкта на предмет встановлення можливостей суміщення транспортних і технологічних операцій вирішується проблема скорочення технологій та спрощення режимів обробки, зниження капітальних витрат на удосконалення технічного забезпечення ліній приймання вороху та попереднього очищення вологого зерна, зниження втрат та підвищення якості останнього, економії енергетичних ресурсів та підвищення пожежної, вибухової та екологічної безпеки фермерських господарств, державних та приватних сільськогосподарських підприємств безпосередньо в регіонах вирощування зернової сировини, її кондиціонування, зберігання та споживання готової продукції, як на малих, так і на великих зернопереробних та хлібоприймальних підприємствах.

Метою аналізу є розробка механіко-технологічних основ створення високоефективних транспортно-технологічних комплексів енергоощадного технічного забезпечення процесів післязбиральної обробки збіжжя.

Стан проблеми. Післязбиральна обробка збіжжя включає приймання вороху, очищення, сушіння та сортування зернопродуктів і виконується з метою доведення властивостей отриманого основного зерна та показників його якості до кондиційних вимог та умов наступного використання, зберігання або відпуску його споживачам. Існуючі технології його приймання та обробки передбачають технологічні операції попереднього сепарування вороху для видалення грубих та частково крупних домішок органічного походження, сушіння суміші вологого зерна з залишками крупних та з дрібними домішками, як органічного так і мінерального походження, охолодження зерна після сушарки, первинне очищення сухого зерна від крупних та дрібних домішок, сортування сухого зерна на фракції товарного, продовольчого та фуражного призначення, остаточне очищення партій зерна та відпускання його споживачам або закладка на тривале зберігання. Перехід від кожної із зазначених раніше активних технологічних операцій до наступних вимагає переміщень об'єкту обробки, формування технологічних потоків та його оперативного накопичення, які утворюють пасивну групу транспортних та допоміжних операцій. При цьому розвиненість технологічного процесу попереднього, первинного та остаточного очищення зерна і розгалуженість транспортних та накоплювальних операцій обумовлюють підвищені витрати енергії, розтягнутість технологічного процесу, перевантаженість технологічної лінії приймання зерна великою кількістю обладнання та низьку ефективність його роботи.

Основними недоліками існуючої послідовності післязбиральної обробки вороху можна вважати наступне.

Транспортування та надходження до сушарки суміші зерна, отриманої тільки після попереднього очищення вороху, з порівняно високим вмістом крупних та дрібних часток і аеродинамічно легких та важких домішок відрізняється заниженою сипкістю, сприяє утворенню заторів, дестабілізує роботу транспортних механізмів і приводить до створення пожежонебезпечних ситуацій при експлуатації сушарок. Усунення цих недоліків можна досягти шляхом застосування перспективних транспортно-технологічних комплексів для суміщення операцій попереднього та первинного очищення зернової суміші до направлення її на сушіння.

До недоліків існуючої послідовності операцій технологічного процесу післязбиральної обробки зерна слід віднести і той факт, що направлена до сушарки тільки після попереднього очищення суміш доброякісного зерна складається з фракцій, які суттєво відрізняються своїми властивостями та можливими напрямками застосування зерна товарного, продовольчого та фуражного призначення. Останні вимагають індивідуальних режимів сушіння та різних витрат енергії на їх обробку. Перехід на індивідуальні режими теплової обробки вказаних фракцій може здійснюватися суміщенням операцій сортування зерна та остаточного очищення безпосередньо перед відправкою їх до сушарки.

Основна частина. Практичні задачі по усуненню відмічених недоліків, на вирішення яких спрямовано аналіз, включають наступне:

— обґрунтування засад та визначення умов суміщення операцій попередньої обробки вороху та первинного очищення вологого зерна перед відправкою його до сушарки;

— встановлення вимог та пошуки напрямків розробки нових транспортно-технологічних комплексів або удосконалення існуючих сепараторів для одночасного попереднього та первинного очищення вологого зерна;

— визначення технічної раціональності та технологічної доцільності суміщення операцій сортування та остаточного очищення отриманих окремих фракцій вологого зерна безпосередньо перед відправкою для роздільного сушіння при оптимальних режимах кожної з фракції товарного, продовольчого та фуражного призначення;

— пошуки можливостей та обґрунтування проектних рішень по удосконаленню існуючих сепараторів або створенню нових транспортно-технологічних комплексів для суміщення операцій сортування та остаточного очищення вологого зерна товарного, продовольчого та фуражного призначення;

— узагальнення результатів теоретичних та експериментальних досліджень і розробка механіко-технологічних основ створення високоефективних транспортно-функціональних комплексів енергоощадного технічного забезпечення процесів післязбиральної обробки вороху.

Вирішення поставлених завдань удосконалення технологічного процесу післязбиральної обробки вороху вимагає проведення наукових досліджень та розробки механіко-технологічних основ створення високоефективних транспортно-функціональних комплексів енергоощадного технічного забезпечення процесів післяжнивної обробки вороху. Конкретними напрямками удосконалення транспортно-технологічних систем є:

— розробка нових видів або модернізація існуючих решітно-повітряних скальператорів для попереднього сепарування вороху та очищення вологої зернової суміші від грубих та частково крупних домішок, що забезпечить підвищення сипкості об'єкту обробки, попередить утворення заторів у зернових потоках та стабілізує обробні і транспортні операції;

— модернізація наявних та створення нових ситових, аеродинамічних та інших за принципами дії транспортно-сепараторних комплексів для основного очищення вологого зерна від залишків крупних, дрібних та аеродинамічно легких і важких домішок, що усуне можливості локальних перегрівів, місцевих загорянь та виникнення пожежо- вибухонебезпечних ситуацій при експлуатації сушарок;

— створення проектних розробок технічних засобів, транспортних механізмів та накопичувальних ємностей для приймання продуктів сортування очищеної вологої зернової суміші на фракції товарного, продовольчого та фуражного зерна і роздільного сушіння окремо кожної фракції при оптимальних режимах, відповідно до конкретних властивостей, призначення та наступного використання кожної з них, що сприятиме суттєвому скороченню витрат теплової енергії;

— підвищення загальної продуктивності системи шляхом раціональної компоновки машин, агрегатів, функціонально-технологічних ліній та комплексів транспортно-технологічним обладнанням відповідної продуктивності одного параметричного ряду, усуненням вузьких за продуктивністю місць та приведення до оптимальних значень ефективностей роботи суміжного устаткування;

— покращення якості продовольчого та фуражного зерна за рахунок застосування технологічно доцільних та технічно раціональних режимів сушіння окремих фракцій відповідно до конкретних властивостей їх часток і наступного їх призначення та застосування.

Реалізація викладених технологічних умов і поставлених технічних завдань, запропонованих з метою удосконалення процесів післязбиральної обробки зерна, може бути досягнута за рахунок вирішення загальних технічних проблем, до яких відноситься наступне:

— комплектація технологічних ліній, технологічних комплексів та агрегатів перспективними зразками нового або модернізованого обладнання;

— модернізація технологічних і транспортних машин з метою наближення їх продуктивності, ефективності, енергоємності та інших технічних характеристик до аналогічних середньостатистичних даних у промисловості;

— розширення функціонально-технологічного призначення та розробка універсального устаткування для забезпечення одночасного виконання попереднього і основного або основного та остаточного очищення зерна;

— суміщення зон функціонування та об'єднання технологічних завдань транспортування і технологічної обробки, проведення операцій ситового очищення та калібрування;

— використання відпрацьованих об'ємів теплоносія для попереднього підігрівання та підсушування зернової суміші перед основним очищенням, сортуванням та направленням отриманих фракцій на роздільне сушіння;

— застосування машин для повітряного сепарування з замкненими циклами повітряних режимів;

— комплексне використання інерційного, відцентрового, гравітаційного принципів очищення робочих агентів та їх фільтрування або циклонного очищення відпрацьованого повітря;

— оснащення системи післязбиральної обробки збіжжя додатковими транспортними засобами, ємностями, сушарками та системами автоматичного управління для роздільного сушіння розсортованого на фракції продовольчого, товарного та фуражного зерна.

Головним результатом аналізу мають бути рекомендації до створення високоефективних транспортно-технологічних комплексів енергоощадного технічного оснащення процесів післяжнивної обробки вороху, необхідні для обгрунтування параметрів, будови і режимів їх робочих органів та реалізації умов впровадження запропонованої послідовності операцій післязбиральної обробки вороху з питань усунення відмічених недоліків:

— транспортно-технологічний комплекс для попереднього очищення шляхом сепарування вороху, направленого на видалення з нього грубих включень та часткового виведення крупних та дрібних домішок в основному органічного походження, які відрізняються за шириною і товщиною часток та їх аеродинамічними властивостями. Вказані домішки не доцільно направляти до сушарок, оскільки вони знижують сипкість зернової сировини, спричиняють утворенню заторів у транспортних системах та в робочих зонах шахтних сушарок, сприяють порушенню нормальних температурних режимів сушіння і загалом дестабілізують роботу ліній;

— транспортно-технологічний комплекс для основного очищення зернової суміші від наявних у ній залишків крупних та дрібних домішок яке проводиться з метою видалення засмічень, що відрізняються довжиною, шириною, товщиною і формою часток та їх аеродинамічними, фізичними механічними та іншими властивостями. Особлива увага приділяється видаленню домішок органічного походження, низька температура запалювання яких часто приводить до локальних перегрівів, місцевих загорянь та виникненню пожеж в шахтах сушарок. Таким чином, проведення основного очищення зернової суміші перед відправкою її до сушарки дозволить запобігти створенню пожежонебезпечних ситуації та попередити можливі втрати доброякісної зернової сировини;

— транспортно-технологічний комплекс для сортування зернової сировини на фракції виповненого, крупного, середнього, дрібного та щуплого зерна, які відрізняються за якістю, а, відповідно, і за цінністю їх товарного, продовольчого чи фуражного призначення. Кожна з отриманих фракцій відрізняється не тільки розмірами та аеродинамічними властивостями, але й має відмінні від інших вимоги до режимів сушіння, що відкриває можливості їх оптимізації окремо для кожної фракції, відповідного збереження їх переваг за призначенням і відкриває можливості раціональної економії тепла та інших енергетичних ресурсів у процесі подальшої обробки;

— транспортно-технологічний комплекс для роздільного сушіння окремих фракцій очищеного та відсортованого зерна за оптимальних теплових режимів та температурних обмежень, що дає змогу ефективного використання теплових ресурсів та виробничих можливостей сушарок, а також дозволяє максимально використовувати природній потенціал зернової сировини або можливого рівня продовольчого її використання;

— транспортно-технологічний комплекс для остаточної очистки зерна, яка виконується у відповідності з вимогами діючих кондицій, стандартів та технічних вимог щодо якості, стану, технологічних властивостей та умов подальшого використання очищеного зерна для реалізації та відпуску споживачам, як зернової сировини для переробки у продовольчі товари або застосування фуражного та щуплого зерна для виготовлення кормів.

Значимість аналізу та отриманих результатів для розв'язання економічних і соціальних проблем складається в тому, що його впровадження відкриває можливості суттєвого зниження непродуктивних витрат теплової та електричної енергії, дозволяє значно скоротити капітальні вкладення та витрати на експлуатацію, технічне обслуговування та ремонтні роботи лінії приймання вороху та кондиціонування зернопродуктів і забезпечує підвищення ефективності роботи останньої та покращення якості готової продукції у вигляді товарного, продовольчого та фуражного зерна.

Висновки. Аналіз та сформульовані рекомендації щодо створення високоефективних транспортно-технологічних комплексів енергоощадного технічного оснащення процесів післязбиральної обробки вороху призначені для використання в науково-дослідних установах, проектно-конструкторських бюро і монтажно-налагоджувальних організаціях, на машинобудівних підприємствах, які займаються вирішенням проблеми технологічного забезпечення та технічного оснащення галузі зернозберігаючих та переробних підприємств України.

Реалізація викладених технологічних умов і поставлених технічних завдань, запропонованих з метою удосконалення процесів післязбиральної обробки зерна, рекомендується для впровадження у виробництво при:

— розробках транспортно-технологічних комплексів з метою наближення їх продуктивності, ефективності, енергоємності та інших технічних характеристик до аналогічних середньостатистичних даних у промисловості;

— розширенні функціонально-технологічного призначення та розробки універсального устаткування для забезпечення одночасного виконання попереднього і основного та остаточного очищення і сортування зерна;

— суміщенні зон функціонування та об'єднанні технічних завдань транспортування і технологічної обробки зернопродуктів.

Використання розроблених рекомендацій до створення високоефективних транспортно-технологічних комплексів енергоощадного технічного забезпечення процесів післязбиральної обробки вороху відкриває можливості стабілізації роботи обладнання для приймання та обробки зерна, підвищення його ефективності, скорочення витрат енергії та покращення якості готової продукції. Це підтверджує необхідність впровадження отриманих результатів для створення високоефективних транспортно-тенологічних комплексів і розробки нового та модернізації існуючого обладнання та використання прогресивних методів компоновки його в технологічні лінії, технологічні комплекси і агрегати.

Одержані результати досліджень будуть використані в навчальному процесі при підготовці спеціалістів та магістрів, в наукових дослідженнях при підготовці кандидатів і докторів технічних наук, при підготовці публікацій у галузевих науково-практичних та виробничих журналах та виданнях з переліку ВАК. Отримані рекомендації щодо створення високоефективних транспортно-технологічних комплексів будуть задіяні при підготовці підручника з технологічного устаткування борошномельних та круп'яних підприємств та при впровадженні лекційних курсів та нових лабораторних робіт у начальний процес підготовки фахівців інженерно-технічного напрямку галузі зберігання та переробки зерна.

Література

1. Белобородов В.В., Мацук Ю.П., Кириевский В.П., Кузнецов А.Т. Подготовительные процессы переработки масличных семян – М.: Пищевая промышленность, 1974.
2. Демин Г.С., Павловский Г.Т., Теленгатор М.А., Цециновский В.М. Очистка зерна на хлебоприемных предприятиях. – М.: Колос, 1968. - 288 с.
3. Жемков В.С., Павлихин Г.И., Соловьев В.М. Механизация послеуборочной обработки зерна. Справочник. – М.: Колос, 1973. – 255 с.
4. Машины для послеуборочной обработки зерна. Учебники и учебные пособия для полготовки кадров массовых профессий. В.С.Окнин, И.В.Горбачев, А.А.Терехин, В.М.Соловьев. – М.: Агропромиздат, 1987. – 238 с.

УДК 621.86

РОЗРАХУНОК НАГНІТАЛЬНИХ ПНЕВМОТРАНСПОРТНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ЗЕРНА ЗА СПРОЩЕНОЮ МЕТОДИКОЮ

Шутенко Є.І. канд. техн. наук, доцент
Одеська національна академія харчових технологій

Запропоновано спрощену методику розрахунку нагнітальних пневмотранспортних установок для зерна. Вибір типової установки для транспортування проектної кількості зерна на проектну відстань проводиться включно на основі графічних залежностей.

A simplified method of calculating injection pneumotransport facilities for grain. Selecting typical installation for the transportation of grain to the project design distance is held solely on the basis of graphic dependencies.

Ключові слова: зерно, типові нагнітальні установки, методика розрахунку.

В типових проектах мукомельних заводів на комплектному обладнанні для транспортування зерна в зерноочисному відділенні передбачається три типи нагнітальних пневмотранспортних установок (НПТУ), укомплектованих ротаційними компресорами типу ЗАФ. Установки розраховані на транспортування потоків зерна в окремій секції (або мукомельному заводі) продуктивністю 250 т/добу. Діаметри продуктопроводів установок змінюються за довжиною: на першій дільниці від завантажувального пристрою до середини вертикальної частини приймають менше значення діаметра ($\mathbf{D_1}$), на другій – від середини вертикальної частини продуктопроводу до входу в розвантажувач більше значення ($\mathbf{D_2}$). Перший тип установки ($\mathbf{D_1}$ = 0,09 м і $\mathbf{D_2}$ = 0,095 м) продуктивністю 6 т/год, укомплектований компресором ЗАФ53К51Ц, застосовується на етапі первинної очистки і підготовки зерна, де підготовка проводиться двома паралельними потоками. Другий і третій типи мають продуктивність 10,5 т/год і відповідно укомплектовані компресорами ЗАФ57К51М і ЗАФ57К51Н. Внутрішні діаметри продуктопроводів становлять $\mathbf{D_1}$ = 0,11 м і $\mathbf{D_2}$ = 0,12 м для другого типу та відповідно 0,12 м і 0,13 м для третього типу установки. Два останні типи НПТУ застосовують після формування помельної партії зерна на етапі остаточного очищення і підготовки зерна та передачі його в розмельне відділення. Аналіз використання цих трьох типів установок на мукомельних заводах показує, що при зазначених вище значеннях паспортної продуктивності вони можуть транспортувати зерно на відстань до 50-55 м з коефіцієнтом концентрації суміші 10-11 кг/кг.

В реальних умовах виробництва при необхідності використання таких НПТУ часто розрахункове навантаження на установку та розгорнута довжина її продуктопроводу відрізняються від передбачених для даної типової установки значень цих величин, що призводить до необхідності проведення розрахунку основних її параметрів.

Розрахунок проводять з використанням графоаналітичного методу, який полягає в перевірці можливості транспортування зерна на розрахункову відстань з розрахунковою продуктивністю одним із розглянутих типів НПТУ. Аналіз проведення таких розрахунків свідчить, що часто виникає необхідність їхнього повторного виконання для іншого типу стандартної установки.

У зв'язку з цим нами пропонується удосконалена методика розрахунку НПТУ для зерна, яка не містить невизначеностей існуючої дотепер методики і дозволяє без будь-яких попередніх розрахунків визначати максимальну продуктивність установки, втрати тиску в ній та на основі відповідних характеристик компресора знаходити витрати повітря і потужність на валу компресора. Таке спрощення методики досягається за рахунок використання графічних залежностей продуктивності установки кожного типу **G** від тиску компресора **P** для довжин продуктопроводів у діапазоні від 20-30 м до 110-120 м з інтервалом 5-10 метрів (рис. 1). Необхідні дані для побудови таких графічних залежностей були розраховані на основі діючої методики розрахунку НПТУ для зерна [1, 2].

Таким чином, визначення основних параметрів нагнітальних пневмотранспортних установок для переміщення зерна за спрощеною методикою проводять у такій послідовності:

З графічної залежності **G = f(P)** визначають максимально можливу продуктивність прийнятої типової установки ($\mathbf{G_{max}}$) при проектній довжині продуктопроводу ($\mathbf{L_p}$). З рис. 1 видно, що максимальна продуктивність установки з певною довжиною продуктопроводу буде при максимальному значенні тиску компресора. Так, наприклад, для першого типу установки, укомплектованої компресором ЗАФ 53К51Ц (рис. 1а), $\mathbf{G_{max}}$ при довжині продуктопроводу 60 м буде становити близько 1,5 кг/с (5,4 т/год), а при довжині продуктопроводу 50 м – 1,8 кг/с (6,4 т/год). Якщо визначене значення $\mathbf{G_{max}}$ даного типу установки менше проектного значення $\mathbf{G_p}$, то даний тип установки непридатний для транспортування проектної кількості зерна ($\mathbf{G_p}$) на проектну відстань. Тому слід прийняти інший тип установки (рис. 1б,

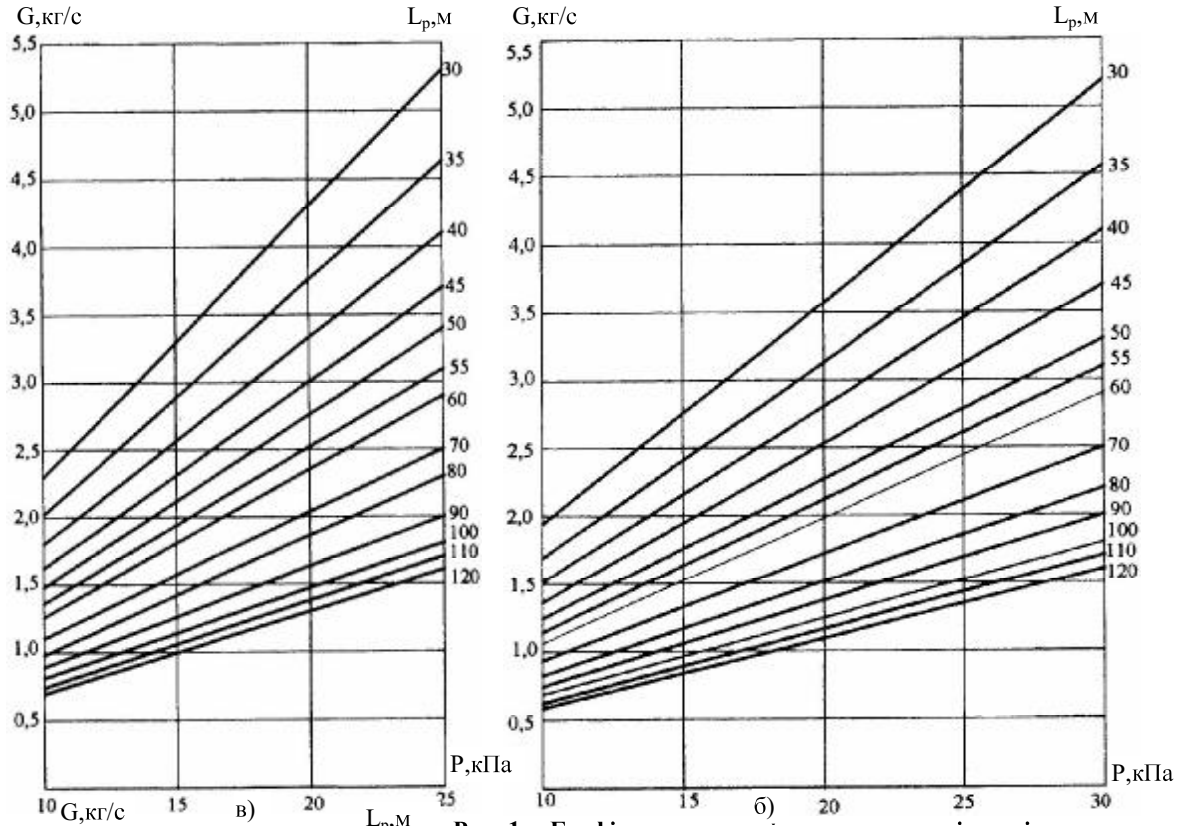


Рис. 1 – Графіки залежності продуктивності нагнітальних пневмотранспортних установок для зерна від тиску повітродувних машин при різних довжинах продуктопроводів: а) –I тип установки, компресор ЗАФ 53К51Ц; б) –II тип установки, компресор ЗАФ 57К51М; в) –III ти установки, компресор ЗАФ 57К51Н

в) і аналогічно наведеному вище визначити для нього $\mathbf{G_{max}}$ при заданій проектній довжині продуктопроводу.

2. Якщо максимальна продуктивність установки перевищує проектну (або дорівнює їй), то використовуючи залежність **G = f(P),** за проектним значенням продуктивності установки $\mathbf{G_р}$ знаходять робочий тиск компресора $\mathbf{P_р}$ (втрати тиску в установці, рис. 1а).

3. З характеристики компресора **Q-P** (витрати повітря – тиск), за значенням робочого тиску $\mathbf{P_р}$ визначають витрати повітря в установці $\mathbf{Q_р}$ [1, 2].

4. З характеристики компресора **N-P** (потужність на валу компресора – тиск) за значенням $\mathbf{P_р}$ визначають потужність на валу компресора $\mathbf{N_к}$ [1, 2].

5. Визначають розрахункову потужність електродвигуна компресора

$$\mathbf{H} = \frac{\mathbf{H_к}}{\mathbf{З_{пер}}},$$

де **N** – потужність електродвигуна, кВт;

$\mathbf{N_к}$ – потужність на валу компресора, кВт;

$\mathbf{ή_{пер}}$ – коефіцієнт корисної дії передачі.

Розрахункове значення потужності електродвигуна **N** не повинно перевищувати потужність електродвигуна встановленого на даному типі установки.

Таким чином, запропоновані зміни до методики розрахунку нагнітальних пневмотранспортних установок для переміщення зерна на мукомельних заводах значно її спрощують, що дозволяє за лічені хвилини на основі графічних залежностей провести підбір типової установки для транспортування проектної кількості зерна на проектну відстань.

Література

1. Временные методики расчета пневмотранспортных и аспирационных установок мукомольных заводов на комплектном высокопроизводительном оборудовании. – М.: ВНИИЗ, 1981. – 83 с.
2. Справочник по аспирационным и пневмотранспортным установкам / Н.П. Володин, М.Г. Касторных, А.И. Кривошеин А.И. – М.: Колос, 1984. – 288 с.

УДК 658:621.798.006.5

ВЫБОР СТРАТЕГИИ СКЛАДИРОВАНИЯ ЗАПАСОВ

Жуковский Э.И., д-р техн. наук, профессор, Чабаров В.А., канд. техн. наук, доцент
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Рассматривается проблема выбора стратегии размещения запасов сырья, материалов, готовой продукции промышленных предприятий на складах различной формы собственности.

The strategy choice problem of the raw materials stocks, materials, industrial enterprises finished goods placing in the ownership various pattern warehouses is considered.

Ключевые слова: запас, склад, аренда, лизинг, аутсорсинг, логистический оператор, логистический посредник, поддон, складской товарооборот, затраты по грузопереработке, уровень обслуживания.

Стратегия размещения запасов в зависимости от формы собственности склада за последние годы меняется. Связано это с укреплением рынка складских услуг логистических посредников и появлением в бизнесе понятия «аутсорсинг».

Ранее многие отечественные компании использовали доставшиеся им с советских времен складские помещения или арендовали склады, весьма далекие от технического совершенства.

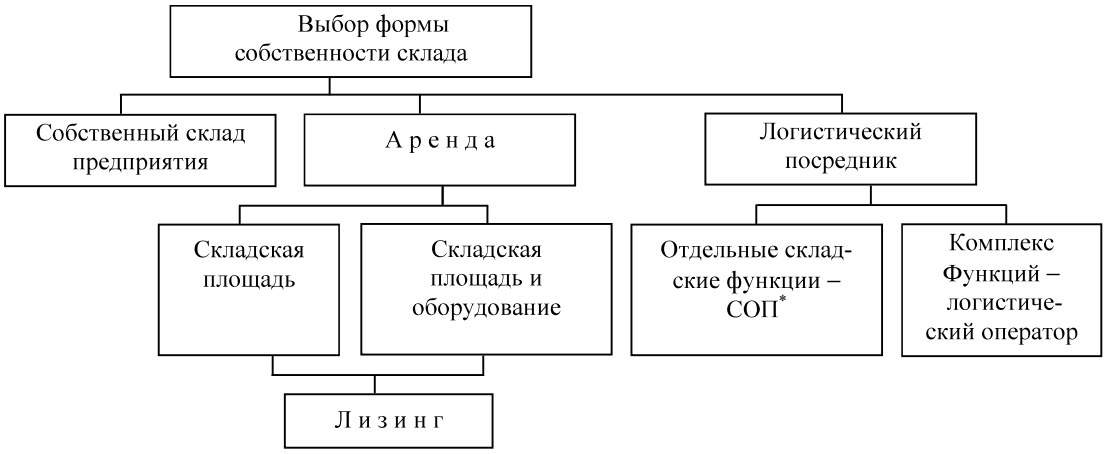
Склады при этом становились неотъемлемой частью инфраструктуры компании и элементом успешной стратегии бизнеса.

Зарубежные компании, входившие на украинский рынок, предпочитали арендовать складские мощности, так как строить собственные склады было слишком проблематично, а других вариантов не было.

В настоящее время большинство компаний рассматривают иную альтернативу.

Развивающийся рынок складских услуг меняет традиционное представление о необходимости организации собственных складов промышленных предприятий.

Различные варианты стратегий складирования запасов приведены на рис. 1.



***СОП** – склад общего пользования.

Рис. 1 – Варианты стратегий складирования запасов

Каждая стратегия складирования запасов имеет свои особенности в деятельности складского хозяйства, а также свои преимущества и недостатки.

Задача логиста заключается в выборе оптимального варианта формы собственности склада или их комбинации.

Стратегия складирования запасов с использованием аренды склада или складских площадей предполагает варианты:

1. Аренда склада (всего складского хозяйства, одного здания склада) на определенный период времени.

2. Аренда складских мощностей (оборудования, транспорта) склада на определенный период времени.

3. Аренда склада на длительный срок с правом дальнейшего выкупа его в собственность (лизинг).

Аренда на длительный срок с правом дальнейшего выкупа в лизинг позволяет предприятию в перспективе иметь собственный склад.

Такой вариант весьма привлекателен, особенно если площадь здания и прилегающая территория дают возможность после реконструкции создать складское хозяйство, отвечающее современным требованиям.

Но не редкость и другой вариант, когда в аренду предлагаются такие помещения под склад или изношенные складские мощности, которые не подлежат реконструкции.

Аренда складских площадей на короткие сроки, как правило, без права модернизации гарантирует предприятию складские мощности с низким уровнем технического оснащения.

Арендатор не заинтересован осуществлять инвестирование в развитие такого склада и его техническое оснащение, в результате используя не совершенные технологические решения по переработке грузов.

Крупные оптовые предприятия, работающие с большим числом поставщиков и разнообразным номенклатурным перечнем товаров, всегда предпочитают собственные склады сырья, тары, готовой продукции.

Необходимость собственного склада для предприятия определяется следующими показателями:

- стабильно высокие товарооборот и объемы продаж;
- стабильный спрос в регионах сбыта;
- специфические условия хранения грузов (сыпучий, наливной, тарно–штучный и т.д.);
- растущие требования к обслуживанию клиентов;
- меняющаяся стратегия сбыта;
- сильная конкурентная среда и т.д.

Собственный склад при рациональной организации складских процессов и эффективном управлении может стать залогом снижения логистических издержек.

Эффект от использования собственных складских мощностей должен быть экономически обоснован.

Перспектива стабильного товарооборота и спроса на него – основа быстрой окупаемости любого склада, показывающая целесообразность строительства собственного склада.

Однако его создание – процесс сложный и дорогостоящий. В зависимости от уровня технического оснащения затраты на создание склада составляют от 500–700 до 1000 дол. США за 1 кв. м (без учета стоимости земли) [1].

В состав этих затрат входят затраты, связанные с разработкой проекта, строительством склада и транспортных коммуникаций, а также его техническим оснащением.

Также к числу показателей окупаемости склада относят стоимость перерабатываемого товара и средний срок хранения запасов.

Чем выше стоимость хранящегося на складе товара и чем больше его оборачиваемость, тем быстрее окупаемость склада.

Окупаемость собственных складов предприятий колеблется от 3 до 8 лет, а иногда доходит и до 10 лет.

Такой широкий диапазон объясняется тем, что средний срок хранения товарных запасов многих фирм составляет 30 суток, а чаще – и более, к тому же большинство предприятий так и не научилось обеспечивать условия эффективного функционирования складов.

Стратегию складирования запасов предлагают на рынке логистических услуг склады общего пользования, логистические операторы (рис. 2) и провайдеры услуг всех уровней.

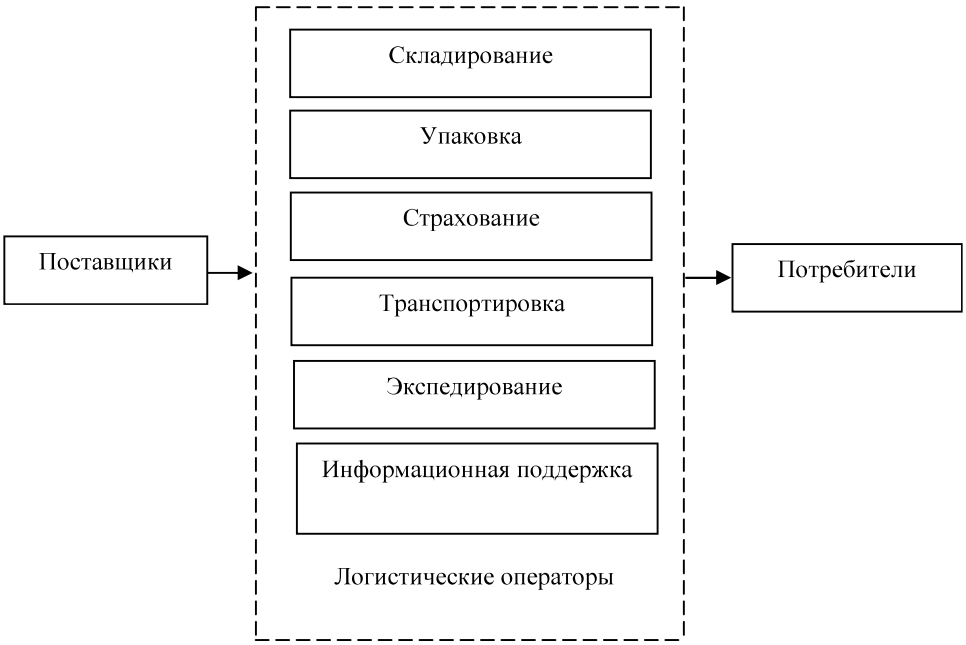


Рис. 2 – Пример аутсорсинга услуг логистических операторов

В общем виде СОП осуществляют следующий комплекс услуг:

- хранение транзитных грузов;
- грузопереработка и хранение грузов;
- предоставление складского помещения в аренду потребителям;
- информационная поддержка;
- упаковка, маркировка и сортировка товаров;
- предоставление автотранспорта и экспедирование грузов;
- погрузка (разгрузка) на транспортные средства;
- подготовка и доставка товаросопроводительных документов.

Посредников, предоставляющих комплекс услуг, принято называть логистическими операторами. Логистические посредники, берущие на себя не только комплекс логистических услуг, но и функцию управления запасами у потребителей своего клиента, переходят на уровень 3PL – провайдера. Склады логистических посредников, по сути, являются складами общего пользования. Такая стратегия выгодна в следующих случаях:

1. На начальных этапах захвата рынка или на начальной стадии развития компании.

2. При выходе на новые рынки сбыта (особенно иностранным компаниям при экспансии на украинский рынок).

3. При реализации сезонных товаров и ориентированных на определенный сегмент потребительского спроса.

4. При низком объеме продаж и нестабильном спросе на товары с высокой стоимостью.

Аутсорсинг логистических услуг для западных компаний является весьма обычной стратегией, однако у большинства отечественных компаний он вызывает недоверие. Причин несколько: новое понятие, дорогие услуги и невысокий уровень обслуживания, неразвитый рынок. Переход на аутсорсинг требует от компаний, и в первую очередь от руководителей, изменения мышления в ведении бизнеса, умения вести управленческий учет, особенно логистических затрат, проводить сравнительный анализ логистических стратегий. Основная проблема рынка логистических услуг – это значительный дефицит складских мощностей, отвечающих современным требованиям, и недостаточно быстрая реакция на растущие требования клиентов. Рынок логистических услуг в Украине можно отнести к развивающемуся. Однако, судя по мировому опыту логистических посредников, причины, заставляющие пользоваться их услугами, заключаются в следующем:

1. Плата за услуги логистического посредника отличается гибкостью и выгодна при ведении массовых операций. Обычно она не превосходит издержки по сравнению с услугами собственного склада.

2. СОП управляются опытными профессиональными командами, которые рассчитывают риски, сопутствующие складским операциям и нацелены на максимальное использование рыночных возможностей для себя и клиентов.

3. Переменные издержки на СОП часто бывают ниже, чем на сопоставимых собственных складах компании. Причиной этого является более отлаженная организация процесса, высокая производительность труда и экономия за счет масштабов операции, а зачастую и меньшая заработная плата. Использование СОП обеспечивает экономию капиталовложений и ведет к повышению прибыльности компаний, обращающихся к ним.

4. Услуги складов логистического посредника обходятся дешевле, так как там одновременно обслуживают значительное число клиентов. Это обеспечивает большой объем операций, оправдывает использование высокопроизводительного подъемно-транспортного оборудования в зоне хранения и экспедициях, дает возможность распределять складские издержки на больший объем грузов, что в конечном итоге сокращает удельные затраты (на 1 т груза, 1 поддон).

5. СОП дают своим клиентам возможность экономить на транспортных расходах, особенно при консолидации партий отправок в розничную сеть от разных поставщиков, чьи грузы обслуживаются на их складах.

Выбор стратегии складирования запасов является непростой задачей. От ее решения зависят часто не просто выполнение процесса грузопереработки, уровень обслуживания клиентов и, в конечном счете, конкурентные преимущества, но само существование компании на рынке. Необходимо провести сравнение различных стратегий складирования запасов и выбрать оптимальный вариант (рис. 3).

На этапе предварительной оценки конкурентоспособности каждого варианта стратегий (до проведения экономических расчетов) логисты должны оценить их организационные, управленческие, коммерческие и логистические преимущества. Окончательный выбор требует проведения сравнительного анализа затрат и оценки удовлетворения потребности клиентов.

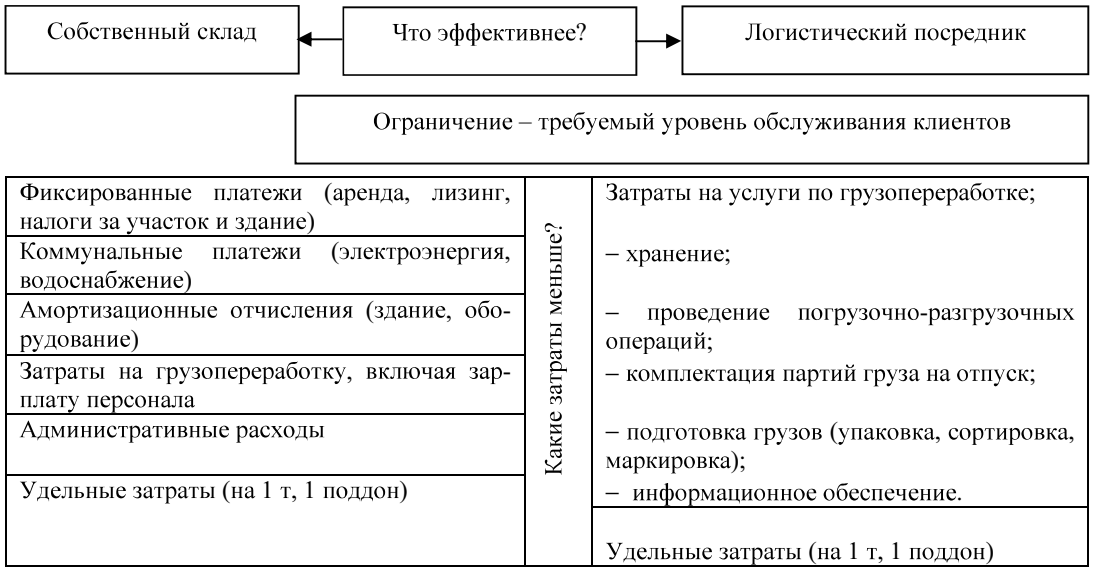


Рис. 3 – Выбор стратегии складирования запасов

При уже существующем складе необходимо провести анализ операционных затрат на грузопереработку (переменные затраты) с учетом величины постоянных затрат на содержание склада. Сумма затрат должна быть определена в расчете на один поддон (лучше – условный поддон емкостью 1м^3 груза) или 1 т груза. Целесообразно провести такие расчеты не только по процессу в целом, но и по каждой операции в отдельности. При оценке уровня удовлетворенности качества обслуживания потребителей используют показатели: время выполнения заказа (соотношение реально затраченного времени и планируемой величины времени); время нахождения транспортного средства с грузом в очереди и под разгрузкой (погрузкой); точность выполнения заказа по числу ассортимента или отсутствие претензий со стороны клиента и т.д.

Ключевым фактором выбора варианта, как уже отмечалось, является объем складского товарооборота. Предпочтение собственному складу отдается при стабильно большом объеме складируемой продукции и высокой оборачиваемости склада. В этом случае стабильность имеет первостепенное значение. Другим определяющим фактором выступает спрос на товар. Немаловажное значение при выборе играет конкуренция на рынке логистических услуг.

На практике задача выбора может оказаться сложнее, так как многие компании предпочитают комбинировать стратегии складирования запасов не только при снабжении различных региональных потребителей, но и в рамках одного региона сбыта.

Выводы

1. Выбор стратегии складирования запасов является непростой задачей. От ее решения зависят не только выполнение процесса грузопереработки, уровень обслуживания клиентов, и в конечном итоге, конкурентные преимущества, но и само существование предприятия на рынке.

2. При выборе между собственным складом и аутсорсингом складских услуг необходимо провести анализ складских издержек обоих вариантов при заданном уровне обслуживания. Выбирается вариант с наименьшими затратами ресурсов при условии соответствия требуемому уровню обслуживания.

Литература

1. Логистика: Учебник /В.В. Дыбская, Е.И. Зайцев, В.И. Сергеев, А.Н. Стерлигова. Под ред. В.И. Сергеева – М.: Эксмо, 2008. – 944 с.
2. Організація та проектування логістичних систем: Підручник /за ред. проф.. М.П. Денисенка, проф. П.Р. Лековця, проф. Л.І. Михайлової. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 336 с.

УДК 621.928.23:664-492.2

ВИБРАЦИОННЫЙ СЕПАРАТОР ДЛЯ ТРУДНОСЫПУЧИХ ПРОДУКТОВ ПИЩЕВОЙ И ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Батт А.В., канд. техн. наук, доцент, Чумаченко Ю.Д., канд. техн. наук, доцент
Одесская национальна академия пищевых технологий, г. Одесса

В данной статье приводятся конструктивные особенности вибрационного сепаратора для трудносыпучих продуктов пищевой и зерноперерабатывающей промышленности.

In this article structural features over of oscillation separator are brought for the hard-running products of food and zernopererabatyvayuschey industry.

Ключевые слова: вибрационное сепарирование, пищевые трудносыпучие продукты.

Многообразие видов сырья и готовой продукции как объектов сепарирования определяет разнообразие типов сепарирующих машин, применяемых в пищевой и зерноперерабатывающей промышленности. Это обстоятельство в значительной степени объясняет отсутствие общего подхода к научно обоснованному выбору наиболее эффективных типов сепарирующих машин и оптимальных параметров их работы.

На основания проведенного анализа существующих сепараторов установлено, что наибольшей эффективности сепарирования трудносыпучих продуктов можно достичь воздействием на него вибрационных пространственных колебаний рабочего органа.

Положительная роль вибрационного воздействия определяется тем, что оно позволяет создать и поддерживать в течение процесса регулируемое динамическое состояние объектов переработки, на фоне которого осуществляется технологическая операция сепарирования. Главной отличительной особенностью вибрации, как одного из видов механических воздействий, является возможность передачи энергии дисперсной системе большой удельной мощности при малой амплитуде её смещения за период колебаний. Под удельной мощностью понимается мощность, подводимая к единице массы перерабатываемого материала.

С увеличением частоты колебаний рабочего органа динамическое воздействие на сыпучую систему увеличивается, при этом уменьшаются коэффициенты внутреннего и внешнего трения, в результате чего уменьшается сопротивление частиц относительному смещению, сыпучая система приобретает свойства вязких жидкостей, лучше протекают процессы сегрегации и стратификации частиц, эффективнее осуществляется самоочистка сит, что обеспечивает эффективное сепарирование сыпучих материалов. Поэтому для сепарирования трудносыпучих продуктов целесообразно применить сложное пространственное движение рабочего органа, как наиболее эффективное для связных материалов, в сочетании с высокочастотными колебаниями, интенсифицирующими процесс.

Разработка высокоэффективных сепарирующих машин во многом зависит от обоснованного выбора формы (геометрии) их рабочих органов. Геометрия рабочих органов при прочих равных условиях обусловливает технологическую эффективность работы машины. Установлено, что конструктивные схемы

вибрационных сепараторов, осуществляемых разделение по геометрическим признакам, базируются, главным образом, на использовании плоских сит. В этом случае не используются в полной мере гравитационные свойства сыпучей смеси, в результате эти устройства обладают низкой транспортирующей способностью и, как следствие, невысокой производительностью.

Низкая производительность машин с плоскими ситами объясняется малой относительной скоростью частиц по ситу.

В отличие от плоского, на коническом сите на скорость перемещения частицы в большей мере оказывает влияние сила тяжести, что повышает кинетическую энергию частицы, дает возможности сочетать лучшую динамику процесса с большей просеивающей поверхностью при сохранении тех же габаритов машины. Исходя из этих соображений, нами выбрана конусная форма рабочего органа (коническое сито). При этом следует отметить, что существуют два варианта установки конического сита: с нижним и верхним расположением вершины конуса (рис. 1).

При установке конического сита с нижним расположением вершины конуса площадь просеивающей поверхности, по мере прохождения по ней продукта, уменьшается и в результате этого увеличивается толщина слоя продукта (см. рис. 1 а), что снижает вероятность контактного взаимодействия проходовых частиц с ситом и отрицательно влияет на процесс самосортирования. Следует также отметить, что интенсивность просеивания в нижней части сита уменьшается, так как уменьшается концентрация проходовых частиц и в конце процесса остаются более крупные проходовые частицы, размеры которых приближаются к размерам отверстий сита. Эти частицы не могут войти в контакт с ситом из-за постоянно увеличивающейся толщины слоя продукта, что ведет к увеличению недосевов, в результате чего снижается технологический эффект сепарирования.

При установке конического сита с верхним расположением вершины конуса продукт, перемещаясь от центра к периферии, перераспределяется, попадая на все большую просеивающую поверхность, в результате чего толщина слоя в нижней части сита уменьшается (см. рис. 1 б), что создает благоприятные условия для протекания процесса самосортирования и увеличивает вероятность контактного взаимодействия проходовых частиц с ситом.

С учетом изложенного для трудносыпучих продуктов пищевой и зерноперерабатывающей промышленности разработан вибрационный сепаратор, который содержит рабочий орган конусной формы с верхним расположением вершины конуса. На рис. 2 представлена конструктивная схема вибрационного сепаратора.

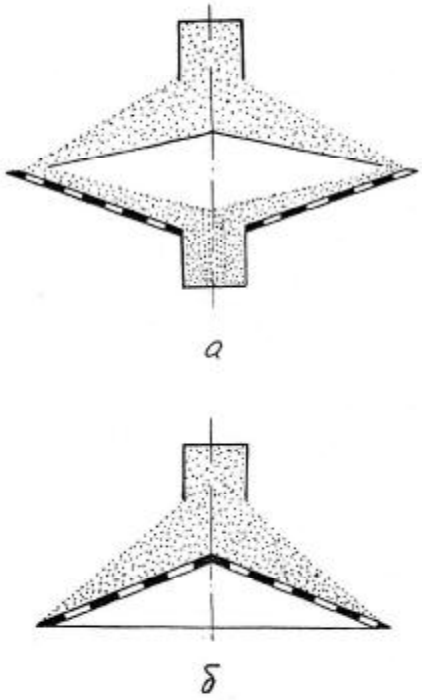


Рис. 1 – Распределение продукта на сите конусной формы с нижним (а) и верхним (б) расположением вершины конуса

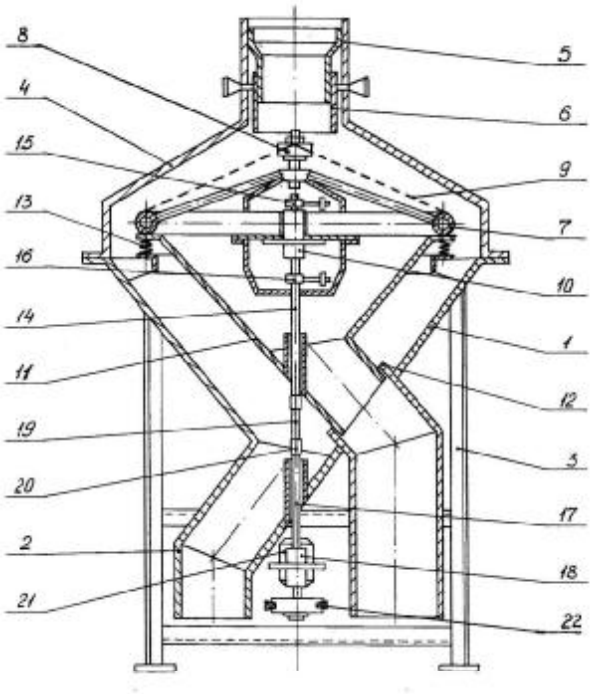


Рис. 2 – Конструктивная схема вибрационного сепаратора

Машина состоит из следующих основных узлов: сварной рамы *3*, на которую установлен конусный сборник сходовой фракции *1*, ситовой рамы *7*, конусного сборника проходовой фракции *11*, механизма вибратора *10* и крышки *4*.

Конусный сборник *1* снабжен выпускными патрубками *2* и *12*, соответственно, для сходовой и проходовой фракций.

Разгрузочный патрубок конусного сборника проходовой фракции входит в патрубок *12* с гарантированным зазором, предотвращающим соударения указанных элементов конструкции при движении колеблющейся части машины, в состав которой входят ситовая рама, механизм вибратора и конусный сборник проходовой фракции, жестко соединенные друг с другом. Колеблющаяся часть машины установлена на упругих элементах (пружинах) *13*.

Конструкция ситовой рамы предусматривает установку капроновых, металлотканых и металлических штампованных сит. С помощью узла натяжки *8* обеспечивается необходимая степень натяжения сита *9*.

Вал *14* механизма вибратора соединен с гибким валом *19*, снабженным соединительной муфтой *20*, которая с помощью двух диаметрально расположенных шпоночных канавок входит в зацепление с валом *17* нижнего подшипникового узла *18*. В конструкции соединительной муфты предусмотрена возможность ее вертикального перемещения. На валу механизма вибратора установлены два дебаланса: верхний *15* и нижний *16*. Проекции осей верхнего и нижнего дебалансов на горизонтальную плоскость образуют угол, изменяющийся в пределах 0...360° и называемый углом взаимного расположения дебалансов. Изменением угла взаимного расположения дебалансов в указанных пределах достигается изменение как величины, так и направленности амплитуд пространственных колебаний рабочего органа.

Крышка содержит центральный загрузочный патрубок *5*, внутри которого установлен патрубок *6*, имеющий возможность вертикального перемещения для регулировки нагрузки на рабочий орган.

С помощью электродвигателя *21* через клиноременную передачу *22* осуществляется привод машины. Для изменения частоты вращения вала механизма вибратора, а следовательно, и частоты колебаний рабочего органа предусмотрена установка многоступенчатых шкивов на валах электродвигателя и нижнего подшипникового узла.

Вибрационный сепаратор работает следующим образом. Вал *17* нижнего подшипникового узла *18* приводится во вращение от электродвигателя *21*. посредством гибкого вала *19* вращение передается валу *14* механизма вибратора *10*. При вращении вала механизма вибратора инерционные силы дебалансов *15* и *16* выводят колеблющуюся часть машины из положения равновесия, и рабочий орган *7* совершает сложное пространственное движение. Продукт, поступающий на рабочий орган через центральный загрузочный патрубок *5*, в результате вибрационного воздействия равномерно распределяется по ситу *9*. Частицы, размеры которых больше размеров отверстий сита, идут сходом и выводятся из машины через патрубок *2*. частицы, прошедшие через сито, собираются конусным сборником проходовой фракции *11* и выводятся из машины через патрубок *12*.

Одной из важных задач при использовании машин вибрационного принципа действия является поддержание заданных параметров вибрации во всех точках сепарирующей поверхности.

Сложность поддержания заданных параметров вибраций сепарирующей поверхности заключается в необходимости учета упругих и диссипативных свойств связей колеблющейся части машины и самой сепарирующей поверхности. В месте соединения механизма вибратора с ситовой рамой заданный закон колебаний обеспечивается сравнительно просто. Что касается ситовой поверхности, то здесь следует отметить, что слабое натяжение сита приводит к вынужденным колебаниям его поверхности относительно ситовой рамы, что отрицательно влияет не только на технологический эффект, но и на прочность сита. Поэтому очень важным является обеспечение необходимой степени натяжения сита, предотвращающей указанные отрицательные эффекты.

Для обеспечения заданной степени натяжения сита рабочий орган вибрационного сепаратора, как отмечалось выше, снабжен узлом натяжки. На рис. 3 представлена конструктивная схема конусного сита с узлом натяжки сита.

Узел натяжки сита содержит опорную гайку *1*, приваренную к несущему каркасу ситовой рамы *2*, подъемный палец *3*, имеющий возможность вертикального перемещения с помощью резьбового соединения с опорной гайкой *1*, две конусные шайбы — нижнюю *4* и верхнюю *5*, между которыми установлено сито *6*, контргайки *7* и *8*.

Узел работает следующим образом. На нижнюю конусную шайбу *4* устанавливается сито *6*, сверху устанавливается верхняя конусная шайба *5*. Шайбы обжимаются болтами с помощью резьбового соединения с нижней конусной шайбой. После чего путем вращения подъемного пальца *3* осуществляют натяжение сита *6*. Обеспечив необходимую степень натяжения последнего, зажимаются контргайки *7* и *8*.

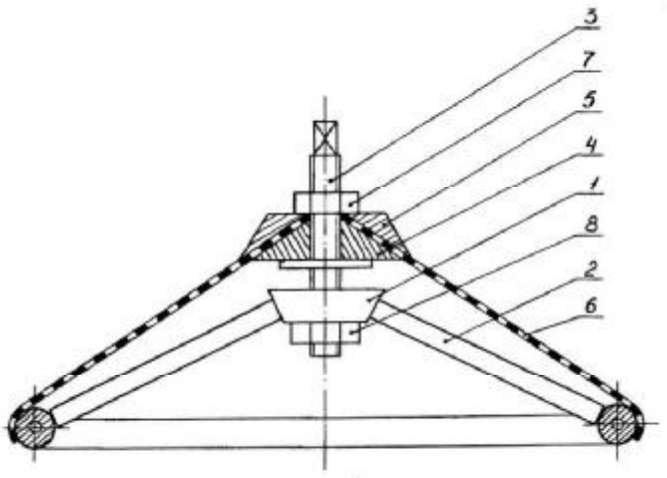


Рис. 3 – Конструктивная схема конусного сита с узлом натяжки

Конструктивное решение узла натяжки позволяет сохранять в течение длительного времени фиксированную степень натяжения сита. Дополнительное натяжение сита в период эксплуатации можно производить, не разбирая вибрационный сепаратор. Для этого через смотровой люк, предусмотренный в крышке сепаратора, поднимают путем вращения подъемный палец *3*.

Как известно, в зависимости от соотношения частоты возмущающей силы, величины массы и коэффициентов жесткости упругой подвески механическая колебательная система может находиться в дорезонансном, резонансном и зарезонансном режимах. Основными эксплуатационными требованиями, которые необходимо учитывать при конструировании вибрационной машины и установлении оптимального режима ее работы, являются стабильность закона движения рабочего органа при различных условиях загрузки машины обрабатываемым материалом и уменьшение динамических нагрузок, передаваемых на раму машины. Этим требованиям полнее других удовлетворяет зарезонансный режим работы машины, при котором обеспечивается устойчивое движение колебательной системы, малочувствительное к изменению неупругих сопротивлений (в том числе и к изменению нагрузки). Кроме того, установкой пружин малой жесткости удается значительно снизить динамические нагрузки, передаваемые на фундамент через раму машины. Поэтому нами выбран зарезонансный режим работы вибрационного сепаратора. В связи с этим собственные частоты колебаний системы выбирались настолько малыми, насколько позволяла динамическая прочность пружин. Это позволило сузить резонансную область, что обеспечило более быстрое прохождение колебательной системы через резонанс.

Известно, что амплитуда колебаний обратно пропорциональна массе колеблющейся части машины и прямо пропорциональна статическому моменту дебаланса. Снижение массы колеблющейся части машины позволяет уменьшить массы дебалансов, благодаря чему снижаются динамические нагрузки на раму машины и на подшипниковые опоры механизма вибратора. Решающим в определении минимального веса колеблющейся части машины является не загрузка ее обрабатываемым материалом, а динамическая прочность деталей. Поэтому при разработка сепаратора стремились обеспечить достаточную прочность и жесткость его конструктивных элементов, в частности, колеблющейся части машины.

Важным параметром вибрационной машины является расположение центра тяжести колеблющейся части. В известных вибрационных машинах с вертикальной осью вращения дебалансов центр тяжести располагается в плоскости верхнего дебаланса. В этом случае верхний дебаланс при вращении вала вибратора вызывает преимущественно горизонтальное колебательное движение системы. Нижний дебаланс, находясь значительно ниже центра тяжести колеблющейся части, возбуждает, в основном, поворотные колебания системы вокруг центра тяжести, т.е. преимущественно вертикальные составляющие колебания. При этом вертикальные составляющие амплитуд колебаний незначительно изменяются при изменении угла взаимного расположения дебалансов, так как верхний дебаланс располагается в плоскости центра тяжести колеблющейся части машины.

Для трудносыпучих продуктов пищевой и зерноперерабатывающей промышленности обладающих плохой сыпучестью, в наибольшей степени эффективно воздействие вертикальных составляющих амплитуд колебаний. Для режимов с подбрасыванием характерно пребывание частицы в течение некоторой части или всего цикла колебаний в состоянии полета над колеблющейся поверхностью. Слой сыпучего материала в этом случае находится в состоянии псевдосжижения и приобретает свойства вязких жидкостей.

Учитывая существенное влияние на сыпучую смесь вертикальной составляющей амплитуды колебаний, центр тяжести колеблющейся части вибрационного сепаратора расположили между дебалансами. Это заметно повлияло на соотношение и направленность возмущающих моментов верхнего и нижнего дебалансов, что количественно и качественно изменило картину составляющих амплитуд, так как при положении центра тяжести между дебалансами возмущающие моменты могут быть разных знаков (при

угле взаимного расположения дебалансов, равным 0°) или одного знака (при угле взаимного расположения дебалансов, равным 180°).

Выводы

Расположение центра тяжести между дебалансами позволило значительно расширить область варьирования амплитуды вертикальных колебаний, так как ее изменение достигается изменением возмущающих моментов от обоих дебалансов, а не от одного — нижнего, как это осуществляется при расположении центра тяжести в плоскости верхнего дебаланса. Благодаря этому снижены массы дебалансов, что уменьшило динамические нагрузки на подшипники механизма вибратора. Снижение масс дебалансов, в свою очередь, позволило уменьшить габариты и массу механизма вибратора и, как следствие, массу колеблющейся части в целом.

Литература

1. Гончаревич И.Ф. Вибрационная техника в пищевой промышленности / И.Ф. Гончаревич, Н.Б. Урьев, М.А. Талейсник. – М.: Пищ. пром-сть, 1977. – 280 с.
2. Гортинский В.В. Процессы сепарировании на зерноперерабатывающих предприятиях / В.В. Гортинский, А.Б. Демский, М.А. Борискин. – М.: Колос, 1980. – 304 с.
3. Заика И.М. Вибрационные зерноочистительные машины. – М.: Машиностроение, 1967. – 144 с.
4. Петрусов А.И. Зерноперерабатывающие высокочастотные вибрационные машины. – М.: Машиностроение, 1975. – 40 с.

УДК 665.37.03.047:66.061.5.23 (088.8)

РАЗРАБОТКА ЛИНИИ ПРОЦЕССА СУШКИ ФОСФАТИДНЫХ КОНЦЕНТРАТОВ ПОДСОЛНЕЧНЫХ МАСЕЛ

Алтайулы С., канд. техн. наук, доцент
Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

Разработана линия процесса сушки фосфатидных концентратов с применением новой конструкции ротационно-пленочного аппарата непрерывного действия, позволяющий сокращать энергозатраты с сохранением качественных показателями конечного продукта.

A line of the drying process phosphatidic concentrates using a new design rotary-film apparatus continuous, reduces energy consumption with preservation of quality indicators of the final product.

Ключевые слова: фосфатидные концентраты, процесс сушки, ротационно-пленочный аппарат.

Подсолнечное масло по химическому составу, представлено в основном триацилглицеринами (триглицеридами), сопутствующими веществами и не жировыми примесями, в зависимости от природы исходного жирового сырья и способа извлечения продукции. Виды подсолнечного масла, полученного холодным и горячим прессованием, методом экстракции из одного и того же сырья существенно отличаются не только по составу, но и по внешнему виду. Это обусловлено тем, что исходный материал, а также масло в зависимости от технологических приемов извлечения, подвергается тепловому и механическому воздействию, действию кислорода воздуха и воды, что приводит к изменению состава триацилглицеринов и веществ им сопутствующих. Состав извлекаемых масел и жиров может колебаться в достаточно широких пределах, что отражается на показателях качества и их свойствах.

Механизм процесса гидратации, протекающий в масле при внесении в него воды, обусловлен коллоидной природой фосфолипидов, растворенных в масле. В результате химического взаимодействия с водой фосфолипиды переходят в нерастворимый в масле осадок. На поверхности капель воды, внесенных при гидратации в масло, возникает липидный слой из фосфолипидов и триацилглицеринов. Молекулы фосфолипидов, обладающие большей гидрофильностью, диффундируют из объема масла к этой поверхности и постепенно вытесняют триацилглицерины, насыщая слой на поверхности капли. Особое значение при гидратации имеет количество введенной воды – гидратирующего агента. При малых ее количествах на поверхности капли образуется насыщенный поверхностный слой, состоящий в основном из молекул фосфолипидов, благодаря ориентации их полярных групп к водной фазе. При этом вода удерживается в объеме масла. Термодинамическая устойчивость такой системы обусловливает отсутствие агрегации и выпадения в осадок фосфолипидов.

С увеличением в системе количества воды при соотношении фосфолипиды: вода (1:0,5–1:5) в образовании поверхностных слоев одновременно с фосфолипидами участвуют и молекулы триацилглицеринов, т.е. образуются смешанные поверхностные слои. Максимум энергии такого взаимодействия в указанных слоях обнаруживается при соотношении фосфолипиды: триацилглицерины – 70:30. В результате этого формируется термодинамическая неустойчивая система, происходит коагуляция фосфолипидов, система разделяется на две фазы (масло и фосфолипидная эмульсия). Эффективность гидратации зависит от способности тех или иных групп фосфолипидов участвовать в образовании смешанных поверхностных слоев (фосфолипиды-триацилглицерины) на границе с водой.

Сопутствующие вещества, как и триацилглицерины, являются составными частями растительных клеток, извлекаются из масличного сырья вместе с триацилглицеринами за счет их высокой растворимости в них. Данная группа веществ присутствует в маслах в небольших количествах, которая, однако, существенно влияет на свойства жировых продуктов. Например, фосфолипиды, стерины, токоферолы и другие вещества повышают физиологическую ценность масла, а свободные жирные кислоты и госсипол снижают его качество.

Сопутствующие вещества растительных масел условно разделяют на две группы: образующиеся и накапливающиеся в семенах в процессе их созревания и переходящие в масло при его извлечении; вещества, образующиеся в семенах и масле в результате неблагоприятных условий хранения под воздействием технологических факторов (высокая температура, влага, кислород воздуха) при извлечении масла или его переработке.

К первой группе относят фосфорсодержащие вещества (фосфолипиды), пигменты (каротин, ксантофилл, госсипол, хлорофилл и др.), воски (восковые вещества), жирорастворимые витамины (А, Е, D, К), стеролы (стероиды), вещества, определяющие вкус и запах, свободные жирные кислоты, соединения типа гликолипидов, гликопротеины, фосфопротеиды и др.

Вторая группа включает продукты окислительной порчи (оксисоединения, альдегиды, кетоны, низкомолекулярные жирные кислоты и др.), продукты термического и гидролитического превращения, триацилглицерины и сопутствующие вещества (жирные кислоты, продукты полимеризации).

В семенах масличных культур при производстве растительных масел под действием воды и тепла молекулы белковых веществ переходят из глобулярной в фибриллярную форму с вскрытием гидрофобных групп, то есть происходит гидрофобизация белка. При нагревании влажной мятки эффект от повышения пластичности снижается за счет процесса денатурации белков. Изменение в процессе влаготепловой обработки претерпевают и вещества, сопутствующие маслам. Фосфолипиды, находящиеся в семенах масличных культур в связанном с белковым веществом состоянии, частично теряют эту связь, часть из них переходит в растительное масло.

Фосфолипиды представляют собой наиболее сложную и ценную группу полярных липидов. В масличных семенах они локализованы преимущественно в нежировой фазе в свободном и связанном с белками и углеводами состоянии. В зависимости от способов и режимов получения растительных масел степень извлечения фосфолипидов из масличного сырья составляет от 20 до 90 %. В состав фосфолипидов масличных культур входят глицерофосфолипиды.

Гидратация фосфолипидов представляет собой завершающий этап в технологии производства растительных масел, так как гидратированные масла устойчивы к хранению и транспортированию. При гидратации подсолнечного масла извлекаются фосфолипиды в виде самостоятельного физиологически ценного продукта. Гидратации подвергают только свежевыработанные непосредственно на маслодобывающих предприятиях масла, и этот процесс является важнейшим этапом при последующей рафинации и дальнейшей переработке растительных масел.

Фосфолипиды составляют наиболее сложную и ценную группу полярных липидов, сопутствующих триацилглицеринам. Они присутствуют в маслах сравнительно в небольших количествах, но благодаря своей активности существенно влияют на товарный вид масла и его технологические свойства. Фосфолипиды не устойчивы в нерафинированном масле, содержащем даже незначительное количество влаги (0,1-0,2 %), и при его хранении частично отделяются, образуя осадок. На тех стадиях рафинации, где используется вода или водные растворы, они стабилизируют эмульсии, в результате чего возникают трудности при разделении фаз. Все это вызывает необходимость извлекать фосфолипиды из нерафинированного масла перед его дальнейшей переработкой.

Учитывая высокие физиологические и пищевые достоинства фосфолипидов, а также их широкое применение в различных отраслях промышленности, предусматривается извлечение фосфолипидов с целью производства самостоятельного продукта (фосфатидных концентратов) из подсолнечного масла.

Традиционная технология проведения гидратации включает следующие основные этапы:

— смешивание масла с умягченной водой (температуру процесса и количество воды определяют в зависимости от природы масла и его качества);

— выдерживание смеси масло-вода для обеспечения процесса коагуляции фосфолипидов;

— разделение образовавшихся фаз (гидратированное масло—фосфолипидная эмульсия);

— высушивание гидратированного масла и получение товарного продукта;

— высушивание фосфолипидной эмульсии, получение фосфатидного концентрата или подсолнечных пищевых фосфолипидов (если гидратации подвергаются свежевыработанные масла для получения фосфатидного концентрата, фосфатидную эмульсию высушивают до влажности 1 %).

При необходимости предусматривают также удаление негидратируемых форм фосфолипидов.

Количество гидратирующего агента зависит от массовой доли фосфолипидов, их состава и структуры, и устанавливается с помощью пробной гидратации для каждой новой партии масла. Оптимальное количество гидратирующего агента по отношению к массовой доле фосфолипидов в масле составляет 1:1–1:2. Уменьшение количества агента приводит к неполной гидратации, а увеличение – к образованию стабильных эмульсий, что затрудняет разделение фаз.

Так как гидратация фосфолипидов протекает на границе раздела фаз вода-масло, то для обеспечения наибольшего эффекта, особенно на начальных этапах процесса, необходимо перемешивание. Оптимальный температурный режим гидратации зависит от природы масла, его качества и составляет 50 – 60° С. Гидратация протекает с выделением теплоты, поэтому при снижении температуры можно ожидать большей степени гидратации. Однако при этом возрастает вязкость масла, что затрудняет последующее разделение фаз. Проведение гидратации при температуре выше оптимальной приводит к ухудшению процесса из-за повышения растворимости фосфолипидов в масле.

При гидратации фосфатиды коагулируют в виде хлопьев, что обусловлено их коллоидно-гидрофильными свойствами. Масло с гидратированными хлопьями фосфатидов центрифугируется в сепараторах и отделившаяся фосфолипидная эмульсия, собирается в баке и насосом передается на высушивание для получения фосфатидного концентрата. Фосфолипидная эмульсия после гидратации подсолнечных масла в зависимости от применяемого способа имеет различный состав: (55-70) % влаги, (15-30) % фосфолипидов, (15-20) % масла.

Фосфолипидную эмульсию немедленно передают на высушивание до содержания влаги менее 1 %, в тонком слое при температуре (75-90) °С, при остаточном давлении 2,66 кПа, чтобы предотвратить возникновение и протекание гидролитических, окислительных и микробиологических процессов, и для увеличения срока хранения и улучшения качества готовых пищевых фосфатидных концентратов. Присутствие влаги определяет структурно-механические свойства фосфатидного концентрата. Только при влажности ниже 1 % концентрат имеет текучую консистенцию, что является весьма важным и позволяет значительно расширить область использования фосфатидных концентратов. Происходит отгонка части свободных жирных кислот и одорирующих веществ, в результате чего обеспечивается повышение качества полученного концентрата.

При обезвоживании фосфолипидной эмульсии происходят необратимые физико-химические, физико-механические и другие изменения в перерабатываемом продукте, что делает процесс сушки неэффективным. Несовершенство процесса сушки объясняется отсутствием научно-обоснованных режимов. С другой стороны, научно-обоснованный выбор режимов процесса сушки требует глубоких знаний о различных свойствах исследуемого продукта. Поэтому изыскание путей интенсификации и повышение качества готового продукта, а также разработка высокопроизводительных, простых по конструкции сушильных аппаратов является актуальной задачей.

Для высушивания фосфолипидной эмульсии используют горизонтальные цилиндрические или конические ротационно-пленочные сушильные аппараты.

Предлагаемый ротационно-пленочный аппарат [1–2], предназначен для проведения процесса выпаривания фосфолипидных эмульсий подсолнечных масел. Он выполнен горизонтально расположенного корпуса с крышкой и обогреваемыми стенками, снабжен патрубками для подвода и отвода пара, и для ввода исходного и вывода готового продукта, расположенными соответственно в верхней и нижней частях корпуса, сепарационным отбойником тарельчатого типа и сепарационной камерой. Камера имеет патрубки для подсоединения к вакуумной системе, размещенной внутри корпуса и закрепленной на валах с помощью ротора в виде звездообразного полого барабана постоянного сечения с расположенными на его наружной поверхности лопастями. В зоне между лопастями и в дисках ротора в направлении перемещения обрабатываемого продукта выполнена перфорация.

Данная конструкция ротационно-пленочного сушильного аппарата позволяет реализовать способ нагрева и вакуумного выпаривания для обезвоживания фосфолипидных эмульсий подсолнечных масел посредством следующей технологической линии включающая: непрерывнодействующий ротационно-пленочный сушильный аппарат с жесткозакрепленными лопастями ротора, трехступенчатый пароэжекторный вакуум-насос, парогенератор, сборник конденсата, питательный насос, участок подачи исходной фосфолипидной эмульсии в аппарат, участок отгоняемой вакуумной системой испаряемой парогазовой смеси из фосфолипидной эмульсии, участок подачи греющего пара для обогрева корпуса аппарата, уча-

стков отвода конденсата из паровой рубашки корпуса аппарата в сборник конденсата, и отвода конденсата в парогенератор, участок слива из аппарата готового фосфатидного концентрата.

Пищевые подсолнечные фосфолипиды, полученные по описанному выше способу, соответствуют требованиям ТУ 9146-002-41947042-99 «Пищевой подсолнечный фосфатидный концентрат». Они обладают поверхностной активностью и антиоксидантными свойствами, оказывают благоприятное воздействие на липидный обмен, функциональное состояние печени, снижают гиперхолестеринемию, повышают антиоксидантный потенциал организма и широко применяются в кондитерской, хлебопекарной, комбикормовой, фармацевтической и других отраслях промышленности.

Повышение пищевой ценности подсолнечных фосфатидных концентратов обусловлено следующими физиологическими функциями: они являются составной частью растительной или животной клетки; играют важную роль в строении клеточной оболочки, и активно участвуют в обмене жиров в организме человека. Фосфатиды резко ускоряют всасывание жиров, особенно высокоплавких, способствуют наиболее экономному использованию жиров и белков пищевого рациона [3].

Выводы

В результате исследовании определены физические характеристики (плотность, вязкость, текучесть), теплофизические и электрофизические свойства фосфолипидных эмульсий подсолнечных масел; обоснованы оптимальные рациональные режимы нагрева в процессе сушки фосфолипидных эмульсий подсолнечных масел; разработаны математические методы описания процесса сушки фосфолипидных эмульсий подсолнечных масел в ротационно-пленочном высокоэффективном сушильном аппарате; предложены расчетные зависимости для определения длительности процесса сушки, позволяющий получить конечный продукт с улучшенными показателями качества.

Разработана линия процесса сушки фосфатидных концентратов с применением новой конструкции ротационно-пленочного аппарата непрерывного действия, позволяющий сокращать энергозатраты на предприятиях масложировой промышленности.

Литература

1. Алтайулы, С. Интенсификация выпаривания фосфатидных эмульсий подсолнечных масел на ротационно-пленочном аппарате [Текст] / С. Алтайулы //Современное состояние и перспективы развития пищевой промышленности и общественного питания: в 3 т. Том I: Пищевая промышленность. Агропромышленный комплекс: Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, г. Челябинск, 11 декабря 2009 г. – Челябинск: Издательский центр ЮУрТУ,2010. – С. 19-22.
2. А.с. № 1722516 СССР. МКИ^3 BO1 D 3/30. Ротационно-пленочный аппарат [Текст] / С.А. Алтаев, К.Р. Репп, К.К. Кузембаев (СССР). – № 4775444/26; заяв. 20.11.89; опубл. 30.03.92, Бюл. № 12.– 4 с.: ил.
3. Арутюнян, Н.С. Фосфолипиды растительных масел. [Текст] / Н.С Арутюнян, Е.П. Корнена. – М.: Агропромиздат, 1986. – 256 с.
4. Корнена, Е.П. Химический состав, строение и свойства фосфолипидов подсолнечного и соевого масла [Текст] / Е.П. Корнена. – Дис…д-ра техн. наук. – Краснодар, 1986.– 272 с.

УДК 664.6/7

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ОБЖАРОЧНЫЕ АППАРАТЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Шевцов А.А., д-р техн. наук, профессор, Ткачев А.Г., соискатель, Острикова Е.А., студентка
Воронежская государственная технологическая академия

Разработаны конструкции обжарочных аппаратов, предназначенных для термической обработки зернового сырья и кофепродуктов. Особенностью конструкций является наличие движущихся формочек, вследствие чего продукт проходит зоны сушки, увлажнения и обжарки. Достоинствами аппаратов являются высокое качество получаемого продукта, значительная тепловая эффективность и высокая производительность.

Roaster constructions intended for raw grain and coffee product thermal treatment are developed. Construction peculiarity is a presence of moving moulds which results product to pass drying, moistening and

roasting zones. Devices advantages are high quality of obtained product, considerable thermal efficiency and high productivity.

Ключевые слова: обжарка, аппараты, зернопродукты, кофепродукты, энергосбережение.

В данный момент актуальным направлением в пищевой промышленности является создание аппаратов, применяемых для обжаривания зерно- и кофепродуктов. Такое оборудование может быть использовано в мукомольной и пищеконцентратной промышленности для термической обработки ячменя, ржи, овса, зерен кофе и др. Основными принципами, принимаемыми во внимание при конструировании агрегатов, являются энергосбережение, высокая конструктивная надежность, экологическая безопасность и высокое качество готового продукта.

В ходе исследований была разработана конструкция роторного обжарочного аппарата [1], отвечающая всем перечисленным выше требованиям.

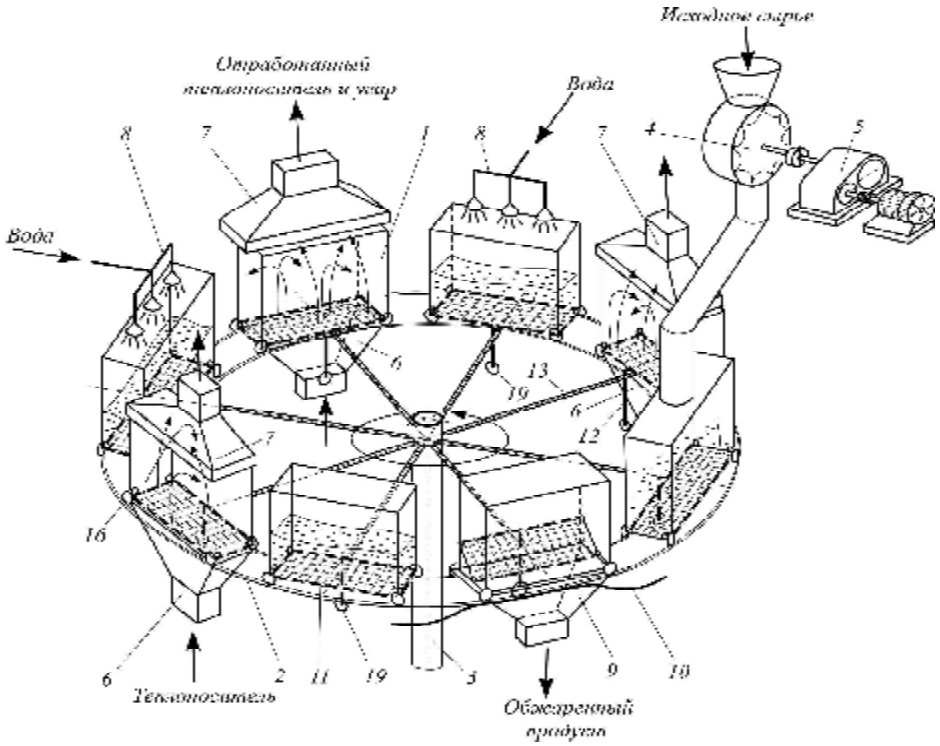


Рис. 1 – Роторный обжарочный аппарат

Роторный обжарочный аппарат (рис. 1) включает в себя прямоугольные формочки 1, две направляющие 2, приводной вал 3, загрузочное устройство 4 с приводом 5, патрубки 6 для подачи теплоносителя, вытяжные зонты 7 для отвода отработанного теплоносителя и угара, перфорированные трубы 8 с форсунками для подвода распыливаемой воды, разгрузочное устройство 9. Под каждой зоной обжарки снизу расположен патрубок для подвода теплоносителя, а над ними – вытяжные зонты для удаления отработанного теплоносителя и угара. Над каждой зоной увлажнения имеются перфорированные трубы с форсунками для тонкодисперсного распыления подаваемой воды. Нижний край каждой прямоугольной формочки с помощью крестовин 13 жестко соединен с приводным валом. По окружности роторного обжарочного аппарата параллельно расположены две направляющие, по которым перемещаются циклично с периодическими выстоями прямоугольные формочки с помощью приводного вала.

Основным рабочим элементом роторного обжарочного аппарата, в котором происходит обжарка зерен, их увлажнение и отлежка, является прямоугольная формочка (рис. 2 и 3). Она состоит из каркаса 17 с четырьмя колесиками 16. Дном формочки является перфорированная сетка 11, которая с помощью четырех роликов 14 имеет возможность перемещаться по пазам 18, которые выполнены в двух нижних и двух боковых параллельных направляющих каркаса. К подвижной перфорированной сетке с помощью шарнира 15 крепится стержень 12 с роликом 19, который контактирует с копиром 10, установленным под зоной выгрузки.

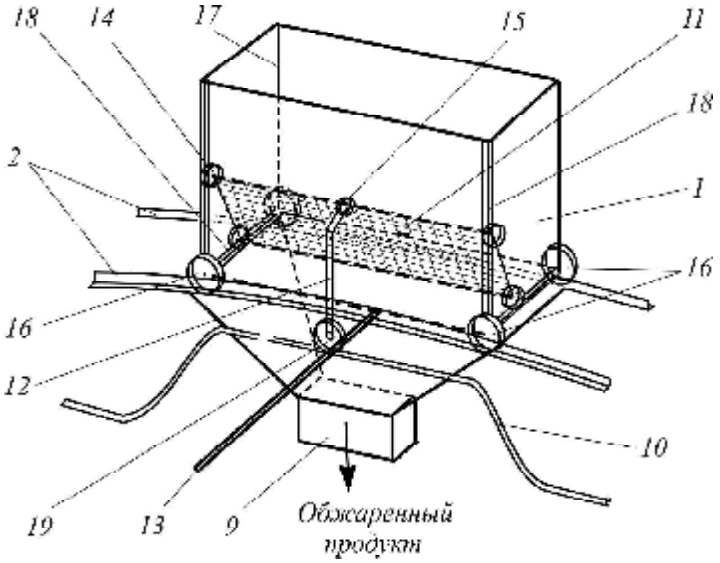


Рис. 2 – Прямоугольная формочка в зоне выгрузки обжарочного аппарата

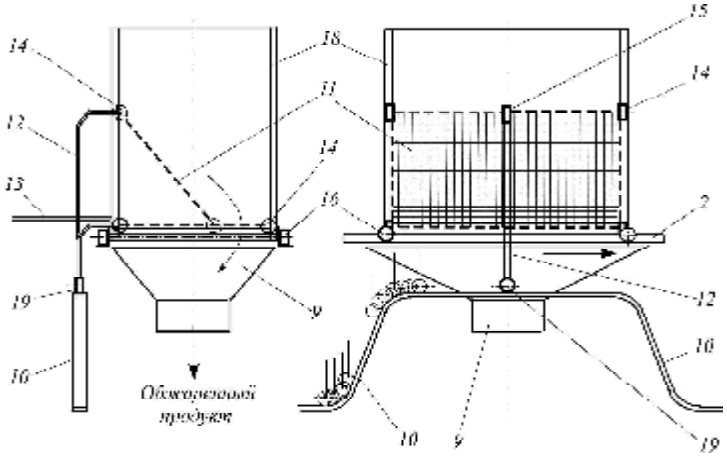


Рис. 3 – Зона выгрузки роторного обжарочного аппарата

Приводной вал работает циклично с периодическими выстоями. Для этого он снабжен электродвигателем, который, вращая вал, приводит с помощью крестовин в движение формочки: они перемещаются по направляющим с помощью колесиков. Формочки установлены с таким шагом и расположены таким образом, чтобы каждая из них находилась в одной из восьми зон: первая – в зоне загрузки, вторая – в первой зоне обжарки, третья – в первой зоне увлажнения; четвертая – во второй зоне обжарки, пятая – во второй зоне увлажнения, шестая – в третьей зоне обжарки, седьмая – в зоне отлежки и восьмая – в зоне выгрузки. Таким образом, при цикличном движении приводного вала с периодическими выстоями каждая из формочек перемещается последовательно через все восемь зон.

Роторный обжарочный аппарат работает следующим образом. Исходный продукт подают в приемный бункер загрузочного устройства. Затем включается привод и загрузочным устройством определенная порция исходного продукта засыпается в формочку, после чего привод загрузочного устройства выключается.

Включается электродвигатель, который приводит во вращение приводной вал. Приводной вал приводит с помощью крестовин в движение формочки, которые с помощью колесиков перемещаются по направляющим. Причем, после того как каждая из формочек переместится в следующую зону, электродвигатель выключается и приводной вал останавливается.

Когда первая формочка с продуктом полностью вошла в первую зону обжарки, через патрубок подают теплоноситель с заданными параметрами. Теплоноситель, имея скорость псевдоожижения, прохо-

дит через перфорированное днище формочки с продуктом, пронизывая его слой. Он приводит его в псевдоожиженное состояние, обеспечивая равномерное обжаривание всего объема продукта. Отработанный теплоноситель удаляется из первой зоны обжарки через вытяжной зонт, расположенный над первой зоной обжарки. В зависимости от вида обрабатываемого продукта может меняться гидродинамический режим его обработки.

В первой зоне обжарки происходит начальная стадия обжарки (сушка) продукта. При этом происходит постепенное увеличение температуры продукта без пересушивания его поверхностных слоев.

После этого приводной вал приводится во вращение и с помощью крестовин перемещает каждую из формочек в следующую зону. При этом формочки с помощью колесиков перемещаются по направляющим. Когда первая формочка с продуктом полностью вошла в первую зону увлажнения, электродвигатель выключается и приводной вал вновь останавливается. При этом формочка занимает фиксированное положение относительно перфорированной трубы, которая находится над ней. Затем из перфорированной трубы с форсунками для подвода распыливаемой воды, в первую зону увлажнения подают воду.

После прекращения распыливания воды включается приводной вал, который перемещает формочки в следующие зоны. Когда формочка с продуктом полностью вошла во вторую зону обжарки, приводной вал вновь останавливается и через патрубок во вторую зону обжарки подают теплоноситель с заданными параметрами. При этом увлажненный продукт подвергается дальнейшей обжарке. Теплоноситель, имея скорость псевдоожижения, проходит через перфорированное днище формочки с продуктом, пронизывая его слой. Он приводит его в псевдоожиженное состояние, обеспечивая равномерное обжаривание. Отработанный теплоноситель удаляется из второй зоны обжарки через вытяжной зонт, расположенный над второй зоной обжарки. В зависимости от вида обрабатываемого продукта может меняться гидродинамический режим его обработки. После завершения обжарки увлажненного продукта подача теплоносителя во вторую зону прекращается.

Затем приводной вал перемещает формочки в следующие зоны. Когда формочка с продуктом полностью вошла во вторую зону увлажнения, приводной вал вновь останавливается. При этом формочка занимает фиксированное положение относительно перфорированной трубы, которая находится над ней.

После этого из перфорированной трубы с форсунками для подвода распыливаемой воды, во вторую зону увлажнения подают воду.

После прекращения распыливания воды включается приводной вал, который перемещает формочки в следующие зоны. Когда формочка с продуктом полностью вошла в третью зону обжарки, приводной вал вновь останавливается и через патрубок в третью зону обжарки подают теплоноситель с заданными параметрами.

Здесь увлажненный продукт подвергается окончательной обжарке. В связи с тем, что каждая формочка последовательно проходит через три зоны обжарки и две зоны увлажнения, то в каждую зону обжарки подается теплоноситель с оптимальными параметрами в зависимости от вида обрабатываемого сырья.

После этого формочки перемещаются по направляющим. После полного вхождения в зону отлежки первой формочки с продуктом приводной вал вновь останавливается. Время выстоя формочки с продуктом в этой зоне используется для более равномерного распределения полей влагосодержания и температуры.

Затем приводной вал перемещает каждую из формочек в следующую зону. Когда первая формочка с продуктом начинает входить в зону выгрузки ролик контактирует с копиром и начинает по мере продвижения формочки поднимать переднюю кромку перфорированной сетки (рис. 3). Так как к подвижной перфорированной сетке с помощью шарнира крепится стержень с роликом, который контактирует с копиром, то ролики начинают двигаться по пазам, которые выполнены в двух нижних и двух боковых параллельных направляющих каркаса (рис. 2 и рис. 3). Когда подвижная перфорированная сетка поднята, то обработанный продукт ссыпаются с ее поверхности в разгрузочное устройство.

При этом электродвигатель выключается и приводной вал вновь останавливается. Благодаря тому, что угол наклона перфорированной сетки формочек при опрокидывании больше угла естественного откоса готового продукта, то этим обеспечивается полное и эффективное высыпание продукта из формочки в разгрузочное устройство.

Работа всех восьми формочек полностью синхронизирована. Это значит, когда восьмая формочка разгружается, в это время первая формочка загружается продуктом, вторая формочка с продуктом подвергается обработке в первой зоне обжарки и т. д. Затем приводной вал приводится во вращение и с помощью крестовин перемещает каждую из формочек в следующую зону. При этом первая формочка начинает выходить из зоны выгрузки. Стержень с роликом, который контактирует с копиром, начинает по мере продвижения формочки опускать переднюю кромку перфорированной сетки. Ролики двигаются по пазам, которые выполнены в двух нижних и двух боковых параллельных направляющих каркаса и опускают подвижную перфорированную сетку.

Таким образом, перемещаясь по роторному обжарочному аппарату, продукт последовательно подвергается всем этапам технологической обработки. Применение предложенной конструкции формочек, трехстадийной обжарки и двухстадийного увлажнения с отлежкой обеспечивает стабилизацию тепловлажностного режима и улучшает качество обжаренных зерен за счет более быстрого и равномерного увлажнения зерен. Данный аппарат универсален, т. е. он может быть использован для обжарки цикория, сои, каштанов и других продуктов.

Для предприятий малой производительности целесообразно использовать следующую конструкцию обжарочного аппарата [2].

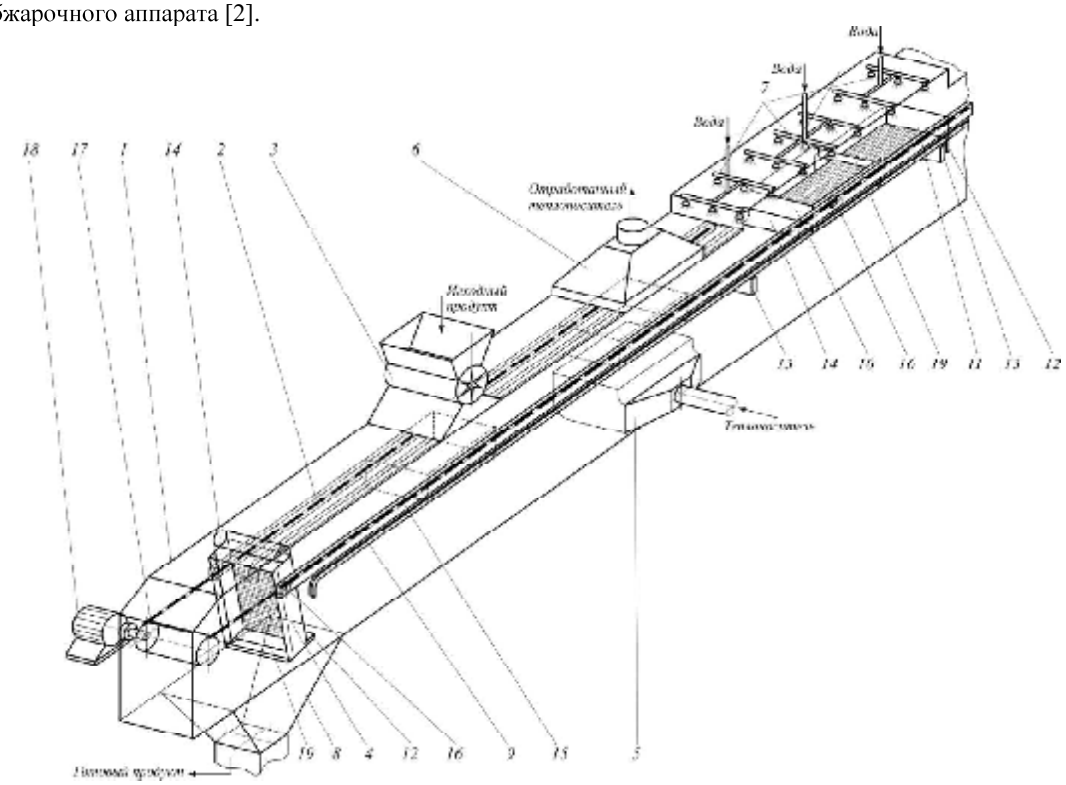


Рис. 4 – Обжарочный аппарат

Обжарочный аппарат (рис. 4) включает в себя рабочую камеру 1, тросовый транспортер 2, два загрузочных устройства 3, патрубки 5 для подачи теплоносителя, выходные патрубки 6 для отвода отработанного теплоносителя, трехсекционную перфорированную трубу 7 с форсунками для подвода распыливаемой воды, два разгрузочных устройства 8. В рабочей камере расположены две направляющие 9 и две прямоугольные формочки 4, которые тросовым транспортером перемещаются возвратно-поступательно.

Основным рабочим элементом аппарата, в котором происходит обжарка сырья, его увлажнение и отлежка, является прямоугольная формочка. Она состоит из наружного 10 и внутреннего 11 каркасов. Внутренний каркас установлен с возможностью перемещения относительно наружного каркаса. Для этого в нижней части внутреннего каркаса по обе стороны установлены штыри 12, которые при движении тросового транспортера контактируют с неподвижными планками 13, жестко закрепленных на направляющих в зоне увлажнения. На торцевой стенке наружного каркаса имеется механизм 14 перемещения внутреннего каркаса типа «рулетки». Днища наружного и внутреннего каркасов формочек выполнены перфорированными. На боковых стенках наружного каркаса установлена ограничительная планка 19, выполняющая функцию регулятора высоты слоя продукта при перемещении внутреннего каркаса.

По всей длине боковых стенок рабочей камеры имеются пазы 15, по которым перемещаются колесики 16 наружного каркаса, контактирующие с тросовым транспортером.

Тросовый транспортер работает возвратно-поступательно, циклично с периодическими выстоями. Для этого он снабжен двумя попеременно работающими электродвигателями 18, установленными по краям рабочей камеры. Электродвигатели попеременно приводят во вращение барабан 17, перемещая при этом формочки. На тросовом транспортере на некотором расстоянии друг от друга установлены две формочки, расположенные таким образом, чтобы одна находилась в зоне загрузки, а другая – в зоне обжарки. Таким образом, при движении транспортера перемещаются формочки.

Обжарочный аппарат работает следующим образом. Включается правый электродвигатель, начинает вращаться барабан тросового транспортера и первая пустая формочка с помощью колесиков, контактирующих с тросовым транспортером в пазах, перемещается в зону загрузки. Затем привод тросового транспортера выключается. Исходный продукт подают в приемный бункер загрузочного устройства, и оттуда определенная порция исходного продукта засыпается в формочку.

После этого включается регулируемый правый электродвигатель тросового транспортера, который перемещает формочку с продуктом в зону обжарки. Когда формочка с продуктом полностью вошла в зону обжарки, тросовый транспортер вновь останавливается.

Через патрубок подают теплоноситель с заданными параметрами. Теплоноситель, имея скорость псевдоожижения, проходит через перфорированное днище формочки с продуктом, пронизывая его слой и образуя кипящий слой. Отработанный теплоноситель удаляется из зоны обжарки через выходной патрубок.

В связи с тем, что рабочая камера имеет одну зону увлажнения и две зоны обжарки (левая и правая – по обе стороны зоны увлажнения), то в каждую зону подается теплоноситель с оптимальными параметрами в зависимости от вида обрабатываемого сырья (цикория, сои, каштанов и других продуктов). В первой зоне обжарки происходит начальная стадия обжарки (сушка) продукта. В этот момент он подвергается обработке теплоносителем с температурой 433…453 К. При этом происходит постепенное увеличение температуры продукта без пересушивания его поверхностных слоев.

Возможность регулирования продолжительности выстоя позволяет изменять время пребывания продукта в зоне обжарки рабочей камеры.

После этого включается регулируемый правый электродвигатель тросового транспортера, который перемещает формочку с продуктом в зону увлажнения. При этом при входе формочки в зону увлажнения штыри внутреннего каркаса входят в контакт с неподвижной планкой, жестко закрепленной на направляющих в зоне увлажнения. В результате внутренний каркас выдвигается из наружного каркаса. Ограничительная планка, установленная на боковых стенках наружного каркаса, регулирует высоту слоя продукта при перемещении внутреннего каркаса. Площадь ситчатого днища увеличивается за счет выдвижения внутреннего каркаса.

Когда формочка с продуктом полностью вошла в зону увлажнения, тросовый транспортер вновь останавливается. При этом формочка занимает фиксированное положение относительно трехсекционной перфорированной трубы, которая находится над ней.

После этого из первой и второй секций перфорированной трубы с форсунками для подвода распыливаемой воды в зону увлажнения подают воду. Количество воды, подаваемой на увлажнение продукта, выбирают с учетом технологических требований к качеству продукта.

После прекращения распыливания воды включается регулируемый левый электродвигатель тросового транспортера, который перемещает формочку с продуктом из зоны увлажнения в противоположном направлении, возвращая ее в зону обжарки. Когда формочка с продуктом полностью вернулась в зону обжарки, тросовый транспортер вновь останавливается. При этом при выходе формочки из зоны увлажнения штыри внутреннего каркаса выходят из контакта с неподвижной планкой, жестко закрепленной на направляющих в зоне увлажнения. За счет механизма типа «рулетки», расположенного на торцевой стенке наружного каркаса, внутренний каркас перемещается внутрь наружного каркаса. Площадь ситчатого днища формочки уменьшается за счет перемещения внутреннего каркаса.

Далее увлажненный продукт подвергается окончательной обжарке.

После этого включается регулируемый левый электродвигатель тросового транспортера, который перемещает формочку с продуктом в зону загрузки. Когда формочка с продуктом полностью вошла в зону загрузки, тросовый транспортер вновь останавливается. В этот момент загрузка продукта в формочку не осуществляется. Время выстоя формочки с продуктом в этой зоне используется для отлежки с целью более равномерного распределения полей влагосодержания и температуры.

Затем включается регулируемый левый электродвигатель тросового транспортера, который перемещает формочку с продуктом в зону выгрузки. Когда формочка с продуктом полностью вошла в зону выгрузки, тросовый транспортер вновь останавливается. В этот момент формочка опрокидывается и готовый продукт из нее выгружается в разгрузочное устройство. Благодаря тому, что угол наклона формочек при опрокидывании больше угла естественного откоса готового продукта, обеспечивается полное и эффективное высыпание продукта из формочек в разгрузочное устройство.

Работа левой и правой формочек полностью синхронизирована. Это значит, когда левая формочка разгружается, в это время правая формочка с продуктом подвергается обработке в зоне увлажнения. Когда левая формочка, переместившись из зоны выгрузки в зону загрузки, заполняется продуктом, правая формочка с высушенным продуктом подвергается тепловой обработке в зоне обжарки.

Когда левая формочка с продуктом, переместившись из зоны загрузки в зону обжарки, подвергается тепловой обработке (сушке) в ней, правая формочка с обжаренным продуктом отлеживается в зоне загрузки с другой стороны обжарочного аппарата.

Когда левая формочка с продуктом, переместившись из зоны обжарки в зону увлажнения, увлажняется мелкодиспергированной влагой, готовый продукт из правой формочки высыпается в разгрузочное устройство.

Применение предложенной конструкции формочек и механизма выдвижения внутреннего каркаса в зоне увлажнения и обеспечивает стабилизацию тепловлажностного режима и улучшает качество обжаренного продукта за счет его более быстрого и равномерного увлажнения.

Выводы

Следует отметить значительные преимущества разработанных конструкций:

— более высокая производительность за счет интенсификации процесса вследствие использования активных гидродинамических режимов,

— возможность улучшения качества получаемого продукта за счет снижения угара вследствие применения более мягких, «щадящих» режимов и равномерной обработки;

— оптимизация процесса обжарки различного исходного сырья за счет регулирования температуры и влажности продукта в зонах обжарки и увлажнения;

— расширение области применения за счет достигнутой универсализации механизма равномерного увлажнения в тонком слое и интенсивной обжарки.

Литература

1. Пат. № 2328129 РФ, МКИ[7] A 23 F 5/04. Роторный обжарочный аппарат / Шевцов А. А., Острикова Е.А., Ткачев А.Г.; Воронеж. гос. технол. акад. - № 2007104258/13; Заявлено 06.02.2007; Опубл. 10.07.2008; Бюл. № 19//Открытия. Изобретения. – 2008. – № 19.
2. Пат. № 2267938 РФ, МКИ[7] A 23 F 5/04 A 23 F 3/06 B 26 B 15/00. Обжарочный аппарат / Шевцов А. А., Остриков А. Н., Шамшина И. В., Куцов С. В.; Воронеж. гос. технол. акад. - № 2004130340/13; Заявлено 15.10.2004; Опубл. 20.01.2006; Бюл. № 02//Открытия. Изобретения. – 2006. – № 02.

УДК 66.028:664.127

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТЫ ОБЪЁМНЫХ ДОЗАТОРОВ РИСА ДРОБЛЕННОГО

Заплетников И.Н., д-р техн. наук, Владимиров С.В., канд. техн. наук
Донецкий национальный университет экономики и торговли
имени Михаила Туган-Барановского, г. Донецк

В статье приведены результаты экспериментальных исследований объёмного дозатора для фасовки риса дробленного, позволяющие найти его рациональные параметры и изучить процесс дозирования.

In article results of experimental researches volume dozatora for rice fa-scoops дробленного are resulted, allowing to find its rational parametres and to study process dozi-rovanija.

Ключевые слова: объёмный дозатор, вибратор, мерная ёмкость, рис.

Рис, как и другие «бакалейные» продукты являются наиболее массовыми, разнообразными и трудоемкими для ручной дозирования и упаковки. До сих пор не так уж много найдется фасовочных автоматов для риса целого и дробленного, которые реально смогут обеспечить требуемую точность и производительность. Причина кроется в изменяющихся в процессе фасовки физико-механических характеристик риса, особенно его крошке. Это и обусловило создание нового поколения фасовочного оборудования.

Тенденция развития автоматической фасовки направлена на создание крупных фасовочных предприятий. Для них требуется высокопроизводительное оборудование. Поэтому все разработанное в последнее время фасовочное оборудование, предназначенное для предприятий выпускающих крупы, имеет объемное дозирование. Несмотря на все плюсы объёмных дозаторов они обладают низкой точностью отмеривания доз, что значительно сдерживает их применение.

Вот почему целью работы явилось изучение процесса объёмного дозирования риса дробленного, позволяющее найти рациональные параметры фасовочной машины.

Проведя анализ существующих конструкций оборудования для повышения точности отмеривания доз, авторами предложен новый способ дозирования сыпучих тел и устройства для его осуществления. Со-

гласно его вибрирующая мерная ёмкость заполняется струёй крупы. Это приводит к равномерной укладки её ядер под действием вибрации и ликвидирует негативное влияние воздуха. В результате повышается точность дозирования и упрощается конструкция дозатора [1,2].

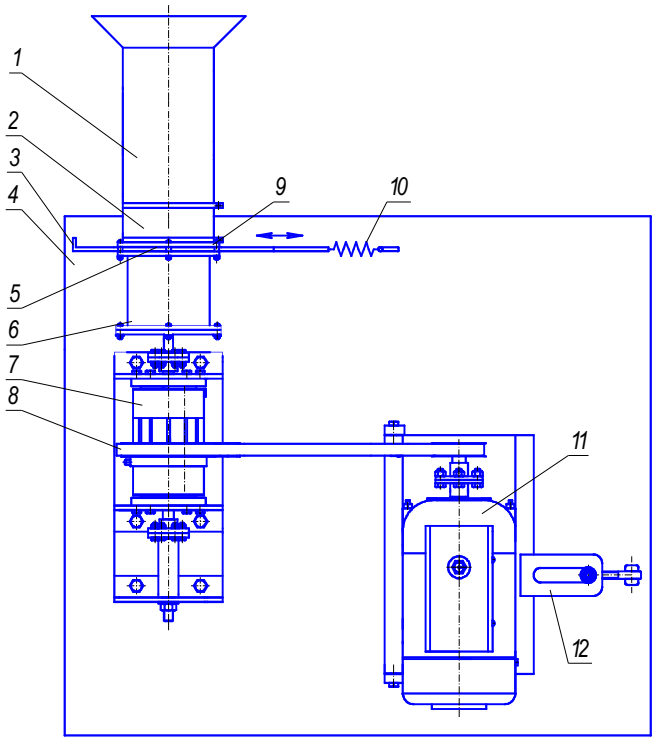
Для выявления рациональных параметров дозатора круп, в котором реализован предложенный способ дозирования был разработан и изготовленный экспериментальный стенд (рис. 1). Стенд позволяет выявить влияние на точность объемного дозирования круп следующих факторов: диаметра мерной емкости; частотно-амплитудных колебаний вибратора; времени вибровоздействия; диаметра отверстия заслонки. Кроме того, с его помощью можно изучить механизм заполнения мерной ёмкости исследуемым продуктом.

Экспериментальный стенд для изучения процесса объемного дозирования круп состоит из мерной ёмкости 6, соединённой с неподвижным бункером 1 эластичным рукавом. В верхней части ёмкости 6 размещены заслонка 5 и подпружиненный (пружина 10) шибер 3. Шибер 3 совершает возвратно - поступательное движение в направляющих 9.

Ёмкость крепится к механическому вибратору круговых колебаний 7, который приводится в движение посредством клиноременной передачи 8 электродвигателем с регулируемым числом оборотов 11. Натяжения ремня проводится устройством 12. Все элементы дозатора установлены на станине 4, которая крепится специальными болтами к фундаменту.

Перед экспериментом проводили подготовку стенда к работе для чего: устанавливали на вибратор испытуемую мерную ёмкость и заслонку; закрывали шибер; засыпали в бункер гречневую крупу, которая сосредотачивалась над шибером; устанавливали на вибраторе амплитуду и частоту.

Открывали шибер 3. Продукт из бункера 1 через отверстие в заслонке 5 поступал в вибрирующую мерную ёмкость. Под действием вибрационных сил крупа равномерно, пластами, заполняла её. Воздух свободно вытекал из ёмкости и не рыхлил испытуемое тело. Вместе с тем возникали благоприятные условия для укладки частиц. Всё это способствовало повышению точности дозирования.



1 – бункер; 2 – рукав эластичный; 3 – шибер; 4 – станина; 5 – заслонка; 6 – мерная ёмкость; 7 – вибратор; 8 – передача клиноременная; 9 – направляющие; 10 – пружина; 11 – электродвигатель; 12 – натяжное устройство

Рис. 1 – Экспериментальный стенд для изучения влияния диаметра мерной ёмкости, частотно-амплитудных колебаний вибратора, времени вибровоздействия, диаметра отверстия заслонки на точность дозирования

Когда ёмкость заполнится крупой, закрывали шибер 3. Снимали мерную ёмкость с вибратора. Высыпали отмеренную дозу в тару, которую в дальнейшем взвешивали на весах с точностью $\pm$ 1г.

Проведенные эксперименты позволили: в комплексе выявить влияние диаметров мерной ёмкости (X_1) и отверстия заслонки (X_2), времени вибровоздействия (X_3) и амплитудно - частотных характеристик вибратора (соответственно, X_4 и X_5) на точность объёмного дозирования (дисперсию).

В связи с тем, что в период фасовки физико – механические характеристики рис изменяются в меньших пределах чем дробленного, а это в значительной степени влияет на точность отмеривания доз, испытанию был подвержен рис дробленный.

Уровни варьирования факторов приведены в таблице 1. В качестве целевой функции принята дисперсия, определяемая по 45 повторениям опытов.

Таблица 1 – Уровни варьирования факторов

Наименование	Факторы				
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Нулевой уровень	0,08	0,03	7,5	2×10^{-3}	7,5
Интервал варьирования	0,025	0,01	2,5	1×10^{-3}	2,5

После обработке данных матрицы получены коэффициенты регрессии входящие в полиномиальное уравнение и графические зависимости (рис. 2,3,4), описывающие поверхность отклика для риса дробленного.

$$У = 4{,}9X_o + 0{,}34X_1 - 0{,}3X_1^2 + 0{,}1\,X_2 - 0{,}8\,X_2^2 + 0{,}06\,X_3 + 0{,}16X_4 + 0{,}36X_4^2 + 0{,}37\,X_5 + 0{,}6X_5^2 - 0{,}24X_1X_2 + 0{,}22X_1X_3 + 0{,}4X_1X_4 + 0{,}77X_1X_5 + 0{,}45X_2X_3 - 0{,}25X_2X_4 - 0{,}28X_2X_5 + 0{,}22X_3X_4 + 0{,}6X_3X_5 + 0{,}48\,X_4X_5.$$

Полученное уравнение адекватно описывает поверхности отклика.

Проведя, нумизацию полученной функции, найдены оптимальные значения, в закодированной форме, изучаемых факторов для риса дробленного: $X_1 = -1$; $X_2 = -1$; $X_3 = +1$: $X_4 = +1$; $X_5 = -1$.

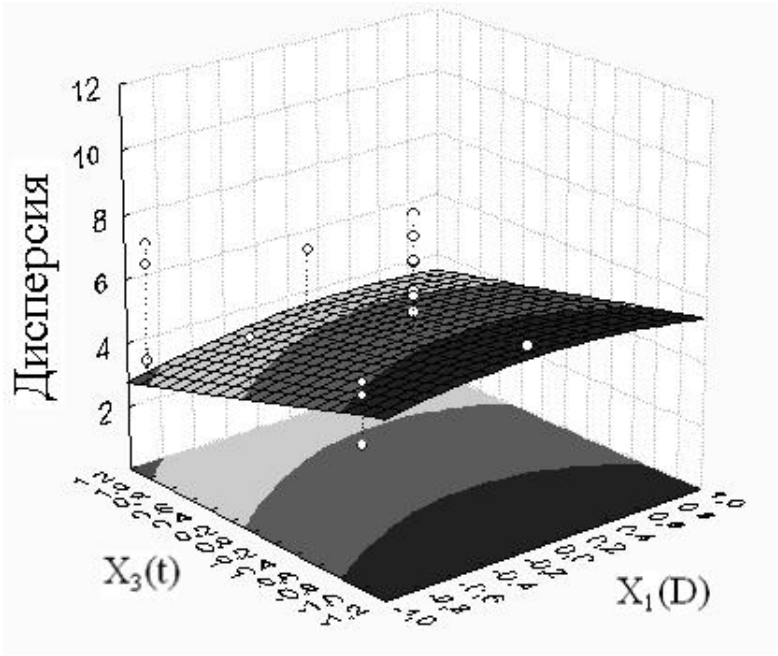


Рис. 2 – Влияние времени вибровоздействия (X_3) и диаметра мерной ёмкости (X_1) на точность дозирования (S) при $X_2 = -1$, $X_4 = +1$, $X_5 = -1$

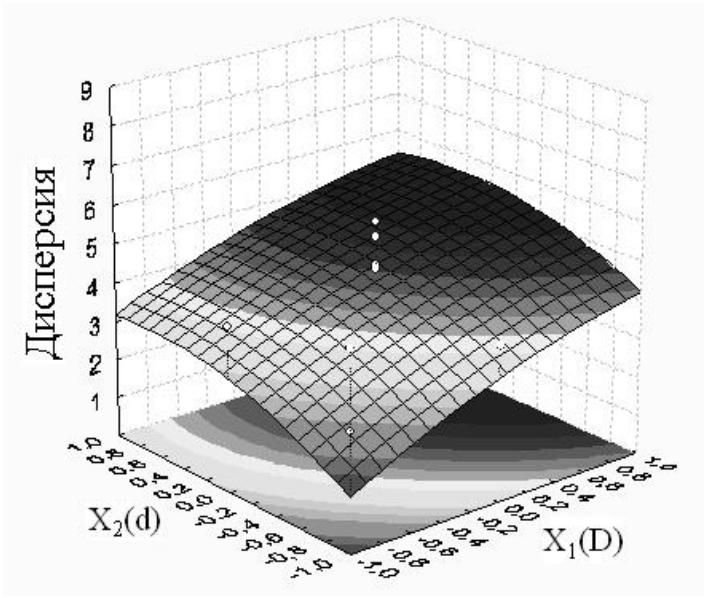


Рис. 3 – Влияние диаметров мерной ёмкости (X_1) и заслонки (X_2) на точность дозирования (S) при $X_3 = 1$, $X_4 = 1$, $X_5 = –1$

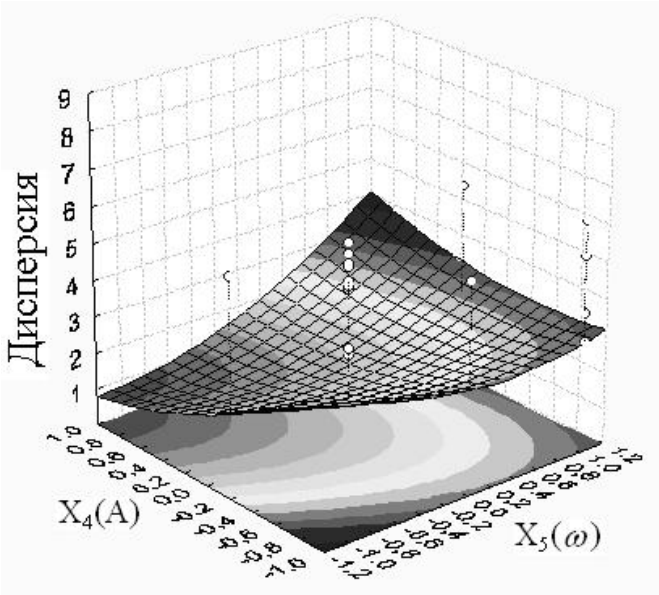


Рис. 4 – Влияние частотно – амплитудных характеристик вибратора (X_4, X_5) на точность дозирования (S) при $X_1 = –1$, $X_2 = –1$, $X_3 = 1$

Анализ уравнения позволил утверждать, что наибольшее влияние на точность объемного дозирования оказывает диаметр мерной емкости (X_1). С увеличением диаметра ориентирующие свойства цилиндра уменьшаются, а дисперсия, соответственно, возрастает. Однако чрезмерное уменьшение диаметра ёмкости приводит к уменьшению производительности дозатора, появлению заторов в ёмкости, а также увеличению высоты дозирующей головки.

Безусловно, на точность дозирования влияет и диаметр заслонки (X_2). Увеличение его приводит к возрастанию площади с которой "лишний" продукт удаляется шибером, а соответственно и точность понижается.

С увеличением времени воздействия вибрации (X_3) на испытуемый продукт точность дозирования повышается. При малом времени вибрации, продукт, расположенный в верхней части мерной емкости не успевает сориентироваться.

В значительной степени на процесс объемного дозирования влияют частота, амплитуда вибратора и их парное взаимодействие. При этих больших амплитудах (X_4) крупинки верхнего слоя продукта выходят из мерника. В зазоры между ними вклиниваются другие крупинки, находящиеся в бункере, что приводит к разориентации этого слоя.

При больших частотах (X_5) и амплитудах возникает "кипение" верхнего слоя продукта, находящегося в мернике, что способствует нарушению ориентации. Однако при малых амплитудно-частотных характеристиках вибратора отмечается стесненное движение продукта, не позволяющее ориентировать крупинкам продукта. Нарушается послойное наполнение ёмкости продуктом. В этих случаях дисперсия высока.

Вывод

Получена статистическая математическая модель процесса объёмного дозирования дробленного риса, решение которой позволило выявить влияние рассмотренных факторов на точность отмеривания доз и определить рациональные параметры вибрации, мерной ёмкости и заслонки. Так можно рекомендовать: диаметры мерника и заслонки соответственно 0,055 и 0,03 м, время вибровоздействия 7,5 с, амплитуду колебаний вибратора 0,003 м, частоту колебаний вибратора – 15,5 $с^{-1}$.

Литература

1. Патент 7636 (UA) Спосіб порціонного дозування сипучих тіл./ Заплетніков І.М., Владіміров С.В. – Опубл. в Бюл. №7, 15.07.2005
2. Патент 8045 (UA) Пристрій для порціонного дозування сипучих тіл./ Заплетніков І.М., Владіміров С.В. – Опубл. в Бюл. №7, 15.07.2005

УДК 621.313.332

КЛАССИФИКАЦИЯ ГЕНЕРАТОРОВ ПО ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ПОТОКАМ

Вишневский Л.В., д-р техн. наук, профессор, Козырев И.П.
Одесская национальная морская академия

Выполнена классификация систем автоматической стабилизации частоты тока валогенераторных установок по организации энергетических потоков в них.

Made a classification system of automatic frequency stabilization of the current generating units for the organization of energy flow in them.

Ключевые слова: генератор, стабилизация частоты, передаточная функция.

Основной проблемой, сдерживающей внедрение валогенераторных установок (ВГУ), является сложность стабилизации частоты генерируемого тока при изменяющейся частоте вращения генератора. До настоящего времени нет однозначных технических решений этой задачи, хотя предложено много методов и схем стабилизации частоты ВГУ.

Целесообразность применения той или иной схемы ВГУ должна определяться в каждом конкретном случае использования с учетом режимов эксплуатации, а также приемлемости технических средств.

Выполним классификацию схем стабилизации частоты ВГУ по организации энергетических потоков в них, см. рисунок, [1-7]. Предлагавшиеся ранее классификации учитывали только род тока ВГУ или их конструктивные особенности.

Сравним между собой различные ВГУ по экономическим критериям, определим рациональную структуру системы стабилизации частоты, а также области применения ВГУ, путем анализа распределения энергетических потоков внутри ВГУ, а также учета места, способа преобразования и регулирования энергопотоков.

Все валогенераторы переменной частоты вращения можно разделить на однопоточные **/I/** и многопоточные **/II/.** Предложенная классификация показана на рисунке.

В однопоточных ВГУ весь поток энергии проходит от вала к сети не разделяясь. Стабилизация частоты тока осуществляется за счет регулирования основного потока энергии. Воздействие на поток энергии однопоточного ВГУ может осуществляться до генератора /1.1/ и после него /1.2/**.**

1.1/ Валогенераторы, у которых частота генерируемого тока стабилизируется путем регулирования основного потока до генератора, т.е. переменная частота вращения вала отбора мощности преобразуется в постоянную частоту вращения ротора генератора.

Регулирование потока энергии в валогенераторе может производиться как без преобразования механической энергии в другой вид /1.1.1/ так и с преобразованием /1.1.2/.

1.1.1/ Генераторные установки без преобразования механической энергии в другой вид энергии до генератора. Здесь используются механические вариаторы, нашедшие свое применение в авиации.

1.1.2/ Стабилизация частоты вращения генератора происходи за счет промежуточного преобразования механической энергии в другой вид энергии. Получили распространение электрические /1.1.2.1/, гидравлические /1.1.2.2/ и пневматические /1.1.2.3/ приводы постоянной частота вращения для генераторов переменное тока.

1.1.2.1/ Валогенераторы с электромеханическим преобразователем частоты вращения. Такие генераторные установки являются самыми распространенными. В качестве электромеханического стабилизатора частоты используется система генератор-двигатель, электромагнитная муфта скольжения (ЭМС), электродинамический редуктор.

Валогенераторы с электромеханическим звеном постоянной частоты вращения установлены на теплоходах французской постройки "Stulehurst", "Velle de Djibouti", на речном буксире-толкаче типа т/х "Корнайбург".

1.1.2.2/ Валогенератор с гидравлическим преобразователем частоты вращения. Аналогично электромеханическим стабилизаторам гидравлические устройства действуют по принципу гидронасос-гидромотор или гидромуфты. Генераторные агрегаты с гидравлическими стабилизаторами частоты вращения установлены на судах типа т/х "Ялта", речных буксирах-толкачах типа "Минск".

1.1..2.3/ Генераторные установка с пневматическим преобразователем частота вращения. Исследование таких приводов в МИИТе

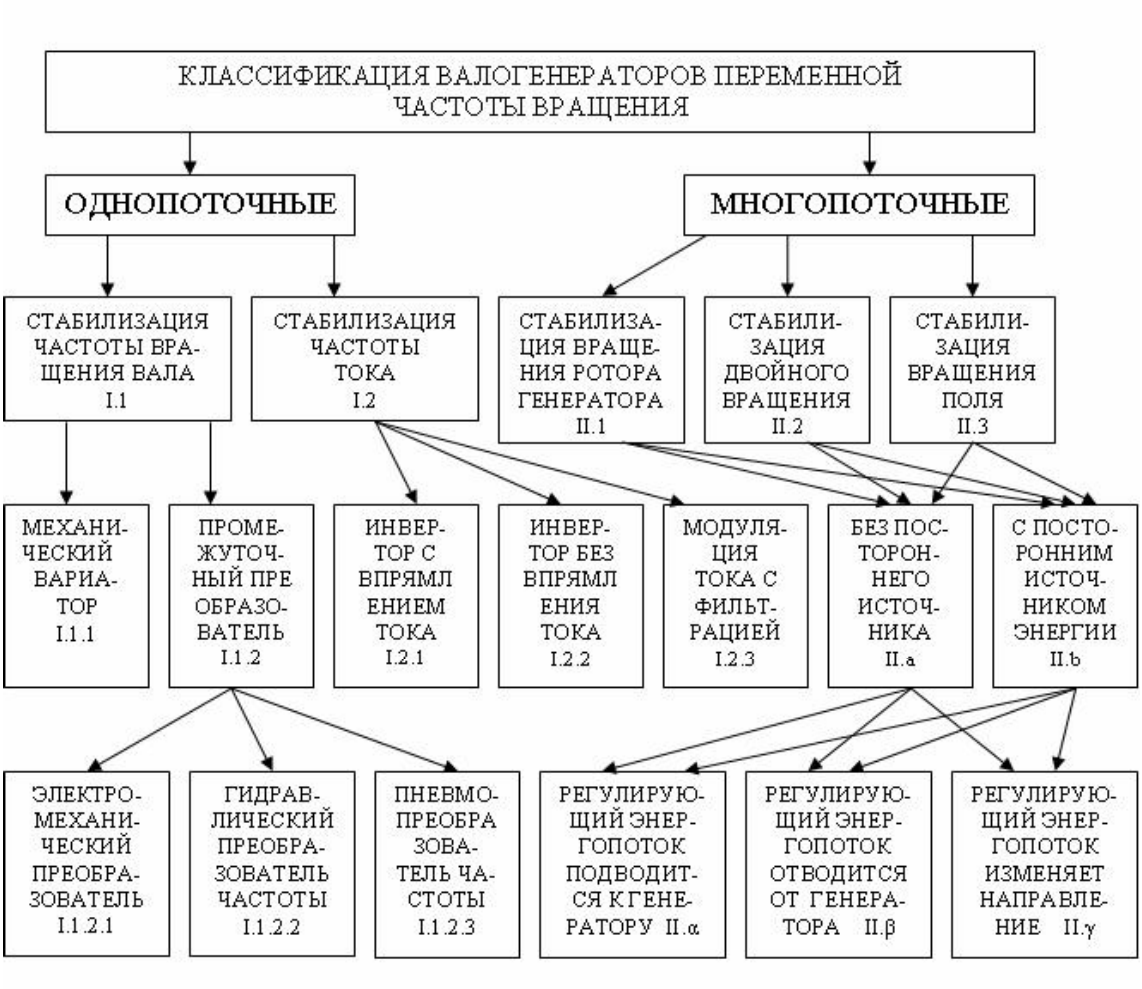


Рис. – Классификация валогенераторов с переменной частотой вращения и стабилизированной частотой тока

Установки с гидравлическими или пневматическими преобразователями частоты вращения компактны, но достаточно сложны в изготовлении и эксплуатации.

1.2/ Валогенераторы, частота переменного тока которых стабилизируется устройствами, установленными между генератором и нагрузкой. Эти устройства преобразуют ток изменяющейся частоты генератора в ток постоянной частоты потребителей. Известны следующие разновидности таких установок.

1.2.1/ Установки со статическим преобразователем частоты звеном постоянного тока, которые, например, используются в качестве источника электроэнергии на теплоходе "Po1аг Ecuador".

1.2.2/ Валогенераторы с преобразователем частоты с непосредственной связью сети генератора и цепи нагрузки. Формирование переменного тока постоянной частоты осуществляется статическими тиристорными преобразователями о принудительной или естественной коммутацией. В настоящее время такие установки нашли применение в авиации и на железнодорожном транспорте.

Валогенераторные установки с тиристорными преобразователями частоты содержат одну электрическую машину и блок полупроводниковых элементов. Это позволяет уменьшить объем оборудования в машинном отделении судна, снизить до минимума количество механических контуров. Однако надежность современных тиристорных преобразователей частоты невысока, а кривая выходного напряжения содержит большой процент высших гармоник. Эти обстоятельства являются основными препятствиями для широкого внедрения генераторных систем со статическими преобразователями.

1.2.3/ Генераторный агрегат с модуляцией тока генератора с последующей его фильтрацией. Схема предложена Д.З. Брускиным.

Характерной особенностью однопоточных ВГУ является то, что весь поток энергии, отбираемый от приводного вала, последовательно проходит через все силовые агрегаты. Поэтому эти элементы валогенератора должны быть рассчитаны на мощность, несколько большую, чем номинальная мощность ВГУ. Это приводит к большим габаритам, весам и первоначальной стоимости валогенератора. Кроме того, однопоточная ВГУ имеет более низкий к.п.д., чем многопоточная, т.к. он равен произведению к.п.д. всех агрегатов, через которые проходит основной поток энергии. В результате стоимость электроэнергии однопоточных ВГУ оказывается близкой к стоимости электроэнергии, вырабатываемой дизель-генераторами.

Радикальным путем повышения экономичности ВГУ является разделение энергетического потока на основной, проходящий непосредственно через генератор к нагрузке, и регулирующий энергопоток.

П/ Многопоточнне валогенераторы. Регулирование частоты осуществляется изменением величины регулирующего энергетического потока. По месту подведения регулируемого энергопотока многопоточные генераторные установки можно разделить на три типа:

II.I/ валогенераторы со стабилизацией частоты вращения ротора генератора;

II.2/ установки о механическим способом стабилизации частоты вращения якоря генератора относительно его индуктора;

II.3/ агрегаты, содержащие машины двойного питания, возбуждаемые переменным током разностной частоты.

В зависимости от источника (приемника) регулирующего потока валогенераторы делятся на два типа:

II.а/ установки, энергетически связанные только с ведущим валом и сетью переменного тока.

II.б/ установки, энергетически связанные с посторонним источником (приемником) энергии.

По направлению регулирующего энергопотока валогенераторы подразделяются на следующие агрегаты:

II.α/ основной и регулирующий энергопотоки подводятся к генератору (дифференциальная схема);

II.β/ регулирующий энергопоток отводится от генератора (рекуперативная схема);

II.γ/ регулирующий поток энергии в одних режимах подводится, в других - отводится от генератора.

Ниже приводятся примеры конкретных генераторных установок, характеризуемых комбинацией признаков описанных уровней классификации для многопоточных установок.

II.1/ Многопоточный генератор со стабилизацией частоты вращения ротора генератора, как правило, содержит дифференциалы редуктор (ДР), один вход которого соединен с приводным валом, второй - с регулирующим приводом, а выход - с ротором генератора.

II.1.а.α/ Генераторный агрегат фирмы "Sunstrand", применяется на самолетах ВВС США и Великобритании с 1948 года. В качестве регулирующего привода используется система гидронасос - гидромотор.

II.1.а.β/ Установки, содержащие дифференциальный редуктор и электромагнитную муфту скольжения (ЭМС) или электромагнитный тормоз (ЭМТ). Французская фирма "Оксилек" разработала серию ге-

нераторных установок мощностью от 9 до 80 кВ·А имеющих трехступенчатый дифференциальный редуктор и ЭМС.

II.1.а.γ/ Генераторные агрегаты с дифференциальным редуктором и приводом, последний может работать в генераторном режиме. В качестве регулирующего привода используется привод постоянного тока, ЭМС, электродинамический редуктор, асинхронная машина, управляемая магнитным или электромашинным усилителем.

Фирма «Allen Sjns and C°» выпустила валогенератор мощностью 425 кВт, у которого в качестве регулирующего привода используются обратимые гидравлические машины (ГМ –ГН).

Французская фирма "Оксилек" разработала генераторный агрегат под названием "Супер Оксивар" мощностью 60 кВт, состоящий из синхронного генератора, дифференциального редуктора и асинхронной машины (АМ) с тиристорной системой переключения статорной обмотки и тиристорным регулятором напряжения.

II.1.в.γ/ Примером валогенератора, получающего часть мощности от постороннего источника, может служить генераторная установка английского танкера «London Independence». Синхронный генератор мощностью 400 кВт получает 272 кВт от вала через привод постоянного тока и 128 кВт от турбины утилькотла.

II.2/ Валогенераторы со стабилизацией частоты вращения индуктора генератора относительно якоря содержат генератор двойного вращения. Индуктор генератора приводится во вращение главным двигателем, а якорь – приводом регулирования частоты.

II.2.а/ Использовать машину двойного вращения в качестве валогенератора стабилизированной частоты впервые предложил О.В. Бенедикт. Фирмой "AEG" разработан генераторный агрегат с электромагнитной муфтой скольжения (ЭМС). используемой в качестве асинхронного генератора двойного вращения (ГДВ). На одном валу с индуктором муфты расположена машина постоянного тока, которая через обратимый статический преобразователь подключена к судовой сети.

II. 3/ Валогенераторы, возбуждаемые переменным током регулируемой частоты, содержат машину двойного питания

II. 3. а. α/Агрегаты, к фазным роторам генераторов которых подводится переменный ток разностной частоты.

II. 3. а. β/ Установки, энергия скольжения асинхронных генераторов которых рассеивается или отводится из цепи ротора. Такого типа генераторный агрегат мощностью 275 кВ·А установлен на сухогрузном судне "Scandia Clipper" шведской постройки.

II. 3. в. γ/ Валогенераторы, у которой тепловая энергия скольжения отводится от регулируемых сопротивлений ротора асинхронного валогенератора. Тикая установка мощностью 175 кВт эксплуатируется на танкере "Butmah", построенном шведской фирмой. Здесь энергия скольжения используется для подогрева питательной воды утилизационного котла.

Основными преимуществами многопоточных валогенераторных установок являются более высокий общий к. п. д. и меньшие массогабаритные показатели. Это объясняется тем, что преобразованию подвергается лишь часть энергетического потока. В случае использования реверсивного регулирующего привода удается достичь особенно высокой экономичности ВГУ. При правильном выборе частоты, при которой изменяется направление регулирующего потока, средний КПД валогенератора приближается к номинальному значению к.п.д. генератора.

При проектировании ВГУ из многообразия возможных технических решений необходимо определить оптимальную структуру энергопотоков системы стабилизации частоты для данного типа двигателя с учетом особенностей его эксплуатации на конкретном судне.

Литература

1. Баранов А.П. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы. - М.: Транспорт, 1988. - 328 с.
2. Бертинов А.И. Авиационные генераторы. -М.: Оборониздат, 1959 .- 593 с.
3. Вишневский Л.В., Пасс А.Е. Системы управления асинхронными генераторными комплексами. - Киев - Одесса: Лыбидь, 1990. - 68 с.
4. Красношапка М.М. Генераторы переменного тока стабильной и регулируемой частоты. - Киев: Техника, 1974. - 168 с.
5. Мелешкин Г.А. Генераторные установки отбора мощности на судах. - Л.: Судостроение, 1967 .- 232 с.
6. Пасс А.Е., Вишневский Л.В. Анализ судовых биротативных валогенераторов // Кибернетика на морском транспорте, 1981. - Вып. 10. -С. 76-84.
7. Шпринцин В.Н. Судовые валогенераторы. - Л.: Судостроение, 1965.- 237 с.

УДК 621.313.332

ИДЕНТИФИКАЦИЯ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

Вишневский Л.В., д-р техн. наук, профессор, Дао Минь Куан
Одесская национальная морская академия

На основании векторных уравнений асинхронного генератора с конденсаторным возбуждением и анализа корней характеристического уравнения получена передаточная функция асинхронного генератора по каналу управления.

On the basis of vector equations of an asynchronous generator with capacitor excitation and analysis of the roots of the characteristic equation obtained by the transfer function of an asynchronous generator control channel.

Ключевые слова: асинхронный генератор, передаточная функция.

Автоматизация генераторных установок с асинхронным генератором с конденсаторным возбуждением методами теории автоматического управления предполагает знание его передаточных функций по каналам управления и нагрузки. Аналитическое исследование переходных процессов в асинхронном генераторе описано в работах [1, 2]. Здесь получены выражения для корней характеристического уравнения и переходные характеристики генератора, приведена методика определения показателя затухания (нарастания) колебаний напряжения генератора.

Представим зависимости между напряжением асинхронного генератора и проводимостью конденсаторов возбуждения и нагрузки в виде передаточной функции.

Мгновенное значение переменного напряжения в статорной обмотке может быть представлено проекцией обобщенного вектора напряжения на направление электрической оси обмотки [1]. При этом амплитуда переменного напряжения равна модулю вектора напряжения. Поэтому для математического описания динамических характеристик асинхронного генератора как объекта управления напряжением будем рассматривать изменение модуля вектора напряжения во времени при изменениях параметров нагрузки и возбуждения. Уравнения для напряжения $\overline{U}_s$, токов $\bar{I}_s, \bar{I}_r$ статорной и роторной цепей генератора и связанных с ними потокосцеплений $\overline{\Psi}_s, \overline{\Psi}_r$ имеют следующий вид [1]:

$$\begin{aligned}&\overline{U}_s + p\overline{\Psi}_s + j\omega_s\overline{\Psi}_s + r_s\bar{I}_s = 0, \quad p\overline{\Psi}_r + j(\omega_s - \omega_r)\overline{\Psi}_r + r_r\bar{I}_r = 0\\ &\overline{\Psi}_s = (L_{s\sigma} + L_m)\bar{I}_s + L_m\bar{I}_r, \quad \overline{\Psi}_r = L_m\bar{I}_s + (L_{r\sigma} + L_m)\bar{I}_r.\end{aligned} \tag{1}$$

Здесь r_s, r_r – сопротивления статора и ротора; L_m – индуктивность контура намагничивания; $L_{s\sigma}, L_{r\sigma}$ – индуктивности рассеяния статора и ротора.

Уравнение нагрузки и возбуждения генератора запишем для параллельного соединения активной нагрузки с проводимостью g, дросселя с индуктивностью L и сопротивлением r, а также конденсатора емкостью C.

$$\bar{I}_s = \left[g + \frac{1}{r + (p + j\omega_s)L} + (p + j\omega_s)C \right] \overline{U}_s . \tag{2}$$

Решение системы уравнений (1) позволяет определить статорный ток генератора:

$$\bar{I}_s = -\frac{\overline{U}_s (p + js\omega_s + \alpha_r)}{\sigma L_s \left[(p + j\omega_s)(p + js\omega_s) + (p + j\omega_s)\alpha_r' + (p + js\omega_s)\alpha_s' + \alpha_s \alpha_r' \right]}. \tag{3}$$

Здесь использованы следующие общепринятые обозначения [4]: $\sigma = (L_s L_r - L_m^2)/L_s L_r$ – коэффициент рассеяния; L_s, L_r – индуктивности статора и ротора; $\alpha_r = r_r / L_r$, $\alpha_s = r_s / L_s$, – коэффициенты затухания обмоток ротора и статора при разомкнутых цепях статора и ротора соответственно; $\alpha_r' = \alpha_r / \sigma$, $\alpha_s' = \alpha_s / \sigma$ – то же при замкнутом статоре и роторе; $s = (\omega_s - \omega_r)/\omega_s$ – скольжение.

Исключая ток $\bar{I}_s$ из уравнений (2) и (3) получим характеристическое уравнение с комплексными коэффициентами, описывающее режим возбуждения генератора, которое при активно-емкостной нагрузке имеет вид:

$$(p+j\omega_s)+\alpha_n+\frac{1}{\sigma L_s C}\cdot\frac{(p+js\omega_s+\alpha_r)}{(p+j\omega_s)(p+js\omega_s)+(p+j\omega_s)\alpha_r^{'}+(p+js\omega_s)\alpha_s^{'}+\alpha_s\alpha_r^{'}}=0\,. \qquad (4)$$

Здесь $\alpha_n = g/C$ – коэффициент затухания активно-емкостной нагрузки.

Корни характеристического уравнения (4) позволяют оценить динамические свойства асинхронного генератора. Определим величину корня p_1 из уравнения, пренебрегая скольжением и слагаемыми второго порядка малости:

$$p_1=-\alpha_r^{'}\cdot\frac{\frac{1}{L_sC}-\omega_s^2(1+\frac{s(\alpha_s^{'}+\alpha_n)}{\alpha_r^{'}})}{\frac{1}{C(L_{s\sigma}+L_{r\sigma})}-\omega_s^2+\alpha_n(\alpha_s^{'}+\alpha_r^{'})}\approx r_r\,\omega_s[\omega_sC-\frac{1}{L_s\omega_s}-g^2(L_{s\sigma}+L_{r\sigma})\omega_s-gr_sC\omega_s]\approx r_r\,\omega_s(b_c-b_g)\,. \qquad (5)$$

Здесь $b_c=\omega_sC$ - проводимость конденсаторов возбуждения, $b_g=\frac{1}{L_s\omega_s}+g^2(L_{s\sigma}+L_{r\sigma})\omega_s+gr_sC\omega_s$ - индуктивная проводимость асинхронного генератора с учетом размагничивающего действия нагрузки.

Остальные два корня уравнения (4) равны:

$$p_2\approx-\frac{1}{2}[\alpha_n+\alpha_s^{'}+\alpha_r^{'}(1+\omega_s/\omega_k)]+j(\omega_k-\omega_s),\qquad p_3\approx-\frac{1}{2}[\alpha_n+\alpha_s^{'}+\alpha_r^{'}(1-\omega_s/\omega_k)]-j(\omega_k-\omega_s). \qquad (6)$$

где $\omega_k=\frac{1}{\sigma L_sC}-\omega_s^2(s-\frac{s^2}{4})-\frac{1}{4}(\alpha_n-\alpha_s^{'}-\alpha_r^{'})^2+\alpha_s^{'}\alpha_r^{'}\approx\frac{1}{C(L_{s\sigma}+L_{r\sigma})}$ - частота затухания токов рассеяния статора и ротора.

Физический смысл корней p_2 и p_3 заключается в том, что они характеризуют изменение энергии, запасенной в полях рассеяния статора и ротора. Интенсивность затухания этих процессов определяется действительными частями корней и существенно зависит от нагрузки генератора. Действительная часть корней (6) на холостом ходу почти на порядок меньше, чем при номинальной нагрузке. При сбросе нагрузки наблюдаются колебания вектора напряжения с частотой ω_k, затухающие в течение одного - двух периодов генерируемого тока, а при подключении номинальной нагрузки этот процесс становится практически апериодическим и заканчивается за четверть периода. Этот факт подтверждается результатами эксперимента и моделирования на ЭВМ, рис. 1, рис. 2.

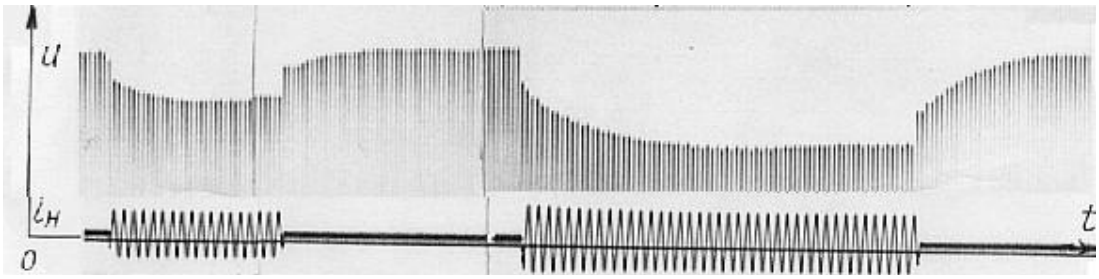


Рис. 1 – Экспериментальные переходные процессы в асинхронном генераторе при включении и отключении нагрузки

Корням характеристического уравнения (5) и (6) соответствуют векторные слагаемые общего решения дифференциального уравнения, описывающего режим самовозбуждения асинхронного генератора. При изменении параметров асинхронного генератора возникает переходный процесс, который можно представить тремя векторами, записанными в неподвижной системе координат:

$$\overline{U}_s=\overline{U}_1e^{r_r\omega_s(b_c-b_g)t}e^{j\omega_st}+\overline{U}_2e^{-\frac{1}{2}(\alpha_n+\alpha_s^{'}+\alpha_r^{'})t}e^{j\omega_kt}+\overline{U}_3e^{-\frac{1}{2}(\alpha_n+\alpha_s^{'}+\alpha_r^{'})t}e^{-j\omega_kt}\,. \qquad (7)$$

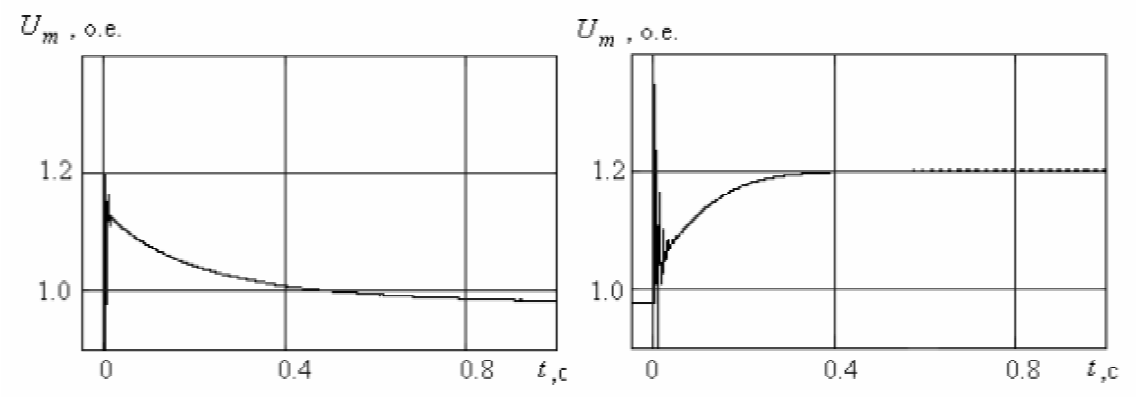


Рис. 2 – Моделирование переходных процессов в асинхронном генераторе при включении и выключении нагрузки

Каждый вектор уравнения (7) вращается со своей частотой и затухает со скоростью, равной действительной части соответствующего корня характеристического уравнения. В переходном процессе слагаемые уравнения (7) отражают определенные физические явления. Первое описывает самовозбуждение, при котором изменяется проводимость генератора b_g до тех пор, пока затухание этого слагаемого не станет равным нулю, т.е. $b_c - b_g = 0$. При $t \to \infty$ вектор $\overline{U}_1 e^{j\omega_s t}$ вращается относительно обмоток статора с частотой ω_s и описывает новый установившийся режим генератора. Второе и третье слагаемые уравнения (7) имеют примерно одинаковое затухание $\alpha_\sigma = (\alpha_n + \alpha_s^{'} + \alpha_r^{'})/2$ и вращаются в противоположные стороны с частотой ω_k, равной собственной частоте колебательного контура, образованного емкостью возбуждения и индуктивностями рассеяния статора и ротора. Эти слагаемые уравнения (7) отражают процесс рассеяния энергии, запасенной в индуктивностях рассеяния генератора.

Процесс самовозбуждения асинхронного генератора описывается корнем p_1. Декремент затухания первого слагаемого уравнения (7) зависит от разности проводимостей конденсаторов b_c и генератора b_g. В свою очередь проводимость генератора определяется его насыщением, т.е. зависит от величины напряжения.

Эта зависимость для серийных асинхронных машин типов 4А, АИР и др. имеет характерную особенность: при напряжении до $(0{,}6...0{,}7)U_{ном}$ индуктивность главного контура машины практически постоянна, а при напряжении $(0{,}9...1{,}3)U_{ном}$ проводимость b_g линейно увеличивается при возрастании напряжения. Поэтому в ненасыщенном и в насыщенном состоянии переходный процесс самовозбуждения происходит по-разному. При малых напряжениях при небалансе реактивных проводимостей $b_c \neq b_g$ их разность остается постоянной, скорость самовозбуждения также постоянна и пропорциональна этой разности. При насыщении генератора возникает отрицательная обратная связь между напряжением и проводимостью генератора, что делает процесс самовозбуждения апериодическим, см. рис. 1, рис. 2.

Рассмотрим процесс самовозбуждения генератора в отклонениях амплитуды напряжения ΔU и проводимостей Δb_c и Δb_g. Исходя из значения корня характеристического уравнения p_1, получаем, что скорость изменения напряжения пропорциональна разности проводимостей $\frac{d\Delta U}{dt} = r_r \omega_s (\Delta b_c - \Delta b_g)$. На насыщенном участке прирост напряжения пропорционален увеличению проводимости: $\Delta U = k_{ub} \Delta b_g$. Исключив Δb_g, получим передаточную функцию асинхронного генератора по каналу "возбуждение - огибающая напряжения", вызванную самовозбуждением:

$$W_g = \frac{\Delta U}{\Delta b_c} = \frac{k_{ub}}{\frac{k_{ub} p}{r_r \omega_s} + 1} = \frac{k_{ub}}{T_g p + 1}. \qquad (8)$$

W_g представляет собой апериодическое звено первого порядка. На линейном участке кривой намагничивания $k_{ub} \to \infty$, а передаточная функция равна $W_g = r_r \omega_s / p$ и представляет собой интегрирующее звено.

Такое упрощенное описание переходного процесса самовозбуждения хорошо согласуется с экспериментами. При малых напряжениях асинхронного генератора с конденсаторным возбуждением напряжение увеличивается линейно, а при достижении насыщенного участка дальнейшее его нарастание происходит экспоненциально.

Особенностью переходного процесса в асинхронном генераторе является то, что он складывается из двух существенно различных по времени протекания процессов. Во-первых, быстрого затухания процессов рассеяния при медленно меняющемся магнитном потоке в зазоре машины. Во-вторых, медленного изменения главного потока намагничивания, вызванного небалансом реактивных проводимостей конденсаторов и генератора, длительность которого достигает 50 … 70 периодов генерируемого тока. Первый процесс описывается вторым и третьим слагаемыми, а второй — первым слагаемым уравнения (7). Передаточная функция, связанная с затуханием в контурах рассеяния W_σ, может быть представлена колебательным звеном второго порядка, характеристическое уравнение которого имеет два комплексно сопряженных корня $p_{2,3} = -\frac{1}{2}(\alpha_n + \alpha_s^{'} + \alpha_r^{'}) \pm j\omega_k$:

$$W_\sigma = \frac{k_\sigma}{T_\sigma^2 p^2 + 2\alpha_\sigma T_\sigma^2 p + 1}, \qquad (9)$$

где $T_\sigma = \sqrt{\frac{1}{\alpha_\sigma^2 + \omega_k^2}}$ – постоянная времени затухания, $\alpha_\sigma = (\alpha_n + \alpha_s^{'} + \alpha_r^{'})/2$ – декремент затухания в контурах рассеяния.

Как отмечалось выше, процессы возбуждения и рассеяния несоизмеримы по времени, поэтому передаточная функция W_σ в сумме с W_g может рассматриваться как пропорциональное звено с коэффициентом k_σ.

$$W_{ub} = W_g + W_\sigma = \frac{k_{ub}}{T_g p + 1} + k_\sigma . \qquad (10)$$

Численные значения коэффициентов передачи и постоянной времени при экспериментальном исследовании и при моделировании практически совпадают с результатами, полученными аналитически. Погрешность не превышает 5 %.

Литература

1. Ковач К., Рац П. Переходные процессы в машинах переменного тока. – М., Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 744 с.
2. Вишневский Л.В., Пасс А.Е. Системы управления асинхронными генераторными комплексами. – Киев – Одесса: Лыбидь, 1990. – 168 с.

УДК 004.738.5

МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОДСИСТЕМ СБОРА ДАННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Деркунская В.О., аспирант, Доронина Ю.В., канд. техн. наук, доцент
Севастопольский национальный технический университет

В данной работе рассматривается устройство системы прогноза погоды, предлагаются методы по автоматизации системы сбора данных, а также затрагивается проблемы анализа данных и прогноза погоды на их основе. Все заключения базируются на аппарате нечёткой логики, который в последнее время пользуется популярностью в системах адаптивного управления.

In the given paper organization of weather forecast system is considered, the ways of automation of data collection system are suggested and it is touched upon the problem of data and weather forecast analysis on their basis. All conclusions are grounded on fuzzy logic which is popular in the adaptive management systems nowadays.

Ключевые слова: система прогноза погоды, нечеткая логика, система адаптивного управления.

Погодой принято в обыденной жизни называть непрерывную смену состояний воздушной оболочки земного шара – атмосферы. В глубокой древности человек стремился отыскать такие признаки, по которым можно было бы судить об изменениях, какие могут в погоде явиться через некоторый промежуток времени.

Одним из недостатков синоптического метода является то, что данные о погоде снимаются не чаще, чем раз в три часа. Поэтому возможна ситуация, когда будут упущены важные сведения о погоде. Если же увеличить частоту измерений, то возрастёт объём данных, причём среди них может быть излишнее количество ненужной информации.

Для решения этой проблемы предполагается изменить систему сбора данных таким образом, чтобы частота измерений увеличивалась, если наблюдаются резкие перемены в погоде, или уменьшалась, если перемен нет. В качестве критерия, определяющего частоту измерений, предполагается взять скорость ветра, поскольку зачастую именно сильный ветер является причиной резких изменений в погоде. При этом очевидно, что с усилением ветра следует увеличить частоту измерений и, наоборот, при слабом ветре частота измерений должна быть минимальной. Для оценки силы ветра по его воздействию на наземные предметы или на волнение в открытом море применяют так называемую шкалу Бофорта, принятую Всемирной метеорологической организацией. В табл. 1 представлена данная шкала.

Таблица 1 – Шкала Бофорта для описания скорости ветра

Баллы	Ветер	Скорость ветра, м/с
0	Штиль	0-0.2
1	Тихий	0.3-1.5
2	Лёгкий	1.6-3.3
3	Слабый	3.4-5.4
4	Умеренный	5.5-7.9
5	Свежий	8-10.7
6	Сильный	10.8-13.8
7	Крепкий	13.9-17.1
8	Очень крепкий	17.2-20.7
9	Шторм	20.8-24.4
10	Сильный шторм	24.5-28.4
11	Жестокий шторм	28.5-32.6
12	Ураган	> 32.6

Как видно из табл. 1, характеристика силы ветра носит нечёткий характер и именно поэтому здесь целесообразно применение нечёткой логики. В частности, необходимо построить нечёткую продукционную систему, которая оперирует двумя переменными: «скорость ветра» и «время между измерениями». Допустим, что правила вывода будут следующие:

1. Если скорость ветра слабая, то время между измерениями стандартное.
2. Если скорость ветра умеренная, то время между измерениями стандартное.
3. Если скорость ветра сильная, то время между измерениями уменьшенное.
4. Если скорость ветра очень сильная, то время между измерениями сильно уменьшенное.
5. Если скорость ветра ураганная, то время между измерениями сильно уменьшенное.

Таким образом, имеются две лингвистические переменные со следующими нечёткими значениями:

Скорость ветра = {слабая, умеренная, сильная, очень сильная, ураганная};

Время между измерениями = {стандартное, уменьшенное, сильно уменьшенное}.

Чтобы описать лингвистическую переменную, необходимо задать функции принадлежности для каждого из её нечётких значений. Система MATLAB имеет встроенный пакет Fuzzy Toolbox, предназначенный для работы с нечёткой логикой. На рисунках 1 и 2 приведены функции принадлежности для вышеупомянутых переменных.

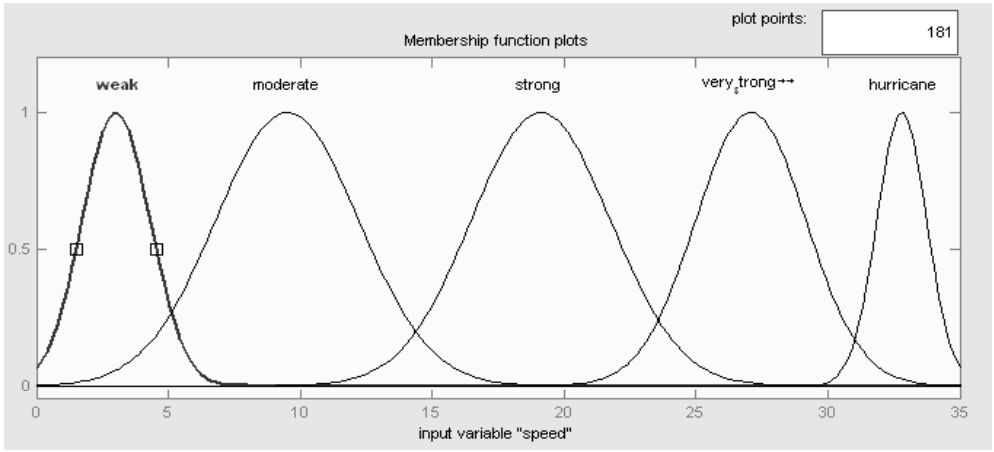


Рис. 1 – Функции принадлежности для переменной «Скорость ветра»

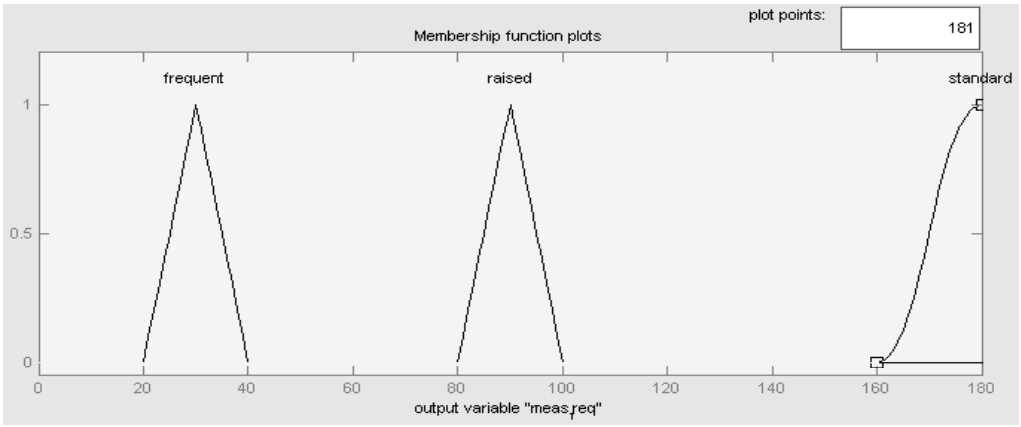


Рис. 2 – Функции принадлежности для переменной «Время между измерениями» («частота измерений»)

Сама продукционная система функционирует по алгоритму Мамдани, и зависимость времени между измерениями от силы ветра представлена на рисунке 3.

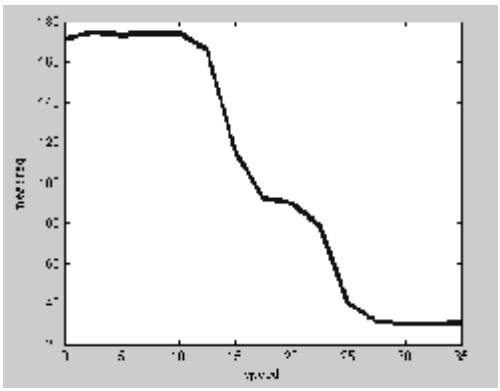


Рис. 3 – График зависимости времени между измерениями от силы ветра

Однако такая система ещё не может использоваться в качестве подсистемы сбора данных, поскольку на её выходе оказывается время, которое не может использоваться в качестве сигнала управления. Поэтому её необходимо дополнить. На рисунке 4 показан упрощённый вид системы, созданной с помощью Simulink.

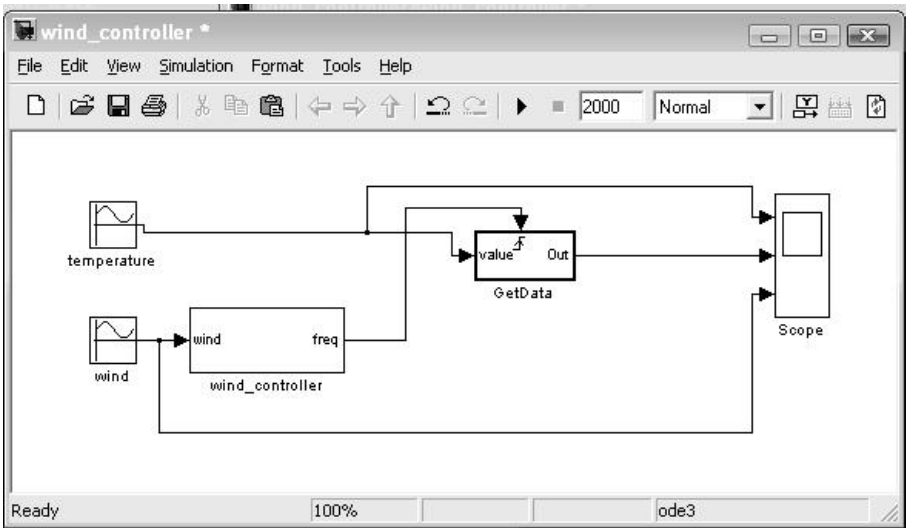


Рис. 4 – Упрощённый вид системы управления сбором данных

Рассмотрим графики, полученные в результате работы системы (рисунок 5). Моделирование работы системы осуществлялось в течение 2000 минут модельного времени. Верхний график представляет собой реальное значение температуры, которое подаётся на вход системы. В данном случае он представлен синусоидой, однако может быть любой функцией.

Нижний график отображает изменение скорости ветра, которое измеряется соответствующим датчиком и подаётся на вход системы. Этот график также с целью наглядности представлен в виде синусоиды. Наконец, средний график показывает, какой сигнал наблюдается на выходе системы. Видно, что скорость его изменения непостоянна и достигает наибольших значений при сильном ветре, а наименьших – при слабом. Для сравнения на рисунке 6 представлены график температуры, снятый с выхода системы, не использующей нечёткую логику в своей работе.

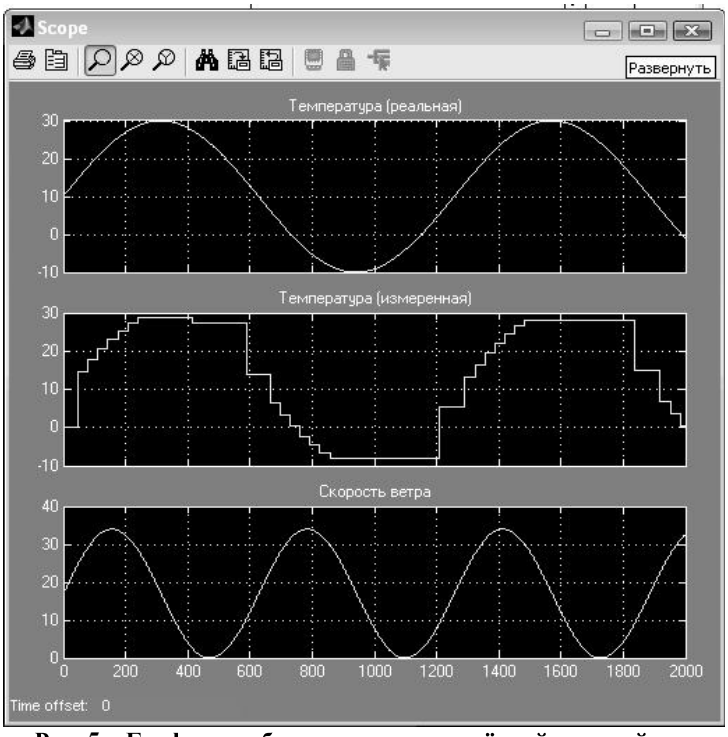


Рис. 5 – Графики работы системы с нечёткой логикой

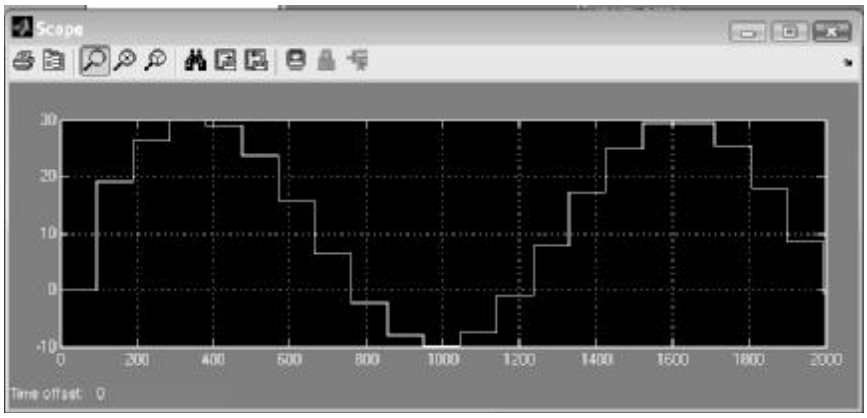


Рис. 6 – График сигнала на выходе системы без нечёткой логики

Выводы

Использование аппарата нечёткой логики позволяет построить адаптивную систему, которая при минимальных затратах способна довольно эффективно управлять сбором данных. Это объясняется тем, что нечёткие понятия являются более естественными для человека, чем строгие математические определения. Таким образом, рассматриваемый подход показывает очевидное преимущество перед стандартными методами, в том числе используемых в синоптической метеорологии. Регулирование объёма поступающей информации с помощью нечёткой логики позволяет ограничить объём ненужной информации и увеличить объём нужной. Это ведёт к более эффективному использованию оперативной памяти, а также позволяет делать более точные прогнозы.

Литература

1. Зверев С.А. Синоптическая метеорология. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1977. – 712 с.
2. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т.2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: Учеб. пособие. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 464 с.
3. Монин А.С. Введение в теорию климата. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1982. – 248 с.
4. Штовба С. Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book2/index.php.

УДК 536.46+534.222.2

НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ПЛАМЕНИ В ИДЕАЛЬНОЙ СЖИМАЕМОЙ СРЕДЕ И ПЕРЕХОД МЕДЛЕННОГО ГОРЕНИЯ ВО ВЗРЫВ

Волков В.Э., канд. физ.-мат. наук, доцент
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Произведено исследование развития неустойчивости пламени и перехода горения во взрыв в идеальной сжимаемой среде. Доказан стабилизирующий эффект сжимаемости. Найдены формулы для определения критического числа Маха, превышение которого означает переход к неустойчивости.

Investigation of the development of the flames instability and the deflagration-to-explosion transition for the ideal compressible media is done. The stabilizing effect of compressibility is proved. Formulae for the critical Mach number, which excess leads to instability, are found.

Ключевые слова: пламя, горение, взрыв, дефлаграция, неустойчивость, сжимаемость среды, критическое число Маха.

Как доказано нами ранее, основным фактором, стабилизирующим процесс нормального горения, является вязкость[1,2]. Однако сжимаемость среды также оказывает на пламя стабилизирующее воздействие [3]. Совместное рассмотрение влияния вязкости и сжимаемости на процесс распространения малых возмущений стационарного пламени не представляется возможным из-за чрезвычайной математической сложности задачи, поэтому влияние сжимаемости необходимо рассмотреть отдельно.

Рассмотрение влияния сжимаемости среды на устойчивость процесса горения представляется особенно важным в тех случаях, когда распространение пламени происходит с достаточно высокой скоростью и пренебрежение величинами порядка M_1^2 может привести к серьезным погрешностям. Для таких высокоскоростных режимов горения роль фактора вязкости в стабилизации распространения пламени падает, так как вязкость (внутреннее трение) обусловлена переносом молекулами количества движения из одного слоя газа в другой [4], что само по себе является весьма «медленным» процессом, зато роль стабилизирующего влияния сжимаемости среды возрастает [5,6]. При достаточно высокой скорости распространения пламени именно сжимаемость среды, а не ее вязкость, может стать главным стабилизирующим фактором. Нужно, впрочем, оговориться, что подобные высокоскоростные режимы горения имеют место, как правило, не для ламинарных, а для турбулентных пламен, а в этих случаях нельзя рассуждать об устойчивости «нормального» горения. Однако, если даже пламя распространяется в турбулентном режиме, но турбулентность является мелкомасштабной, т.е. масштаб турбулентности много меньше или даже сопоставим с толщиной зоны (ламинарного) пламени, но при этом сама толщина зоны пламени много меньше характерного размера задачи (ширины плоского канала, диаметра трубы, радиуса пламенной сферы), то весь процесс горения можно рассматривать как квазиламинарный и, соответственно, рассматривать задачу об устойчивости квазиламинарного пламени. Таким образом, приведенное ниже решение задачи об устойчивости пламени, распространяющегося в идеальной (невязкой) сжимаемой среде, в первую очередь относится к высокоскоростному турбулентному горению с относительно мелким масштабом турбулентности, и позволяет ответить на вопрос, реализуется ли (в случае устойчивости) данный режим турбулентного горения с осредненной (без учета небольших пульсаций) скоростью распространения пламени u_1 (которую уже нельзя называть скоростью нормального горения!) или (в случае неустойчивости) масштаб турбулентности изменяется и средняя скорость распространения пламени увеличивается, т.е. пламя продолжает ускоряться.

Рассмотрим распространение пламени в идеальной сжимаемой среде. При этом пламя представляет собой поверхность (плоскость) разрыва термо- и газодинамических параметров, имеющую в стационарном состоянии уравнение $x=0$. Параметры среды в областях “1“ и “2“ связаны друг с другом законами сохранения массы, импульса и энергии.

Так как любое линеаризованное возмущение по координате y можно представить рядом (либо интегралом) Фурье, т. е. получить его наложением элементарных волн типа $exp(ihy)$, то достаточно исследовать только такое решение для произвольного волнового числа $h>0$, где

$$h = 2\pi / \lambda \tag{1}$$

и, соответственно,

$$\lambda=2\pi/h, \tag{2}$$

а $\lambda>0$ – длина волны возмущения. Предположение об экспоненциальной зависимости от времени t дает следующее выражение ε:

$$\varepsilon(y,t) = A_{00}h^{-1}\exp(ihy - i\omega t) \ , \tag{3}$$

где положительное значение h обеспечивает ограниченность величины ε при $|y| \to +\infty$ (рис. 1).

Движение идеальной (невязкой) сжимаемой сплошной среды, т.е. движение невязкого газа, описывается системой дифференциальных уравнений Эйлера, неразрывности и баланса энергии, которые в результате линеаризации принимают вид

$$\begin{cases} \dfrac{\partial u'_{jx}}{\partial t} + u_j\dfrac{\partial u'_{jx}}{\partial x} + \dfrac{1}{\rho_j}\dfrac{\partial p'_j}{\partial x} = 0 \\ \dfrac{\partial u'_{jy}}{\partial t} + u_j\dfrac{\partial u'_{jy}}{\partial x} + \dfrac{1}{\rho_j}\dfrac{\partial p'_j}{\partial y} = 0 \\ \dfrac{\partial \rho'_j}{\partial t} + u_j\dfrac{\partial \rho'_j}{\partial x} + \rho_j\left(\dfrac{\partial u'_{jx}}{\partial x} + \dfrac{\partial u'_{jy}}{\partial y}\right) = 0 \\ \dfrac{\partial \rho'_j}{\partial t} + u_j\dfrac{\partial \rho'_j}{\partial x} + \alpha_j\dfrac{\partial \rho'_j}{\partial t} + \alpha_j u_j\dfrac{\partial \rho'_j}{\partial x} = 0, \end{cases} \tag{4}$$

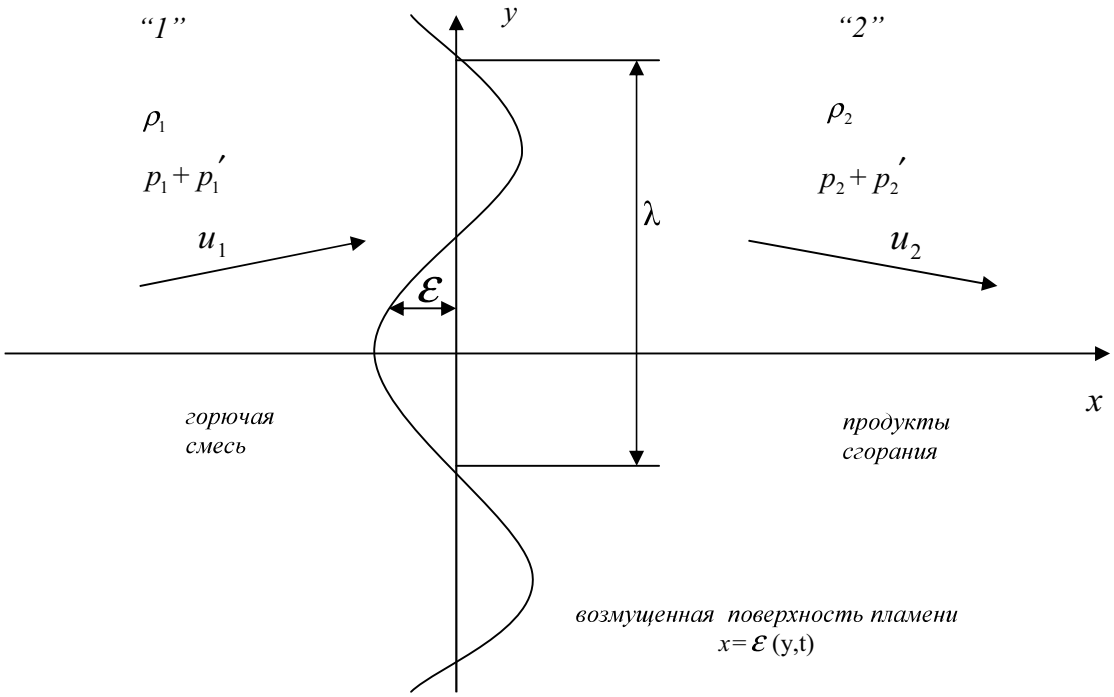


Рис. 1 – Нестационарный поток среды через возмущенную поверхность плоского пламени

где

$$\alpha_j = \frac{\left(\frac{\partial h_j}{\partial \rho_j}\right)_{p_j}}{\left[\left(\frac{\partial h_j}{\partial p_j}\right)_{\rho_j} - \frac{1}{\rho_j}\right]} \tag{5}$$

причем $j=1,2$. В случае совершенного газа с постоянными теплоемкостями система линеаризованных уравнений с частными производными (4) преобразуется к виду

$$\begin{cases} \dfrac{\partial u'_{jx}}{\partial t} + u_j \dfrac{\partial u'_{jx}}{\partial x} + \dfrac{1}{\rho_j}\dfrac{\partial p'_j}{\partial x} = 0 \\ \dfrac{\partial u'_{jx}}{\partial t} + u_j \dfrac{\partial u'_{jx}}{\partial x} + \dfrac{1}{\rho_j}\dfrac{\partial p'_j}{\partial x} = 0 \\ \dfrac{\partial \rho'_j}{\partial t} + u_j \dfrac{\partial \rho'_j}{\partial x} + \rho_j \left(\dfrac{\partial u'_{jx}}{\partial x} + \dfrac{\partial u'_{jy}}{\partial y}\right) = 0 \\ \dfrac{\partial p'_j}{\partial t} + u_j \dfrac{\partial p'_j}{\partial x} - a_j{}^2 \dfrac{\partial \rho'_j}{\partial t} - a_j{}^2 u_j \dfrac{\partial \rho'_j}{\partial x} = 0, \end{cases} \tag{6}$$

где

$$a_j{}^2 = \frac{\gamma_j p_j}{\rho_j}, \tag{7}$$

a_j – скорость звука, γ_j – отношение теплоемкостей.

Уравнения (6) имеют частные решения

$$\frac{u'_{jx}}{u_1} = \left[-\sum_{l=1}^{2} \frac{k_{jl}}{\frac{z}{\delta_j} + k_{jl}} A_{jl} e^{k_{jl} hx} + A_{j3} e^{-\frac{z}{\delta_j} hx} \right] \exp(ihy - i\omega t),$$

$$\frac{u'_{jy}}{u_1} = -\left[i\sum_{l=1}^{2} \frac{e^{k_{jl} hx}}{\frac{z}{\delta_j} + k_{jl}} A_{jl} + \frac{iz}{\delta_j} A_{j3} e^{-\frac{z}{\delta_j} hx} \right] \exp(ihy - i\omega t),$$

$$\frac{p'_j}{\rho_1 u_1^{\,2}} = \sum_{l=1}^{2} A_{jl} e^{k_{jl} hx} \exp(ihy - i\omega t), \tag{8}$$

$$\frac{\rho'_j}{\rho_1} = \left[\frac{M_j^{\,2}}{\delta_j^{\,2}} \sum_{l=1}^{2} A_{jl} e^{k_{jl} hx} + A_{j4} e^{-\frac{z}{\delta_j} hx} \right] \exp(ihy - i\omega t),$$

где

$$M_j = \frac{u_j}{a_j}, \tag{9}$$

$$z = -\frac{i\omega}{hu_1}, \tag{10}$$

$$\delta_j = \frac{\rho_1}{\rho_j} = \frac{u_j}{u_1}, \tag{11}$$

$$i^2 = -1, \tag{12}$$

$$k_{jl} = \frac{1}{1 - M_j^{\,2}} \left[\frac{z}{\delta_j} M_j^{\,2} - (-1)^l \sqrt{1 - M_j^{\,2} + \left(\frac{z}{\delta_j} M_j \right)^2} \right] (l = 1, 2), \tag{13}$$

причем корень квадратный понимается в смысле главного значения, т.е. значения, отвечающего наименьшей величине аргумента представляемого им комплексного числа.

Очевидно, что при $M_j^{\,2} \to 0$ (т.е. при малых числах Маха M_j) $k_{j1} \to 1,\ k_{j2} \to -1,$ а выражения для возмущений $u'_{jx}, u'_{jy}, p'_j, \rho'_j$ совпадают с таковыми для случая несжимаемой среды [4].

Итак, частные решения линеаризованной системы дифференциальных уравнений (П.10.26) представляются в виде суперпозиции четырех типов возмущений, соответствующих четырем неопределенным константам $A_{jl} (l = 1, 2, 3, 4)$.

Возмущение “1” (соответствующее A_{j1}, $k_{j1}=\dfrac{1}{1-M_j^{\,2}}\left[\dfrac{z}{\delta_j}+\sqrt{1-M_j^{\,2}+\left(\dfrac{z}{\delta_j}M_j\right)^2}\right]$) и возмущение “2” (соответствующее A_{j2}, $k_{j2}=\dfrac{1}{1-M_j^{\,2}}\left[\dfrac{z}{\delta_j}-\sqrt{1-M_j^{\,2}+\left(\dfrac{z}{\delta_j}M_j\right)^2}\right]$) являются акустическими возмущениями, для которых $p_j'\neq 0$. В частном случае одного измерения (когда $h=0$ и $u_{jy}'=0$) акустические возмущения представляют собой совокупность физически реальных, распространяющихся навстречу друг другу плоских звуковых волн.

Возмущение “3” (соответствующее A_{j3}, $k_{j3}=-\dfrac{z}{\delta_j}$), для которого $p_j'=0$ и $\rho_j'=0$, представляет собой так называемое вихревое возмущение [4].

Возмущение “4” (соответствующее A_{j4}, $k_{j4}=k_{j3}=-\dfrac{z}{\delta_j}$), для которого $u_{jx}'=u_{jy}'=0$, $p_j'=0$, но $\rho_j'\neq 0$, представляет собой так называемое энтропийное возмущение. В самом деле, если представить термодинамическое уравнение состояния газа в виде $\rho=\rho(p,s)$, то очевидно, что единственной причиной, вызывающей возмущение плотности при отсутствии возмущения давления, может быть только возмущение энтропии.

С учетом очевидного соотношения $\delta_1=1$, естественное требование ограниченности возмущений на бесконечности позволяет представить возмущения в области исходной горючей смеси «1» (эти возмущения должны быть ограничены при $x\to-\infty$ в случае $\operatorname{Re} z>0$) в виде

$$\frac{u_{1x}'}{u_1}=-\frac{k_{11}}{z+k_{11}}A_{11}e^{k_{11}hx}\exp(ihy-i\omega t);$$

$$\frac{u_{1y}'}{u_1}=-i\frac{e^{k_{11}hx}}{z+k_{11}}A_{11}\exp(ihy-i\omega t);$$

$$\frac{p_1'}{\rho_1 u_1^{\,2}}=A_{11}e^{k_{11}hx}\exp(ihy-i\omega t); \qquad (14)$$

$$\frac{\rho_1'}{\rho_1}=M_1^{\,2}A_{11}e^{k_{11}hx}\exp(ihy-i\omega t)$$

Принимая условное обозначение

$$\delta_2=\delta, \qquad (15)$$

с учетом требования ограниченности возмущений на бесконечности можно представить возмущения в области продуктов сгорания «2» (эти возмущения должны быть ограничены при $x\to+\infty$ в случае $\operatorname{Re} z>0$) в виде

$$\frac{u'_{2x}}{u_1}=\left[-\frac{k_{22}}{\frac{z}{\delta}+k_{22}}A_{22}e^{k_{22}hx}+A_{23}e^{-\frac{z}{\delta}hx}\right]\exp(ihy-i\omega t);$$

$$\frac{u'_{2y}}{u_1}=-\left[i\frac{e^{k_{22}hx}}{\frac{z}{\delta}+k_{22}}A_{22}+\frac{iz}{\delta}A_{23}e^{-\frac{z}{\delta}hx}\right]\exp(ihy-i\omega t);$$

$$\frac{p'_2}{\rho_1 u_1^{\,2}}=A_{22}e^{k_{22}hx}\exp(ihy-i\omega t); \tag{16}$$

$$\frac{\rho'_2}{\rho_1}=\left[\frac{M_2^{\,2}}{\delta^2}A_{22}e^{k_{22}hx}+A_{24}e^{-\frac{z}{\delta}hx}\right]\exp(ihy-i\omega t)$$

Закон сохранения массы на возмущенной поверхности фронта пламени в линеаризованной форме имеет вид

$$(\frac{u'_{1x}}{u_1}-\frac{1}{u_1}\frac{\partial\varepsilon}{\partial t})\Big|_{x=0}+\frac{\rho_1'}{\rho_1}\Big|_{x=0}=\frac{1}{\delta}(\frac{u'_{2x}}{u_1}-\frac{1}{u_1}\frac{\partial\varepsilon}{\partial t})\Big|_{x=0}+\delta\frac{\rho_2'}{\rho_1}\Big|_{x=0} \tag{17}$$

Закон сохранения импульса на возмущенной поверхности фронта пламени в проекции на ось *Ox* в линеаризованной форме имеет вид

$$(\frac{p_1'}{\rho_1 u_1^{\,2}}+2\frac{u'_{1x}}{u_1}+\frac{\rho'_1}{\rho_1})\Big|_{x=0}=(\frac{p_2'}{\rho_1 u_1^{\,2}}+2\frac{u'_{2x}}{u_1}+\delta^2\frac{\rho'_2}{\rho_1})\Big|_{x=0} \tag{18}$$

Закон сохранения импульса на возмущенной поверхности фронта пламени в проекции на ось *Oy* в линеаризованной форме имеет вид

$$\frac{u'_{1y}}{u_1}\Big|_{x=0}+\frac{\partial\varepsilon}{\partial y}=\frac{u'_{2y}}{u_1}\Big|_{x=0}+\delta\frac{\partial\varepsilon}{\partial y} \tag{19}$$

Закон сохранения энергии на возмущенной поверхности фронта пламени в линеаризованной форме имеет вид

$$[(\frac{\partial h_1}{\partial p_1})_{\rho_1}p_1'+(\frac{\partial h_1}{\partial \rho_1})_{p_1}\rho_1'+u_1(u'_{1x}-\frac{\partial\varepsilon}{\partial t})]\Big|_{x=0}=[(\frac{\partial h_2}{\partial p_2})_{\rho_2}p_2'+(\frac{\partial h_2}{\partial \rho_2})_{p_2}\rho_2'+u_2(u'_{2x}-\frac{\partial\varepsilon}{\partial t})]\Big|_{x=0} \tag{20}$$

Дополнительным граничным условием на фронте пламени служит условие Ландау [4], имеющее вид

$$u_{1x}'\Big|_{x=0}-\frac{\partial\varepsilon}{\partial t}=0 \tag{21}$$

С учетом условия (21) закон сохранения массы (17) принимает вид

$$\frac{\rho_1'}{\rho_1}\Big|_{x=0}=\frac{1}{\delta}(\frac{u'_{2x}}{u_1}-\frac{1}{u_1}\frac{\partial\varepsilon}{\partial t})\Big|_{x=0}+\delta\frac{\rho_2'}{\rho_1}\Big|_{x=0}, \tag{22}$$

а закон сохранения энергии (20) принимает вид

$$[(\frac{\partial h_1}{\partial p_1})_{\rho_1} p_1' + (\frac{\partial h_1}{\partial \rho_1})_{p_1} \rho_1']\Big|_{x=0} = [(\frac{\partial h_2}{\partial p_2})_{\rho_2} p_2' + (\frac{\partial h_2}{\partial \rho_2})_{p_2} \rho_2' + u_2 (u_{2x}' - \frac{\partial \varepsilon}{\partial t})]\Big|_{x=0} \quad (23)$$

Подстановка выражений для возмущений (2.6.1,2) и (2.1.3) в граничные условия (2.6.5,6,8,14) и (2.1.11) после несложных преобразований приводит к системе пяти линейных однородных алгебраических уравнений относительно пяти неопределенных констант $A_{00}, A_{11}, A_{22}, A_{23}, A_{24}$.

Данная система допускает нетривиальные решения тогда и только тогда, когда ее определитель равен нулю. Приравнивая нулю определитель этой системы, получим характеристическое уравнение вида

$$F(z) = 0, \quad (24)$$

где *F(z)* – весьма громоздкая многопараметрическая функция.

Решение уравнения (24) ищем в виде степенного разложения по M_1^2, а именно

$$z = z_0 + z_1 M_1^2 + \ldots \quad (25)$$

Величина z_0 есть неустойчивый положительный корень Ландау [4] для случая несжимаемой среды

$$z_0 = \frac{\delta}{\delta + 1}\left(-1 + \sqrt{\delta + 1 - \frac{1}{\delta}} \right) \quad (26)$$

При этом можно доказать, что

$$z_1 < 0, \quad (27)$$

Таким образом, главный член z_0 асимптотического разложения (25) положителен (неустойчив), а найденный аналитически добавочный член $z_1 M_1^2$ отрицателен (так как $z_1 < 0$), что свидетельствует о стабилизирующем эффекте сжимаемости.

В качестве критерия неустойчивости таким образом можно принять соотношение

$$M_1^2 < -\frac{z_0}{z_1} \quad (28)$$

или

$$M_1^2 < \left| \frac{z_0}{z_1} \right| \quad (29)$$

Величину

$$M_{1кр} = \sqrt{\left| \frac{z_0}{z_1} \right|} \quad (30)$$

можно назвать критическим числом Маха, превышение которого означает возможность стабилизации пламени.

Произведя расчеты критического числа Маха для быстрогорящей смеси ацетилена с кислородом (37,5%C_2H_2+62,5%O_2 по объему) по данным экспериментов [7] ($\delta = 12, \gamma_1 = 1{,}38, \gamma_2 = 1{,}33$) имеем

$$M_{1кр} = 0{,}295, \quad (31)$$

т.е. на начальных этапах развития неустойчивости стабилизирующее влияние сжимаемости очень слабое, стабилизация же высокоскоростного режима турбулентного горения с относительно небольшим масштабом турбулентности (этот режим можно назвать квазиламинарным) должна была бы проявиться при $M_1 \geq M_{1кр}$; $0{,}295$. Однако при столь больших значениях числа Маха пламя создает перед собой дос-

таточно мощную ударную волну, которая воспламеняет смесь ацетилена с кислородом, т.е. еще до момента стабилизации происходит переход горения в детонацию, что и наблюдалось экспериментально [7].

Произведя аналогичные расчеты для медленногорящей смеси пропана с воздухом (5%C_3H_8 по объему) по данным экспериментов [8] ($\delta = 7,3,\ \gamma_1 = 1,4,\ \gamma_2 = 1,35$) имеем

$$M_{1кр} = 0,335\,, \tag{32}$$

что опять-таки означает весьма слабое стабилизирующее влияние сжимаемости на начальных этапах развития неустойчивости пламени и невозможность стабилизации квазиламинарного высокоскоростного режима горения до его перехода во взрывной процесс.

Полученные в этом разделе результаты могут быть отнесены не только к плоским, но и к шаровым пламенам при достаточно большом радиусе пламени [9], не только к гомогенным, но и к гетерогенным средам.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Влияние сжимаемости среды на развитие неустойчивости ламинарного пламени на начальных этапах проявления неустойчивости незначительно по сравнению с эффектами вязкости (для гомогенных сред), конечной протяженности зоны пламени и изменением протяженности зоны пламени под влиянием возмущений. Этот вывод подтверждается экспериментально как для быстрогорящих, так и для медленногорящих смесей.

2. Количественные оценки критического числа Маха позволяют сделать вывод о неизбежности перехода неустойчивого самоускоряющегося процесса горения в развитую дефлаграцию или детонацию, т.е. во взрывной процесс. Предотвращение этого перехода возможно либо за счет внешних причин, не учтенных в задаче о внутренней устойчивости (внешние стабилизирующие факторы, различные энергетические потери в процессе горения, гашение пламени), либо в том случае, когда процесс автотурбулизации и самоускорения пламени сам по себе достаточно «медленный» и длина преддетонационного участка превышает длину канала или трубы, заполненных горючей средой (иначе говоря, когда выгорание происходит до перехода горения во взрыв).

3. Количественные оценки критического числа Маха позволяют также в определенной степени оценить какой именно взрывной процесс – дефлаграционный или детонационный – имеет место в результате развития неустойчивости, автотурбулизации и самоускорения пламени. Если $M_{1кр} \le 0,15$, то взрывной процесс носит очевидно дефлаграционный характер.

Литература

1. Асланов С.К., Волков В.Э. Интегральный метод анализа устойчивости ламинарного пламени. – Физика горения и взрыва, 1991, № 5. – С. 160-166.
2. Aslanov S., Volkov V. On the Instability and Cell Structure of Flames. – Archivum combustionis, 1992, Vol.12, Nr. 1–4. – P. 81-90.
3. Волков В.Э., Рыбина О.Б. Об устойчивости плоской стационарной волны медленного горения в сжимаемой среде. – Дисперсные системы. XXI научная конференция стран СНГ 20-24 сентября 2004 г., Одесса. Тезисы докладов. – Одесса: "Астропринт", 2004. – С. 75-76.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. В 10 т.: Т. VI. Гидродинамика. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит.– 1986. – 736 с.
5. Овсянников Л.В. Лекции по основам газовой динамики. - М: Гл. ред. Физ.-мат. лит.– 1981.– 368 с.
6. Черный Г.Г. Газовая динамика. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит.– 1988. – 424 с.
7. Щелкин К.И., Трошин Я.К. Газодинамика горения. – М.: Изд-во АН СССР.– 1963.–256 с.
8. Гуссак Л.А., Спринцина Е.Н., Щелкин К.И. Исследование устойчивости фронта нормального пламени – Физика горения и взрыва, 1968. – Т. 4, №3. – С. 358-366.
9. Волков В.Э. Развитие неустойчивости сферических пламен – Зернові продукти і комбікорми, 2008. – №2, червень 2008. – С. 51-54.

УДК 519-7

О КОРРЕКТИРОВКЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА В СТОРОНУ ОПЕРЕЖЕНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ ЕГО ОБРАТНОЙ МОДЕЛИ

Клименко А.К., канд. техн. наук, доцент
Бердянский государственный педагогический университет

При решении ряда задач управления и идентификации требуется применение обратной модели. Идеальная обратная модель реального динамического объекта физически неосуществима. Предложено осуществление дискретной обратной модели, отличающейся от идеальной только временным запаздыванием Рассматривается численный метод корректировки математического описания линейного динамического объекта в сторону опережения для обеспечения возможности осуществления его обратной модели.

At solving some problems of management and identification an application of the return model is required. The ideal return model of real dynamic object is physically impracticable. Realization of the discrete return model, differing from the ideal one only by a time delay is proposed. The numerical method of correction of the mathematical description of linear dynamic object aside outstripping for a possibility of realization of its return model is considered.

Ключевые слова: скорректированный динамический объект, обратная модель, конструктивный временной сдвиг.

1. Введение. В решении задач управления и контроля часто возникает проблема создания обратной модели (ОМ) динамического объекта (ДО). Примерами систем, нуждающихся в разработке обратной модели, могут служить инвариантные системы управления, системы регулирования по самоустанавливающейся программе, адаптивные системы и системы идентификации. Идеальная ОМ реального динамического объекта, как известно [1], физически неосуществима. На аналоговых средствах техники удавалось создавать лишь приближенные ОМ для ДО, описываемых уравнениями не выше второго порядка.

Применение средств дискретной вычислительной техники позволило найти технические решения ОМ для ДО, описываемых уравнениями произвольного порядка. В этих ОМ сохраняются свойства идеальных, но за это необходимо платить появлением временного запаздывания. Первым из таких решений явилось корректирующее устройство [2], представляющее собой дискретную ОМ. Теоретическое обоснование работоспособности и свойств этой ОМ изложены в работе [3]. В работе [4] рассматривается новое техническое решение, направленное на улучшение показателей качества создаваемой ОМ. При разработке указанных ОМ корректировалось математическое описание ДО в сторону опережения по времени с обеспечением физической осуществимости скорректированного ДО (СДО). Под осуществимостью дальше будем понимать следующее: сигнал на выходе СДО может появляться не раньше поступления входного. В опубликованных работах методика корректирования ДО в сторону опережения не рассматривалась.

Целью данной работы является обоснование корректировки математического описания ДО в сторону опережения на величину, превышающую дискретность времени, что требуется для улучшения показателей качества создаваемой ОМ.

2. Исходные данные и постановка задачи. Предполагается, что ДО, для которого требуется создать ОМ, линейный, стационарный, устойчив. В качестве исходного математического описания ДО выступает его переходная характеристика (ПХ), именуемая также и кривой переходного процесса. ПХ может быть получена как различными аналитическими способами, так и методами электронного моделирования или технического эксперимента.

В качестве примера ДО в данной работе будет рассматриваться типовая непрерывная следящая система. За математическое описанием ее принимается ПХ $h(t)$ в непрерывном времени. На рис.1 изображен типовой график такой ПХ.

В качестве параметров ПХ будем использовать те, которые приняты в литературе по автоматическому управлению (см., например, [5]). К ним относятся:

h_{ust} – установившееся значение переходного процесса,

τ_0 – чистое временное запаздывание ДО,

Δ – малая величина, принимаемая за допустимую ошибку,

T_1 – время переходного процесса $\left\{\left|h(t)-h_{ust}\right\|_{t>T_1}<\Delta\right\}$.

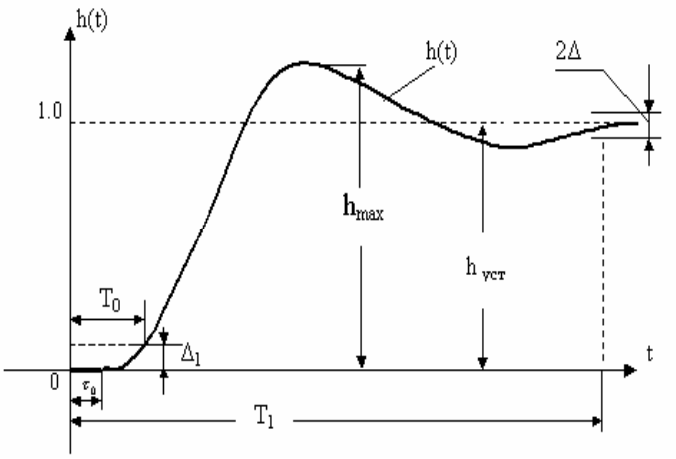


Рис. 1 – Кривая переходного процесса ДО

Для решения задачи конструирования ОМ введем также параметр T_0 – конструктивный временной сдвиг. Величина его превышает чистое временное запаздывание ДО ($T_0 > \tau_0$) и удовлетворяет требованиям:

$$\left|h(t)\right\|_{t=T_0} = \Delta_1 > 0\,, \left|h(t)\right\|_{t<T_0} < \Delta_1\,, \tag{1}$$

где Δ_1 – конечная постоянная величина.

В качестве исходных данных при постановке задачи приведём и краткие сведения о техническом решении ОМ, описанном в [3]. ОМ является дискретным устройством, конструктивными параметрами которого выступают дискретность времени T и конструктивный временной сдвиг τ. Для осуществления ОМ составляется математическое описание СДО, который сдвинут относительно исходного ДО в сторону опережения и физически осуществим. СДО описывается импульсной переходной функцией (ИПФ) в дискретном времени. Числовой массив ИПФ может быть получен из кривой переходного процесса ДО $h(t)$:

$$k(n+\tau) = h(t)\Big|_{t=(n+\tau)T} - h(t)\Big|_{t=(n-1+\tau)T}\,, \qquad n=0,1,2,\ldots,N\,, \tag{2}$$

где t – непрерывное время,

T – дискретность (шаг квантования) времени,

n – дискретное время ($n = \bar{t}/T$, $\bar{t}$ – моменты непрерывного времени, кратные T),

N – время затухания переходного процесса ,

τ – конструктивный временной сдвиг в сторону опережения ($\tau = T_0/T$).

Для обеспечения физической осуществимости СДО и работоспособности создаваемой ОМ ИПФ (2) должна удовлетворять требованиям:

$$k(n+\tau)\Big|_{n<0} = 0\,, \tag{3}$$

$$k(\tau) = k(n+\tau)\Big|_{n=0} \neq 0\,, \tag{4}$$

$$k(n+\tau)\Big|_{n>N} = 0\,, \tag{5}$$

$$\sum_{n=0}^{N} k(n+\tau) = h_{ust}. \tag{6}$$

Эти требования совместимы с требованиями (1).

В ОМ [3] реализуется математическая зависимость:

$$c(n)=\left[x(n)-\sum_{m=1}^{N}c(n-m)k(m+\tau)\right]/k(\tau)\quad , \tag{7}$$

$$0<\tau\le 1, \tag{8}$$

где $x(n),c(n)$) – соответственно входной и выходной сигналы ОМ.

ОМ, описываемая формулой (7), обладает недостатками в области осуществимости, устойчивости и достижимых показателей качества. Эти недостатки объясняются невозможностью осуществить временное опережение на величину более одного такта дискретного времени из-за несовместимости в этом случае условий (3) и (8).

Для устранения указанных недостатков в работе [4] рассматривается техническое решение ОМ с улучшенными показателями качества. При её осуществлении обеспечивается возможность подавления колебательности и сохранения устойчивости и тех в случаях, когда ДО описывается уравнением высокого порядка и/или имеет существенное чистое временное запаздывание.

Математическое описание указанной ОМ имеет вид:

$$c(n)=\left[Bx(n)-\sum_{m=1}^{N}c(n-m)k(m+\tau)\right]/k(\tau), \tag{9}$$

где τ – конструктивный временной сдвиг, не ограничиваемый выражением (8), но обеспечивающий выполнение условия (3);

B – статический коэффициент, обеспечивающий правильность формулы (9) в случае, когда τ >1.

Вывод этой формулы в работе [4] не приведен и отсутствует аналитическое выражение для коэффициента B. Для доказательства справедливости формулы (9) и нахождения аналитического выражения для коэффициента B нужно создать СДО, в ИПФ которого выполняются условия (3) и (6) при τ >1.

Первой из задач в данной работе является формирование ИПФ СДО, который по своим свойствам, за исключением упреждающего временного сдвига на $\tau>1$, максимально близок к исходному ДО и обеспечивает возможность конструирования ОМ.

Второй задачей данной работы является нахождение математического описания ОМ, у которой обеспечивается работоспособность при произвольном увеличении конструктивного временного сдвига τ.

ИПФ СДО обозначим символом $\tilde{k}(n)$. Требования к ИПФ:

$$\tilde{k}(n)\big|_{n<0}=0, \tag{10}$$

$$\tilde{k}(0)=\tilde{k}(n)\big|_{n=0}\neq 0, \tag{11}$$

$$\tilde{k}(n)\big|_{n>N}=0, \tag{12}$$

$$\sum_{n=0}^{N}\tilde{k}(n)=h_{ust}. \tag{13}$$

Численные значения $\tilde{k}(n)$ нужно определить через ИПФ исходного ДО (2) при уже выбранных значениях параметров T и τ.

***3.* Решение задачи.** Исходный ДО описывается ПХ $h(t)$, которая имеет начальный временной сдвиг T_0, время переходного процесса T_1 и обладает свойствами:

$$h(t)\big|_{t\le 0}=0\ ,\ h(t)\big|_{t=T_0}\neq 0\ ,h(t)\big|_{t\phi T_1}=h_{ust}. \tag{14}$$

При переходе на дискретное время с дискретностью T эти свойства получают вид:

$$h(n)\big|_{n\le 0}=0\ ,\ h(n)\big|_{n=\tau}\neq 0\ ,\ h(n)\big|_{n>N}=h_{ust}\ ,$$

где $\tau=T_0/T$, $N=T_1/T$.

Рассмотрим задачу аналитического определения численных значений ИПФ СДО через параметры исходного ДО, которые соответствуют требованиям (3)—(6).

Решение задачи иллюстрируется приведенными на рис.2 графиками ИПФ ДО в исходном, промежуточном и скорректированном состояниях. ИПФ являются функциями дискретного времени, а кривые изображают огибающие их значений. Символами обозначены: $k(n)$ — ИПФ исходного ДО (пунктир), $\tilde{k}(n)$ — ИПФ СДО (жирная линия), $k(n+\tau)$ — ИПФ промежуточного (физически неосуществимого) ДО.

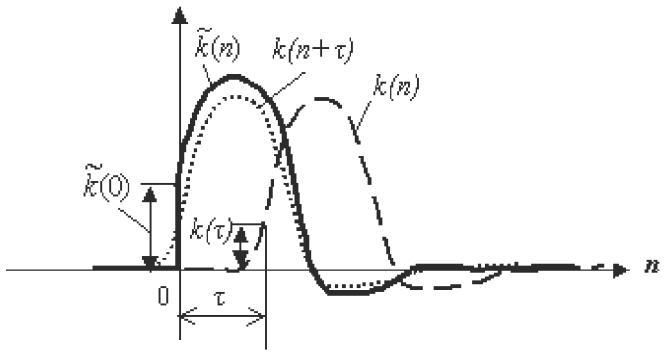


Рис. 2 – Графики ИПФ в исходном, промежуточном и скорректированном состояниях

Последовательность действий при решении задачи.

Формируем массив ИПФ исходного ДО, согласно (2) с уже выбранной дискретностью времени T и равным нулю значением временного сдвига τ: $k(n) = k(n+\tau)\big|_{\tau=0}$. Огибающая дискретных значений ИПФ $k(n)$ изображена на графике пунктиром.

Выбираем конструктивный временной сдвиг τ, удовлетворяющий условию (4), и формируем массив ИПФ промежуточного ДО $k(n+\tau)$, сдвинутого на эту величину опережения. Кривая этого массива изображена точками. ДО с ИПФ $k(n+\tau)$ физически неосуществим по той причине, что начальная часть кривой оказывается в левой полуплоскости, соответствующей отрицательному времени.

Отсекаем часть ИПФ $k(n+\tau)$ в левой полуплоскости и корректируем ее оставшиеся числовые значения в правой полуплоскости для сохранения установившегося значения ПХ h_{ust}. Полученный после правки числовой массив и составит ИПФ СДО. Этот массив мы ищем и уже обозначили символом $\tilde{k}(n)$. Он должен удовлетворять требованиям (10)—(13). На рис.2 кривая этого массива изображена жирной линией.

А теперь перейдем к определению значений ИПФ СДО, если известны значения ИПФ ДО при заданных конструктивных параметрах T и τ.

Полагаем, что выбранный нами параметр τ удовлетворяет условию (4) и, в общем случае, существенно превосходит дискретность времени T. Он может быть записан в виде:

$$\tau = j + \Delta\tau, \tag{15}$$

где j – целое положительное число ($j \geq 1$), а $\Delta\tau$ – дробная часть ($0 \leq \Delta\tau < 1$).

Если выполняются условия (3)—(6) и не выполняется условие (8), то для установившегося значения ПХ промежуточного ДО справедливы соотношения:

$$\sum_{m=-j}^{N} k(m+\tau) = \sum_{m=-j}^{-1} k(m+\tau) + \sum_{m=0}^{N} k(m+\tau) = h_{ust}\ , \tag{16}$$

где

$$\sum_{m=-j}^{-1} k(m+\tau) \neq 0\ ,\ \sum_{m=0}^{N} k(m+\tau) \neq h_{ust}\ . \tag{17}$$

Сумма $\sum_{m=-j}^{-1} k(m+\tau)$ в выражении (16) равна последнему значению ПХ промежуточного ДО в отрицательной области времени. Обозначим её символом:

$$h_{-1} = \sum_{m=-j}^{-1} k(m+\tau) = h(t)\Big|_{t=T_0-T} . \quad (18)$$

Для компактности дальнейших выкладок введём также параметр с обозначением

$$D=(h_{ust}-h_{-1})/h_{ust}. \quad (19)$$

Используя зависимости (18) и (19), преобразуем выражение (16) к виду:

$$\sum_{m=0}^{N} \frac{k(m+\tau)}{D} = h_{ust} \quad (20)$$

Заменив в (20) переменную суммирования m на символ дискретного времени n, мы получаем искомую ИПФ СДО :

$$\tilde{k}(n) = \frac{k(n+\tau)}{D}, \quad n = 0,1,2,...,N . \quad (21)$$

Из (21) очевидно, что в ИПФ СДО выполняются все требования (10)—(13). Кроме того, СДО близок к исходному ДО. Численные значения ИПФ СДО повторяют численные значения ИПФ ДО с упреждающим временным сдвигом τ, а символ D представляет собой лишь постоянный поправочный коэффициент для выполнения требования (13).

Таким образом, мы получили СДО, для которого можно конструировать ОМ.

Числовой массив ИПФ СДО (21) может быть преобразован, с учетом соотношения (19), к виду:

$$\tilde{k}(n) = \frac{h_{ust}}{h_{ust}-h_{-1}} k(n+\tau) , \; n = 0,1,2,...,N . \quad (22)$$

Используя зависимость (22), получим окончательное математическое описание создаваемой ОМ в функции параметров исходного ДО:

$$c(n) = \left\{ \frac{h_{ust}-h_{-1}}{h_{ust}} x(n) - \sum_{m=1}^{N} c(n-m)k(m+\tau) \right\} / k(\tau) . \quad (23)$$

Формула (23) аналогична уже известной формуле (7) , но отличается от последней тем, что неизвестный ранее коэффициент B становится известным и определяется следующим выражением:

$$B = D = \frac{h_{ust}-h_{-1}}{h_{ust}} .$$

Формула (23) является обобщающей и может быть использована при создании ОМ для широкого круга ДО, в том числе для обладающих чистым временным запаздыванием или описываемых уравнением сколь угодно высокого порядка. Используемый в формуле конструктивный временной сдвиг τ теперь может изменяться в широких пределах. Если же $\tau \le 1$, то параметр h_{-1} обращается в нуль и формула (23) упрощается до уже известной формулы (7).

4. Экспериментальная часть. Для проверки полученных результатов была разработана инструментальная схема, состоящая из последовательно соединенных ОМ и ДО. ОМ была реализована с использованием формулы (23).

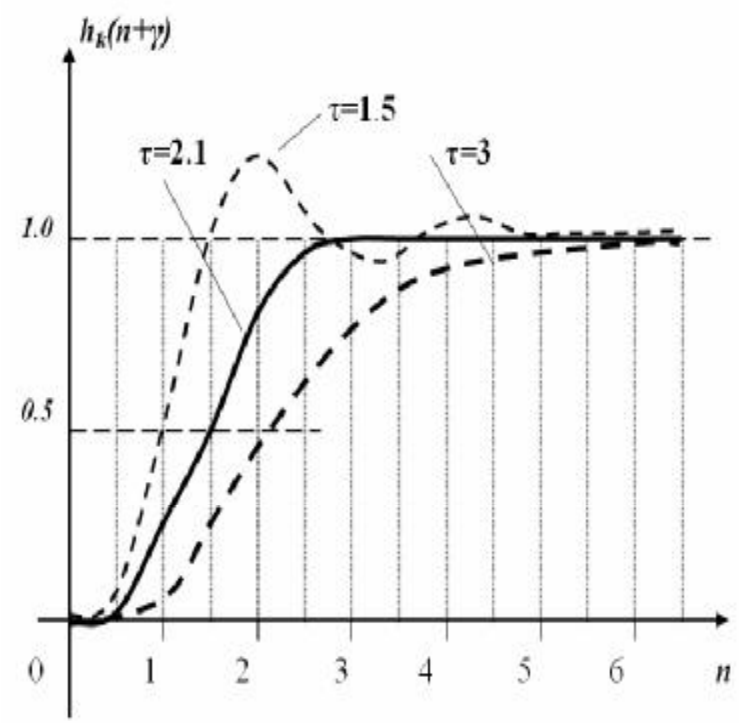


Рис. 3 – Временные характеристики комплекса «ОМ-ДО» при различных значениях τ

Эксперимент заключался в построении ПХ комплекса «ОМ-ДО» $h_k(n+\gamma)$ при различных значениях конструктивного временного сдвига τ с оценкой получаемых показателей качества ОМ. Если бы ОМ была идеальной, то получаемая ПХ представляла бы собой единичную ступенчатую функцию. Это невозможно, но можно найти такое значение $\tau > 1$ (на рисунке $\tau = 2.1$), при котором ПХ максимально приближается к оптимальной (имеет минимальное время переходного процесса и не имеет перерегулирования).

4. Заключение. Предложена численная методика корректировки математического описания динамического объекта в сторону опережения с обеспечением возможности конструирования для него ОМ с получением желаемых показателей качества. При конструировании самой ОМ можно отказаться от промежуточного конструирования СДО и использовать вместо этого уже полученную обобщающую формулу (23).

Литература

1. Зайцев В.Г., Костюк В.И., Чинаев П.И. Основы автоматического управления и регулирования. – Киев: «Техніка», 1975. – С. 235-239.
2. Клименко А.К., Клименко В.Г. Корректирующее устройство. — Авт. свид. СССР 1406563, Бюлл. изобр., 24. – 1988.
3. Клименко А.К. Обратная модель для решения задач управления и контроля качества / Методы менеджмента качества // Надежность и контроль качества. – 1999. – №8. – С. 32-39.
4. Клименко А.К. Обратная модель с улучшенными показателями качества // Надёжность и качество 2003: Труды международного симпозиума / Под ред. Н.К.Юркова.– Пенза: Информационно-издательский центр Пенз. гос. ун-та, 2003. – С.237-239.
5. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. Изд. третье, исправленное. – М.: Наука, 1975. – С. 267-269, 426.

УДК 519.816:510.6:004.822

МОДЕЛЮВАННЯ СЦЕНАРІЇВ МАЙБУТНІХ ПОДІЙ НА ОСНОВІ СЕМАНТИЧНИХ МЕРЕЖ ТА СИТУАЦІЙНОЇ ЛОГІКИ

Макуха М.П.
ННК «Інститут прикладного системного аналізу» НТУУ «КПІ», м. Київ

В роботі обґрунтовано можливість автоматизованої процедури побудови сценаріїв майбутніх подій на прикладі впливу вартості продуктів харчування на рівень суспільного невдоволення населення окремої країни. Реалізація заснована на використанні прямого логічного виведення із застосуванням семантичних мереж та апарату ситуаційної логіки.

In this paper a possibility of automatic future events' scenarios creation is substantiated given an example of food prices influencing social unrest in a country. Realization is based on direct logical inference using semantic networks and situational logic apparatus.

Ключові слова: сценарний аналіз, ситуаційна семантика, семантичні мережі.

Вступ

Потреба у побудові сценаріїв майбутніх подій часто виникає при розв'язанні міждисциплінарних задач системного аналізу складних систем і процесів різної природи, що функціонують в умовах невизначеності та неповноти інформації [1]. Побудова сценаріїв майбутніх подій є завершальним етапом системної методології технологічного передбачення і дозволяє поєднати викладену в хронологічному порядку різнорідну кількісну та якісну інформацію з результатами застосування кількісних та якісних методів. Сценарії майбутніх подій є важливим джерелом інформації, необхідної для прийняття обґрунтованих рішень щодо подальшого розвитку складних систем та процесів. З огляду на високу складність представлення та автоматизованої обробки різнорідної інформації, що формує тіло сценаріїв, їх побудова здійснюється на основі людино-машинної платформи сценарного аналізу [2].

В даній роботі обґрунтовується можливість підходу до автоматизованого формування сценаріїв майбутніх подій, що дозволяє знизити вплив суб'єктивного фактору в процесі написання сценаріїв та мінімізувати помилки та неточності, які неминуче виникають в процесі обробки людиною великої кількості різнорідної інформації (наприклад, неврахування важливих зв'язків між елементами досліджуваної системи, порушення причинно-наслідкових зв'язків та ін.). Даний підхід ґрунтується на використанні в процесі створення сценаріїв майбутніх подій математичного апарату ситуаційної семантики та представлення інформації у вигляді семантичних мереж. Для обґрунтування можливості практичного застосування підходу запропоновано процедуру побудови сценаріїв впливу вартості продуктів харчування на рівень суспільного невдоволення. Побудовано сценарії зміни соціальної обстановки для двох гіпотетичних країн з високим та низьким рівнем економічного розвитку для різних варіантів впливу зовнішніх факторів.

Моделювання сценаріїв впливу вартості продуктів харчування на рівень суспільного невдоволення здійснюється в чотири етапи. *На першому етапі* описується предметна область та будується семантична модель досліджуваної системи (в даному модельному прикладі, довільної країни світу) з урахуванням зовнішніх факторів. На *другому* етапі формулюються початкові умови та альтернативні сценарії зміни інтенсивності зовнішніх факторів. На *третьому* етапі для заданих початкових умов з урахуванням зовнішніх факторів будуються сценарії впливу вартості продуктів харчування на рівень суспільного невдоволення. На *четвертому* етапі проводиться аналіз побудованих сценаріїв та здійснюється їх інтерпретація з позиції особи, що приймає рішення в даній предметній області.

Ситуаційна семантика використовується на перших трьох етапах для опису моделі досліджуваної системи, початкових умов та прогнозів і дозволяє будувати та зберігати в межах єдиної бази знань протирічні сценарії розвитку майбутніх подій. Семантичні мережі використовуються для представлення знань щодо структури моделі і початкових умов для кожного сценарію, а також дають можливість явно сформулювати інформаційну модель досліджуваної системи у вигляді правил виведення.

Ситуаційна семантика, або ситуаційна логіка (situational logic), є формальною логічною теорією, запропонованою для формалізованого представлення інформації, сформульованої природною мовою в 1980 році математиком Й. Барвайзом (Jon Barwise) та розвинутою ним сумісно з філософом Дж. Перрі (John Perry) та іншими дослідниками [3]. На відміну від існуючих на той час логічних систем, явне введення до формальної частини логічної системи поняття *ситуація* дозволило оперувати частковими описами аспектів реального світу та зберігати в базі знань і використовувати в процедурах логічного виведення множини протирічних фактів та висловлювань. Ситуаційна логіка успішно застосовується в інфор-

маційних системах для аналізу і формалізованого представлення висловлювань природної мови і пропонує розвинений апарат моделювання альтернативних та прогнозованих станів реального світу.

Ключовим поняттям ситуаційної логіки є *ситуація* – деяка "частина" реального світу, щодо якої відома будь-яка інформація. Інформація описується за допомогою *n*-арних відношень, або предикатів, що формують *інфони* – кортежі вигляду $\langle\!\langle R, a_1, \ldots, a_n, p\rangle\!\rangle$, де R – символ відповідного відношення, $a_1, \ldots, a_n$ – значення аргументів відношення, $p \in \{0,1\}$ – полярність інфону. Інфони можна комбінувати за допомогою кон'юнкції, диз'юнкції, дужок та приєднання кванторів існування та загальності; така комбінація інфонів є також інфоном. Висловленням ситуаційної логіки є формули вигляду $s \models \sigma$, де s – деяка ситуація, а σ – інфон. Така формула означає, що в ситуації s має місце σ. Одними з найважливіших елементів ситуаційної логіки є абстрактні ситуації та обмежуючі умови (constraints). *Абстрактна ситуація* визначається формулами вигляду $[\, s \mid s \models \sigma]$, де s – параметр абстракції, σ – інфон, який також може містити параметри. *Обмежуючі умови* (constraints) формуються парою абстрактних ситуацій: $C = (S_1 \Rightarrow S_2)$, і можуть виконувати роль правил виведення: з наявності ситуації типу S_1 слідує наявність ситуації типу S_2.

Семантичні мережі (semantic networks) застосовуються для побудови інформаційної моделі предметної області у вигляді семантичних графів і використовуються для опису семантичних відношень між об'єктами різної природи. Прототипом семантичних мереж вважають екзистенційні графи Ч. Пірса (Charles Peirce), запропоновані ним в 1906 р. для графічного представлення логічних висловлювань [4]. Семантичні мережі в сучасному вигляді були запропоновані в 1956 р. Р. Річенсом (Richard Richens) для машинного перекладу текстів [5]. Семантичні мережі використовуються для представлення різнорідної інформації в розподілених базах знань і є основою парадигми Інтернету 3-го покоління (Web 3.0) – Семантичної Павутини (Semantic Web), запропонованої Т. Бернерсом-Лі та ін. (Tim Berners-Lee) [6].

В даній роботі ситуаційна семантика використовується в якості теоретичної основи моделювання сценаріїв, в той час як апарат семантичних мереж надає можливість гнучкого представлення інформації у вигляді, придатному для машинної обробки та здійснення логічного виведення. Формування сценаріїв здійснюється процесором прямого логічного виведення, заснованого на правилах (rule-based inference engine) CWM (Closed World Machine) [7].

Модель впливу вартості продуктів харчування на рівень суспільного невдоволення

Для побудови сценаріїв впливу вартості продуктів харчування на рівень суспільного невдоволення в даній роботі пропонується модель, яка описує зв'язки між сімома внутрішніми показниками – рівнем суспільного невдоволення в країні, рівнем економічного розвитку країни, рівнями споживання, виробництва та імпорту продуктів харчування, потенціалом виробництва та рівнем державної підтримки, – та двома зовнішніми факторами – погодними умовами та рівнем цін на продукти харчування.

Перелічені показники описуються за допомогою відповідних відношень: "рівень суспільного невдоволення", "рівень споживання", "рівень виробництва", "рівень імпорту", "потенціал виробництва" задані на декартовому добутку множини значень {"низький", "середній", "високий"}, країн та моментів часу; відношення "рівень державної підтримки" задане на декартовому добутку множини значень {"низький","високий"}, країн та моментів часу; відношення "рівень цін" задане на декартовому добутку множини значень {"низький", "середній", "високий"} та моментів часу; відношення "погодні умови" задане на декартовому добутку множини значень {"несприятливі", "сприятливі"} та моментів часу; відношення "рівень економічного розвитку" задане на декартовому добутку множини значень {"низький", "середній", "високий"} та країн світу.

Зв'язки між показниками моделі формалізуються у вигляді імплікацій ситуаційної семантики і розкриваються нижченаведеними залежностями (1)–(6). Зауважимо, що зміна показників моделі у часі та, відповідно, розгортання сценаріїв у хронологічному порядку забезпечується імплікаціями (5) та (6).

$$[\, s \mid s \models \langle\!\langle \text{рівень\_економічного\_розвитку}, x_1, c, 1\rangle\!\rangle \wedge \langle\!\langle \text{рівень\_споживання}, x_2, c, t, 1\rangle\!\rangle] \Rightarrow$$
$$\Rightarrow [\, s \mid s \models \langle\!\langle \text{рівень\_суспільного\_невдоволення}, f_{\text{сусп}}(x_1, x_2), c, t, 1\rangle\!\rangle], \quad (1)$$
$$[\, s \mid s \models \langle\!\langle \text{рівень\_виробництва}, x_1, c, t, 1\rangle\!\rangle \wedge \langle\!\langle \text{рівень\_імпорту}, x_2, c, t, 1\rangle\!\rangle] \Rightarrow$$
$$\Rightarrow [\, s \mid s \models \langle\!\langle \text{рівень\_споживання}, f_{\text{спож}}(x_1, x_2), c, t, 1\rangle\!\rangle], \quad (2)$$
$$[\, s \mid s \models \langle\!\langle \text{рівень\_виробництва}, x_1, c, t, 1\rangle\!\rangle \wedge \langle\!\langle \text{рівень\_державної\_підтримки}, x_2, c, t, 1\rangle\!\rangle \wedge$$
$$\wedge \langle\!\langle \text{рівень\_цін}, x_3, t, 1\rangle\!\rangle] \Rightarrow [\, s \mid s \models \langle\!\langle \text{рівень\_імпорту}, f_{\text{імп}}(x_1, x_2, x_3), c, t, 1\rangle\!\rangle], \quad (3)$$
$$[\, s \mid s \models \langle\!\langle \text{потенціал\_виробництва}, x_1, c, t, 1\rangle\!\rangle \wedge \langle\!\langle \text{погодні\_умови}, x_2, t, 1\rangle\!\rangle \wedge \langle\!\langle \text{рівень\_цін}, x_3, t, 1\rangle\!\rangle] \Rightarrow$$
$$\Rightarrow [\, s \mid s \models \langle\!\langle \text{рівень\_виробництва}, f_{\text{вир}}(x_1, x_2, x_3), c, t, 1\rangle\!\rangle], \quad (4)$$
$$[\, s \mid s \models \langle\!\langle \text{рівень\_економічного\_розвитку}, x_1, c, 1\rangle\!\rangle \wedge \langle\!\langle \text{рівень\_виробництва}, x_2, c, t-1, 1\rangle\!\rangle] \Rightarrow$$
$$\Rightarrow [\, s \mid s \models \langle\!\langle \text{потенціал\_виробництва}, f_{\text{пот}}(x_1, x_2), c, t, 1\rangle\!\rangle], \quad (5)$$
$$[\, s \mid s \models \langle\!\langle \text{рівень\_економічного\_розвитку}, x_1, c, 1\rangle\!\rangle \wedge \langle\!\langle \text{рівень\_суспільного\_невдоволення}, x_2, c, t-1, 1\rangle\!\rangle] \Rightarrow$$
$$\Rightarrow [\, s \mid s \models \langle\!\langle \text{рівень\_державної\_підтримки}, f_{\text{держ}}(x_1, x_2), c, t, 1\rangle\!\rangle]. \quad (6)$$

Значення функціоналів $f_{\text{сусп}}$,, $f_{\text{спож}}$, $f_{\text{імп}}$, $f_{\text{вир}}$, $f_{\text{пот}}$, $f_{\text{держ}}$, що входять до імплікацій (1)–(6), задаються у вигляді таблиць 1–6.

Залежності (1)–(6) між показниками моделі проілюстровано на рис. 1. Вершини графу, зображеного на рисунку, позначають відповідні показники; один показник з'єднаний направленою дугою з іншим, якщо в одній з імплікацій (1)–(6) інфон з першим показником входить до антецеденту, а з другим – до консеквенту.

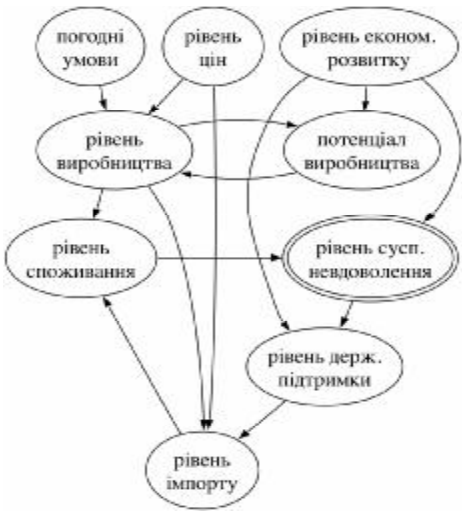


Рис. 1 – Зв'язки між показниками моделі, заданої залежностями (1)–(6)

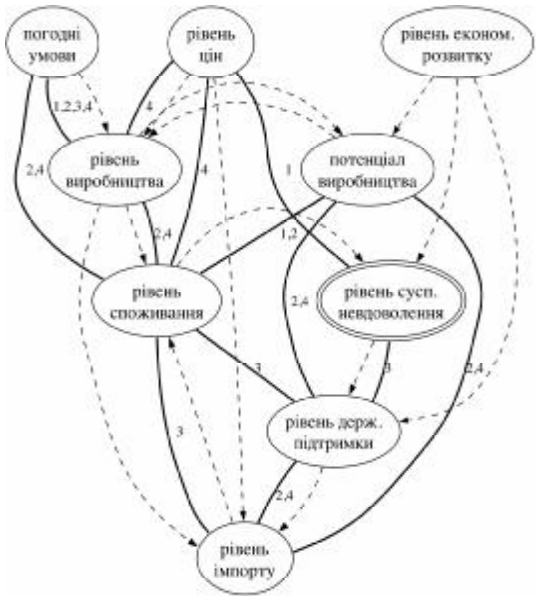


Рис. 2 – Зв'язки між показниками моделі (1)–(6) з високим абсолютним значенням коефіцієнта рангової кореляції Спірмена (для сценаріїв s_1, s_2, s_3, s_4)

Таблиця 1 – Значення рівня суспільного невдоволення $f_{\text{сусп}}(x_1,x_2)$ в залежності від рівня економічного розвитку країни (x_1) та рівня споживання продуктів харчування (x_2)

x_1	x_2		
	"низький"	"середній"	"високий"
"низький"	"середній"	"низький"	"низький"
"середній"	"високий"	"середній"	"низький"
"високий"	"високий"	"середній"	"низький"

Таблиця 2 – Значення рівня споживання продуктів харчування $f_{\text{спож}}(x_1,x_2)$ в залежності від рівня їх виробництва (x_1) та імпорту (x_2)

x_1	x_2		
	"низький"	"середній"	"високий"
"низький"	"низький"	"низький"	"середній"
"середній"	"низький"	"середній"	"високий"
"високий"	"середній"	"високий"	"високий"

Таблиця 3 – Значення рівня імпорту продуктів харчування $f_{\text{імп}}(x_1,x_2,x_3)$ в залежності від рівня їх виробництва (x_1), рівня державної підтримки населення (x_2) та рівня цін на продукти харчування (x_3)

x_1	x_2	x_3		
		"низький"	"середній"	"високий"
"низький"	"низький"	"високий"	"високий"	"середній"
"низький"	"високий"	"високий"	"високий"	"високий"
"середній"	"низький"	"середній"	"середній"	"низький"
"середній"	"високий"	"високий"	"середній"	"середній"
"високий"	"низький"	"середній"	"низький"	"низький"
"високий"	"високий"	"середній"	"середній"	"середній"

Таблиця 4 – Значення рівня виробництва продуктів харчування $f_{вир}(x_1,x_2,x_3)$ в залежності від потенціалу виробництва (x_1), погодних умов (x_2) та рівня цін на продукти харчування (x_3)

x_1	x_2	x_3		
		“низький”	“середній”	“високий”
“низький”	“несприятливі”	“низький”	“низький”	“низький”
“низький”	“сприятливі”	“низький”	“низький”	“середній”
“середній”	“несприятливі”	“низький”	“низький”	“середній”
“середній”	“сприятливі”	“середній”	“середній”	“високий”
“високий”	“несприятливі”	“низький”	“середній”	“середній”
“високий”	“сприятливі”	“середній”	“високий”	“високий”

Таблиця 5 – Значення потенціалу виробництва продуктів харчування $f_{пот}(x_1,x_2)$ в залежності від рівня економічного розвитку країни (x_1) та попереднього рівня виробництва продуктів харчування (x_2)

x_1	x_2		
	“низький”	“середній”	“високий”
“низький”	“низький”	“середній”	“середній”
“середній”	“середній”	“середній”	“високий”
“високий”	“середній”	“високий”	“високий”

Таблиця 6 – Значення рівня державної підтримки населення $f_{держ}(x_1,x_2)$ в залежності від рівня економічного розвитку країни (x_1) та рівня суспільного невдоволення в її межах у попередньому році (x_2)

x_1	x_2		
	“низький”	“середній”	“високий”
“низький”	“низький”	“низький”	“високий”
“середній”	“низький”	“низький”	“високий”
“високий”	“високий”	“високий”	“високий”

Початкові умови для моделювання сценаріїв

В даній роботі модель (1)–(6) використовується для побудови чотирьох сценаріїв s_1, s_2, s_3, s_4 впливу вартості продуктів харчування на рівень суспільного невдоволення для двох гіпотетичних країн: c_A – з низьким рівнем економічного розвитку і c_B – з високим. Сценарії моделюються на часовому проміжку з 2005 по 2010 роки з множиною моментів часу {2004,2005,2006,2007,2008,2009,2010}, оскільки для визначення значень деяких показників у 2005 р. необхідно знати їх значення в 2004 р.

Оскільки, як видно на рис. 1, запропонована модель не передбачає можливості впливу на зовнішні фактори (рівень цін та погодні умови), значення цих показників на всьому проміжку моментів часу {2004,…,2010} повинні бути задані в якості початкових умов. Розглядаються два альтернативних сценарія зміни інтенсивності зовнішніх факторів. Використовуючи апарат ситуаційної семантики, початкові умови формулюються як початкові ситуації s_A, s_B, $s_{рц1}$, $s_{рц2}$, $s_{пу1}$, $s_{пу2}$ у вигляді висловлювань (7)–(12):

$$s_A \models \langle\!\langle \text{рівень\_економічного\_розвитку,“низький”},c_A,1\rangle\!\rangle \wedge \langle\!\langle \text{рівень\_виробництва,“середній”},c_A,2004,1\rangle\!\rangle \wedge \wedge \langle\!\langle \text{рівень\_суспільного\_невдоволення,“низький”},c_A,2004,1\rangle\!\rangle, \quad (7)$$

$$s_B \models \langle\!\langle \text{рівень\_економічного\_розвитку,“високий”},c_B,1\rangle\!\rangle \wedge \langle\!\langle \text{рівень\_виробництва,“середній”},c_B,2004,1\rangle\!\rangle \wedge \wedge \langle\!\langle \text{рівень\_суспільного\_невдоволення,“низький”},c_B,2004,1\rangle\!\rangle, \quad (8)$$

$$s_{рц1} \models \langle\!\langle \text{рівень\_цін,“низький”},2004,1\rangle\!\rangle \wedge \langle\!\langle \text{рівень\_цін,“середній”},2005,1\rangle\!\rangle \wedge \wedge \langle\!\langle \text{рівень\_цін,“високий”},2006,1\rangle\!\rangle \wedge \langle\!\langle \text{рівень\_цін,“високий”},2007,1\rangle\!\rangle \wedge \langle\!\langle \text{рівень\_цін,“високий”},2008,1\rangle\!\rangle \wedge \langle\!\langle \text{рівень\_цін,“середній”},2009,1\rangle\!\rangle \wedge \langle\!\langle \text{рівень\_цін,“середній”},2010,1\rangle\!\rangle, \quad (9)$$

$$s_{рц2} \models \langle\!\langle \text{рівень\_цін,“низький”},2004,1\rangle\!\rangle \wedge \langle\!\langle \text{рівень\_цін,“середній”},2005,1\rangle\!\rangle \wedge \wedge \langle\!\langle \text{рівень\_цін,“високий”},2006,1\rangle\!\rangle \wedge \langle\!\langle \text{рівень\_цін,“високий”},2007,1\rangle\!\rangle \wedge \langle\!\langle \text{рівень\_цін,“середній”},2008,1\rangle\!\rangle \wedge \langle\!\langle \text{рівень\_цін,“середній”},2009,1\rangle\!\rangle \wedge \langle\!\langle \text{рівень\_цін,“низький”},2010,1\rangle\!\rangle, \quad (10)$$

$$s_{пу1} \models \langle\!\langle \text{погодні\_умови,“сприятливі”},2004,1\rangle\!\rangle \wedge \langle\!\langle \text{погодні\_умови,“несприятливі”},2005,1\rangle\!\rangle \wedge \wedge \langle\!\langle \text{погодні\_умови,“несприятливі”},2006,1\rangle\!\rangle \wedge \langle\!\langle \text{погодні\_умови,“сприятливі”},2007,1\rangle\!\rangle \wedge \wedge \langle\!\langle \text{погодні\_умови,“сприятливі”},2008,1\rangle\!\rangle \wedge \langle\!\langle \text{погодні\_умови,“сприятливі”},2009,1\rangle\!\rangle \wedge \wedge \langle\!\langle \text{погодні\_умови,“несприятливі”},2010,1\rangle\!\rangle, \quad (11)$$

$$s_{пу2} \models \langle\!\langle \text{погодні\_умови,“сприятливі”},2004,1\rangle\!\rangle \wedge \langle\!\langle \text{погодні\_умови,“несприятливі”},2005,1\rangle\!\rangle \wedge \wedge \langle\!\langle \text{погодні\_умови,“сприятливі”},2006,1\rangle\!\rangle \wedge \langle\!\langle \text{погодні\_умови,“сприятливі”},2007,1\rangle\!\rangle \wedge$$

$$\wedge\langle\!\langle \text{погодні\_умови,“несприятливі”,2008,1}\rangle\!\rangle\wedge\langle\!\langle \text{погодні\_умови,“несприятливі”,2009,1}\rangle\!\rangle\wedge$$
$$\wedge\langle\!\langle \text{погодні\_умови,“несприятливі”,2010,1}\rangle\!\rangle. \qquad (12)$$

Виділяються дві групи початкових умов: ситуації s_A і s_B описують внутрішній стан країн c_A і c_B, а ситуації $s_{\text{рц1}}$, $s_{\text{рц2}}$, $s_{\text{пу1}}$, $s_{\text{пу2}}$ – вплив зовнішніх факторів. При цьому два альтернативних сценарія впливу зовнішніх факторів задаються як $s_{01} = s_{\text{рц1}} \cap s_{\text{пу1}}$, $s_{02} = s_{\text{рц2}} \cap s_{\text{пу2}}$, а зв'язок початкових умов з результуючими сценаріями s_1, s_2, s_3, s_4 задається наступним співвідношенням:

$$s_1 \subset s_A \cap s_{\text{рц1}} \cap s_{\text{пу1}}, \quad s_2 \subset s_B \cap s_{\text{рц1}} \cap s_{\text{пу1}}, \quad s_3 \subset s_A \cap s_{\text{рц2}} \cap s_{\text{пу2}}, \quad s_4 \subset s_B \cap s_{\text{рц2}} \cap s_{\text{пу2}}. \qquad (13)$$

Аналіз сценаріїв впливу вартості продуктів харчування на рівень суспільного невдоволення

Застосовуючи до початкових умов сценаріїв (7)–(13) правила виведення (1)–(6), за допомогою логічного виведення [7] ситуації s_1, s_2, s_3, s_4 розширюються за рахунок інфонів з антецедентів правил виведення. Оскільки використовується пряме виведення, результуючі сценарії містять максимально можливу кількість інформації, що може бути виведена.

Всі відношення досліджуваної моделі, за винятком відношення “рівень_економічного_розвитку”, яке задається в якості початкової умови, є показниками, що змінюються в часі. Для побудови графіків показників замінимо якісні значення числовими: “низький”, “несприятливі” – числом 0; “середній” – числом 1; “високий”, “сприятливі” – числом 2. Графіки показників для чотирьох сценаріїв наведено на рис. 3.

Дослідимо ступінь залежності між показниками для кожного сценарію. Оскільки значення всіх показників наведено у порядковій шкалі (“низький” < “середній” < “високий”, “несприятливі” < “сприятливі”), для кожної пари показників можна обчислити коефіцієнт рангової кореляції Спірмена. Ступінь зв'язку між часовими рядами вважають високою при абсолютному значенні коефіцієнта кореляції не нижче 0.7. В результаті обчислення коефіцієнтів кореляції між парами показників для кожного сценарію виділено 13 пар показників зі значенням коефіцієнта кореляції, більшим ніж 0.7 за абсолютною величиною. Ці зв'язки проілюстровано на рис. 2, де вони позначені жирними лініями і підписані номерами сценаріїв, для яких ці зв'язки є “сильними” (зі значенням коефіцієнта кореляції, більшим 0.7 за абсолютною величиною). Пунктирними лініями позначено дуги, що визначаються структурою моделі (1)–(6).

Для всіх чотирьох сценаріїв протягом 2005–2010 рр. рівень суспільного невдоволення не перевищував значення “середній”, що свідчить про адекватність механізму державної підтримки, заданого залежністю (6) та табл. 6. При цьому для більш розвиненої країни c_B (сценарії s_2 і s_4, рис. 3.*г*, 3.*з*) рівень суспільного невдоволення є в середньому дещо вищим, ніж для менш розвиненої країни c_A (сценарії s_1 і s_3, рис. 3.*б*, 3.*е*), що можна пояснити більшою вимогливістю населення розвинутих країн щодо рівня життя.

Ще однією спільною рисою для всіх сценаріїв є виражений зв'язок між погодними умовами та рівнем виробництва продуктів харчування, що також відображає реальні тенденції.

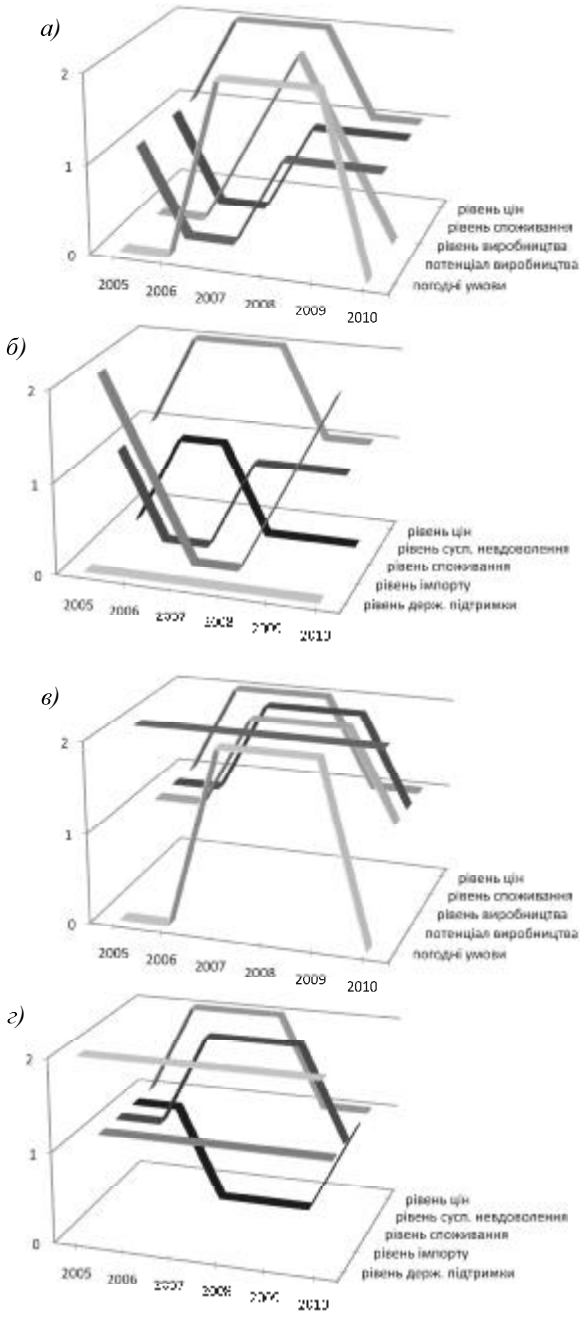
Аналізуючи ступені зв'язків між показниками на основі рис. 2, можна легко помітити, що кількість сильних зв'язків між показниками для сценаріїв s_2 і s_4 більша, ніж для сценаріїв s_1 і s_3 (7 і 8 проти 3 і 4 відповідно). Це можна пояснити більш досконалим соціальним та економічним державним устроєм розвинених країн у порівнянні з країнами, що розвиваються, соціально-економічні процеси в яких часто мають хаотичний або стохастичний характер.

Наведемо текстову інтерпретацію побудованих сценаріїв s_1, s_2, s_3, s_4. Така інтерпретація є прикладом аналізу запропонованих сценаріїв особою, що приймає рішення, хоча, звичайно, містить елементи суб'єктивного ставлення до об'єкту сценарного дослідження.

Сценарій s_1 побудовано для країни c_A з низьким рівнем економічного розвитку. Високий рівень цін на продукти харчування у 2006–2008 роках у поєднанні з сприятливими погодними умовами у 2007–2009 роках надав стимул для розвитку виробничого потенціалу в 2008–2010 роках, хоча в 2006–2007 роках потенціал виробництва знизився внаслідок несприятливих погодних умов 2005–2006 років. Недостатній рівень виробництва продуктів харчування в 2005–2006 та 2009–2010 роках компенсувався за рахунок імпорту. Низький рівень державної підтримки, характерний для країн, що розвиваються, виявився достатнім для недопущення значного наростання суспільного невдоволення, хоча в 2006–2007 роках рівень суспільного невдоволення підвищився внаслідок низького рівня споживання населенням продуктів харчування. *Визначною рисою сценарію* s_1 *є збільшення виробничого потенціалу в країні з низьким рівнем розвитку економіки під впливом високих цін на продукти харчування та сприятливих погодних умов з незначним підвищенням соціального невдоволення в 2006–2007 роках.*

Сценарій s_2 побудовано для країни c_B з високим рівнем економічного розвитку. Високий рівень цін на продукти харчування у 2006–2008 роках у поєднанні з сприятливими погодними умовами у 2007–2009 роках дозволив зберегти високий виробничий потенціал сільськогосподарського виробництва, що дозволило забезпечити максимально високий рівень виробництва для даних погодних умов і уникнути необхідності у великих обсягах імпорту продуктів харчування (рівень імпорту “середній”). Зниження рівня

споживання продуктів харчування в 2005–2006 та 2010 роках зумовлено відповідним зниженням обсягів виробництва, що призвело до підвищення суспільного невдоволення в ці роки. Проте високий рівень державної підтримки протягом всього періоду (2005–2010 роки) дозволив уникнути соціальної нестабільності. *Визначною рисою сценарію s_2 є задоволення потреби у продуктах харчування економічно розвиненої країни переважно за рахунок власного сільськогосподарського виробництва без значного збільшення імпорту з незначним підвищенням суспільного невдоволення в 2005–2006 та 2010 роках.*



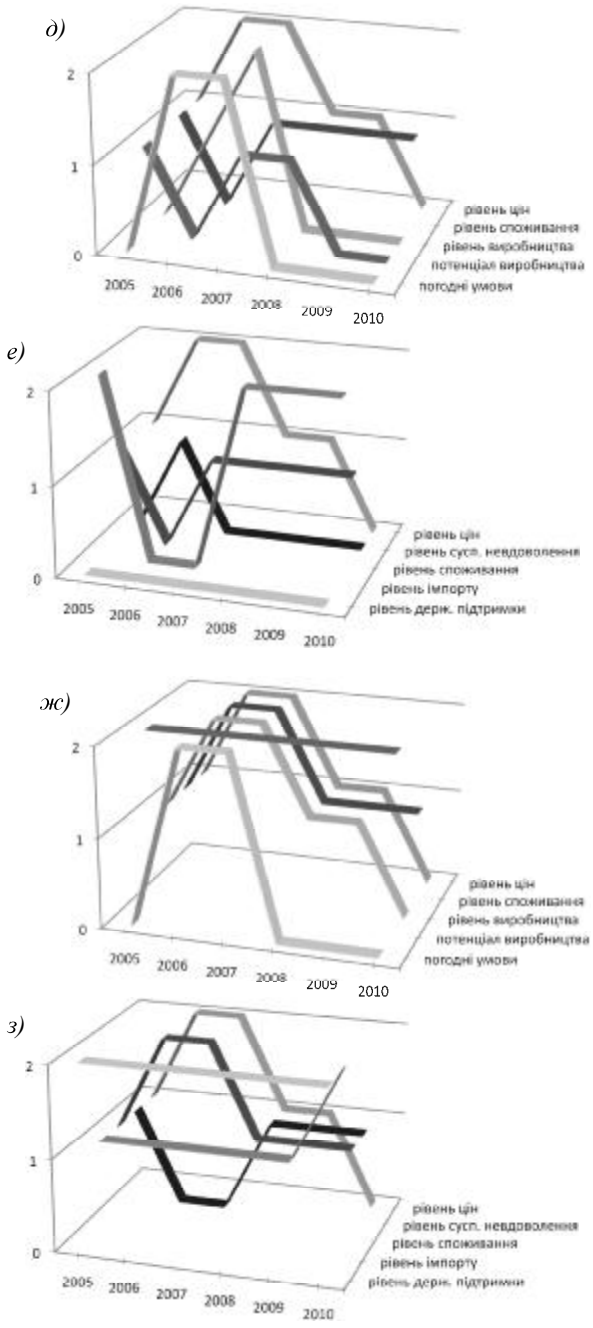


Рис.3 - Результати моделювання сценаріїв впливу вартості продуктів харчування на рівень суспільного невдоволення для гіпотетичної країни c_A (сценарій s_1 – графіки *а*, *б*; сценарій s_3 – графіки *д*, *е*) та країни c_B (сценарій s_2 – графіки *в*, *г*; сценарій s_4 – графіки *ж*, *з*).

Сценарій s_3 побудовано для країни c_A з низьким рівнем економічного розвитку. Несприятливі погодні умови та низький рівень цін на продукти харчування в 2005 та 2008–2010 роках зумовили деградацію виробничого потенціалу та зниження рівня виробництва. Рівень споживання продуктів харчування в 2007–2010 роках утримувався на середньому рівні завдяки високому рівню імпорту в 2008–2010 роках. Зниження в 2006 році рівня споживання продуктів харчування викликало незначний сплеск суспільного невдоволення, яке, однак, не призвело до соціальної нестабільності, незважаючи на низький рівень державної підтримки. *Визначною рисою сценарію* s_3 *є деградація виробничого потенціалу та переорієнтація*

на імпорт продуктів харчування у країні з низьким рівнем економічного розвитку при несприятливих зовнішніх умовах внаслідок недостатнього рівня державної підтримки.

Сценарій s_4 побудовано для країни c_B з високим рівнем економічного розвитку. Несприятливі погодні умови та зниження рівня цін у 2008–2010 роках не вплинули на виробничий потенціал країни, проте починаючи з 2008 року рівень виробництва скорочувався і в 2010 році досяг найнижчої позначки. Незважаючи на збільшення імпорту в 2010 році, рівень споживання продуктів харчування знизився, що призвело до росту суспільного невдоволення в країні. Рівень державної підтримки на протязі всього періоду з 2005 по 2010 рік залишався високим, що дозволило не допустити ескалації суспільного невдоволення, незважаючи на несприятливі для виробництва продуктів харчування зовнішні умови. *Визначною рисою сценарію* s_4 *є збереження економічно розвиненою країною високого рівня виробничого потенціалу навіть при несприятливих зовнішніх умовах, обмеження імпорту та, незважаючи на погіршення соціальної обстановки, обмеження рівня соціального невдоволення.*

Висновки

В роботі обґрунтовано можливість автоматизованої процедури побудови сценаріїв майбутніх подій на основі семантичних мереж та ситуаційної логіки. Запропоновано підхід до автоматизованого формування сценаріїв майбутніх подій, що реалізується в умовах неповноти та неточності вихідної інформації. Підхід, що запропоновано, реалізовано в обчислювальному алгоритмі, що надає можливість ефективно проводити дослідження в даній предметній галузі. Виконано обчислювальний експеримент щодо реалізованості та достовірності розробленого підходу.

Застосування розробленого підходу розглянуто на прикладі побудови сценаріїв впливу вартості продуктів харчування на рівень суспільного невдоволення. Запропоновано семантичну модель зміни рівня суспільного невдоволення під впливом зовнішніх факторів – рівня цін на продукти харчування та погодних умов. Представлення моделі та початкових умов за допомогою конструкцій ситуаційної логіки та семантичних мереж дозволило автоматично побудувати сценарії майбутніх події для двох гіпотетичних країн з урахуванням двох альтернативних сценаріїв зміни інтенсивності впливу зовнішніх факторів.

Обґрунтовано доцільність застосування запропонованого підходу до побудови сценаріїв майбутнього складних систем різної природи.

Література

1. Згуровський М.З., Панкратова Н.Д. Основи системного аналізу. – К.: Видавнича група BHV, 2007. – 544 с. : іл., табл. – ISBN 978-966-552-153-2.
2. Згуровский М.З., Панкратова Н.Д. Технологическое предвидение. – К.: Политехника, 2005. – 156 с.
3. *Barwise J., Perry J.* Situations and Attitudes // The Journal of Philosophy. – 1981. – Vol. 78, No 11. – P. 668–691.
4. *Peirce C. S.* Manuscripts on existential graphs // Collected Papers of Charles Sanders Peirce. – Vol. 4. – Cambridge, MA: Harvard University Press, 1906. – P. 320–410.
5. *Richens R.H.* Preprogramming for mechanical translation // Mechanical Translation. – 1956. – Vol. 3, No. 1. – P. 20–25.
6. *Berners-Lee T., Hendler J., Lassila O.* The Semantic Web // Scientific American. – May 2001. – P. 34–43.
7. Cwm – a general purpose data processor for the semantic web [Електронний ресурс] / W3C consortium, T. Berners-Lee. – Электрон. дан. – Режим доступу: http://www.w3.org/2000/10/swap/doc/cwm.html, вільний. – Заголовок з екрану.

УДК 681.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДИФФУЗИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ПРИ ПОСТРОЕНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ХРАНЕНИЕМ ЗЕРНА

Поливода В.В., аспирант каф. технической кибернетики
Херсонский национальный технический университет

В статье проведен анализ публикаций по теме исследования, проведено исследование процессов, происходящих при хранении зерна, разработана математическая модель хранения зерна, построена оптимальная по быстродействию система управления хранением зерна.

In article the analysis of publications on a theme of research is carried out, research of the processes occurring at grain storage is performed, the mathematical model of grain storage is developed, and the optimum control system of grain storage on speed is constructed.

Ключевые слова: оптимальная система управления, хранение, зерновая масса, математическая модель.

Постановка проблемы. Зерновой сектор экономики Украины является традиционно стратегической, экспортно-ориентированной отраслью, способной обеспечить продовольственные потребности не только страны, но и за своими потенциальными объёмами производства влиять на мировую продовольственную безопасность [1]. Потери зерна при хранении по оценкам FAO (Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН) могут достигать 30–50 % [2]. Причина этих потерь – неблагоприятные условия хранения. Для длительного хранения зерна используют специальные ёмкости хранения – силосы на хлебоприёмных предприятиях (ХПП). Нарушение технологии хранения приводит к потерям вследствие загрязнения и снижению качества, порчи. Возникает необходимость в построении оптимальной системы управления, снижающей риск потерь сырья.

Анализ публикаций по теме исследования. Построение оптимальной системы управления хранением зерна является сложной задачей, т.к. зерно представляет собой живой организм и в нём протекают сложные биологические процессы, которые могут привести к нарушению технологии хранения зерна и его порчи. Порча зерна возникает вследствие повышения температуры в очагах самосогревания выше критической. Поэтому традиционно системы управления хранением зерна разрабатываются на основе математической модель хранения зерна с привлечением теории теплопроводности. Так, Лыковым А.В. были получены решения задачи распространения температуры в телах различных форм [3]. Используя эти решения, Сергунов В.С. проводит исследование хранения зерна, в котором образуются очаги самосогревания различных форм и получает динамику распространения температуры в зерновой массе [4]. Хобин В.А. проводит моделирование технологических процессов сушки зерна [5]. В [6] выдвинута гипотеза, что управление хранением зерна можно производить не только на основе температурных полей. Так, в [7] описан способ контроля зерновой массы при хранении на основе анализа состава газов межзернового пространства.

Основная часть. При хранении зерна происходит процесс дыхания. В результате дыхания зерновой массы происходит процесс преобразования и распада органических веществ, и, прежде всего сахаров, выделяется энергия, необходимая организмам для жизнедеятельности. Различают аэробное и анаэробное дыхание зерновой массы.

Аэробное дыхание происходит при свободном доступе кислорода и осуществляется в соответствии со следующим уравнением (кДж):

$$C_6H_{12}O_6+6O_2\rightarrow 6CO_2+6H_2O+674\cdot 4{,}19\cdot 10^3$$

Анаэробное дыхание происходит при полном отсутствии кислорода и может быть выражено уравнением (кДж)

$$C_6H_{12}O_6\rightarrow 2CO_2+2C_2H_5OH+28{,}2\cdot 4{,}19\cdot 10^3$$

Из уравнений видно, что при хранении зерна происходит выделение углекислого газа CO_2. Эффективное управление процессом хранения зерна может быть построено на контроле трех основных показателей: температуры, влажности и состава газовой среды межзернового пространства.

Для оперативного предупреждения локальных очагов самосогревания зерна необходимо найти решение задачи распределения концентрационных полей в зерновой массе при ее хранении в силосах методами математического моделирования дисперсных систем с распределенными параметрами. Измерения проводились в металлическом силосе высотой H=21 м и радиусом r=7 м.

Задача оптимального управления заключается в поиске координат очага самосогревания и времени его возникновения

$$X_m=(x_m,y_m,z_m),\ \tau_{om},\ m=\overline{1,M} \tag{1}$$

при условии, что процесс распределения концентрации описывается дифференциальным уравнением нестационарной диффузии:

$$\frac{\partial C(x,y,z,\tau)}{\partial \tau} = D\nabla^2 C + m_v; \tag{2}$$

$$C(x,y,z,0) = C_0; \tag{3}$$

$$-D\left[\frac{\partial C}{\partial n}\right]_S = 0; \tag{4}$$

а расчётные значения концентрации из решения уравнений (1–4)

$$C_n^* = C^*(x_n, y_n, z_n, \tau_k), \quad n = \overline{1,N} \tag{5}$$

обеспечивали бы минимум функционала

$$\Phi = \sum_{n=1}^{N}\left(C_n^* - C_n\right)^2 \Rightarrow \min \tag{6}$$

Чаще всего очаг в зерновой массе образуется в форме наклонного пласта (из-за различной влажности и температуры зернового слоя) или вертикального пласта (из-за влияния температуры наружного воздуха на зерновую насыпь силоса: круглого – цилиндрический пласт, квадратного – плоский пласт), реже – очаг в форме шара (из-за активизации дыхания насекомых).

Для рассматриваемых случаев решение задачи может быть найдено из решения дифференциальных уравнений диффузии газов при конкретных условиях однозначности (краевых условий).

Однако для упрощения решения задачи можно принять допущение, что газы в межзерновом пространстве распространяются в очаге и в окружающей очаг зерновой насыпи равномерно по всем координатам в силу свойства скважистости зерновой массы – при наполнении силоса между частицами зерновой массы (зерном) остаются промежутки. Тогда достаточно рассматривать одномерные дифференциальные уравнения диффузии.

Вывод расчетных формул при аналитическом рассмотрении необходим для трех следующих вариантов: вариант I – очаг самосогревания в виде пласта толщиной 2*R*, м; вариант II – очаг самосогревания в виде пласта (столба) цилиндрической формы диаметром 2*R*; вариант III – гнездовой очаг самосогревания, по форме подобный шару диаметром 2*R*, м.

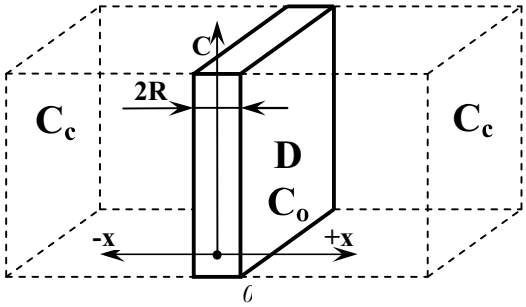


Рис. 1 – Схема зерновой насыпи с очагом самосогревания в форме пласта.

Вариант I. Очаг самосогревания в виде пласта. Изменение концентрации в произвольный момент времени в любой точке зернового массива, окружающего греющийся пласта толщиной 2*R* (рис. 1), можно найти, решая дифференциальные уравнения диффузии для одномерной однослойной пластины

$$\frac{\partial C(x,\tau)}{\partial \tau} = D\frac{\partial^2 C(x,\tau)}{\partial x^2} \tag{7}$$

где τ – продолжительность процесса, сут;

x – расстояние от средней плоскости греющегося пласта, м;

D – коэффициент диффузии углекислого газа в воздухе, м^2/с;

C – концентрация углекислого газа в рассматриваемой точке зернового слоя, кг/м^3;

Вариант II. Очаг самосогревания в виде цилиндра (рис. 2). В этом случае дифференциальное уравнение диффузии для определения концентрации газа C (кг/м^3) в любой момент времени τ (с) на расстоянии r (м) от оси столба зерна принимает вид уравнения для неограниченного цилиндра радиуса R

$$\frac{\partial C(r,\tau)}{\partial \tau} = D\left(\frac{\partial^2 C(r,\tau)}{\partial^2 r} + \frac{1}{r}\frac{\partial C(r,\tau)}{\partial r}\right) \tag{8}$$

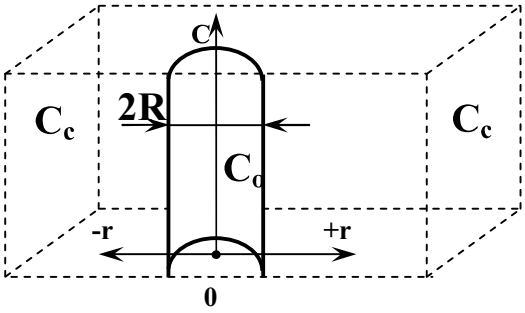


Рис. 2 – Схема зерновой насыпи с очагом самосогревания в форме цилиндра

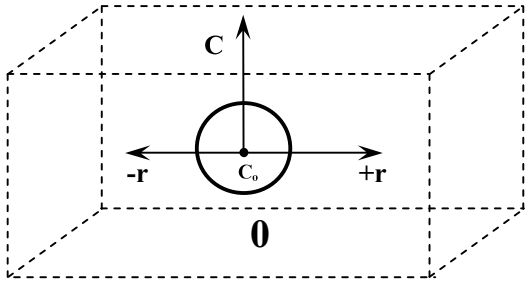


Рис. 3 – Схема зерновой насыпи с очагом самосогревания в форме шара

Вариант III. Очаг самосогревания в виде шара. В этом случае дифференциальное уравнение диффузии принимает вид уравнения уравнения для одномерного однослойного шара

$$\frac{\partial\left(r, C(r,\tau)\right)}{\partial \tau} = D\frac{\partial^2\left(r, C(r,\tau)\right)}{\partial^2 r}. \tag{9}$$

Решим уравнение (2) методом сеток в интервале времени $\tau_1 < \tau \le \tau_2$, в течении которого действует источник массы с линейным повышением концентрации углекислого газа поверхности очага самосогревания $C_{\text{п}} = C_o + b\cdot\tau$.

Начальные условия $C(x,\,0) = C_o$ и краевые условия:

$$\left.\begin{array}{l} C(0,\,\tau) = C_o + b\,\tau, \\ \left.\dfrac{\partial C}{\partial x}\right|_{x=\infty} = 0, \\ C\big|_{x=\infty} = 0. \end{array}\right\} \tag{10}$$

Начальная концентрация углекислого газа в воздухе межзернового пространства равна естественной концентрации в воздухе и составляет 0,4%. В результате измерений получена концентрация углекислого газа $C_o = 5{,}3\%$, $C(r,0) = 0{,}4\%$.

При моделировании получено решение, представленное на рис. 1 (точка *A*).

Видно, что увеличение концентрации на 1% на расстоянии 1 м происходит за 3,5 ч., т.е. за это время возможно обнаружить очаг самосогревания, что значительно быстрее при использовании метода контроля температуры. Так, на расстоянии 0,2 м температура повышается на 1 °С через 10 часов, а на расстоянии 1,0 м – через 215 часов (примерно 9 суток) вследствие низкой тепло- и температуропроводности зерна [8], при чём необратимая порча зерна в очаге самомогревания может произойти за 4-5 суток [9]. Увеличение количества термоподвесок, на которых расположены термодатчики, приводит к риску обрыва термоподвесок и даже разрушению конструкции силоса при подаче и, особенно, при выпуске зерна из силоса. Поэтому при использовании системы управления хранением зерна, в которой в качестве измери-

тельного устройства входит термодатчик, приводит к риску необратимых потерь зерна, убытков вследствие обрыва термоподвесок, выхода из строя системы управления, разрушению силоса.

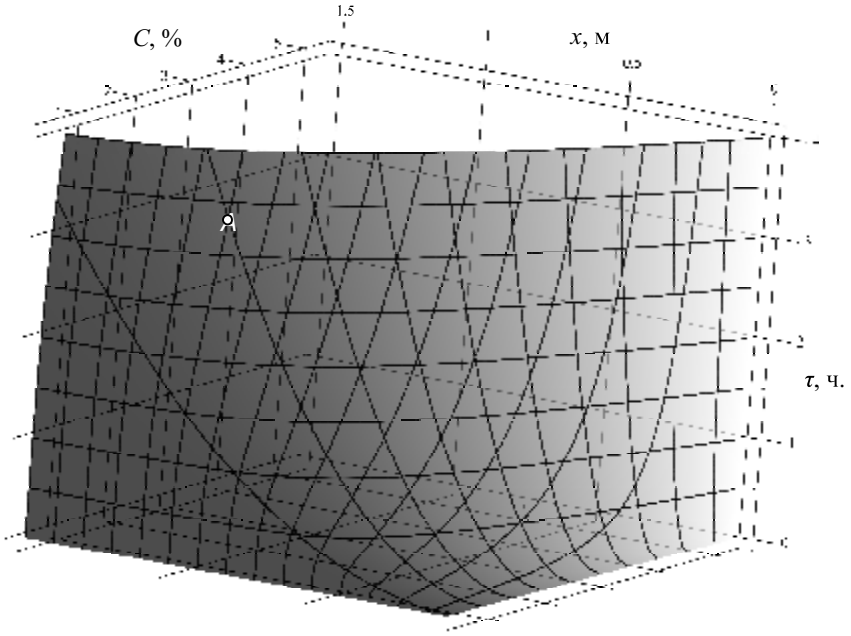


Рис. 4 – Результаты моделирования

В смысле оптимальной по быстродействию разработана структура системы управления хранением зерна на основе контроля состава газовой среды (рис. 5).

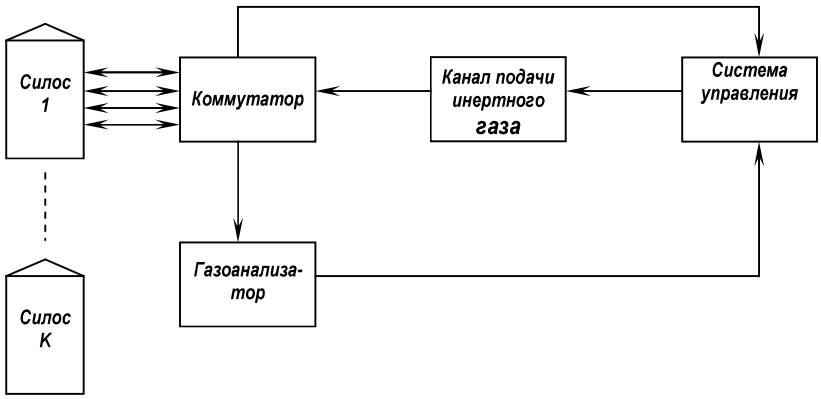


Рис. 5 – Структура оптимальной системы управления хранением зерна

Выводы. В статье выполнено моделирование процесса диффузии и разработана оптимальная система управления хранением зерна. Показано, что система управления будет оптимальной по быстродействию при использовании метода анализа состава газовой среды межзернового пространства.

Литература

1. Концепція Державної цільової програми “Зерно україни 2009-2015”. – Київ: Українська академія аграрних наук.
2. Боуманс Г. Эффективная обработка и хранение зерна/Пер. с англ. В.И. Дашевского. – М.: Агропромиздат, 1991.
3. Лыков А.В. Теория теплопроводности. – М.: Высшая школа, 1967.

4. Сергунов В.С. Дистанционный контроль температуры зерна при хранении. – М.: Агропромиздат, 1987.
5. Хобин В.А., Степанов В.Т. Системы гарантирующего управления зерносушилками // Тез. докл. 11-ой междунар. Конф. По автоматическому управлению «Автоматика-2004». – Киев, 27-30 сентября 2004. – Т.2. – С. 65.
6. Поливода В.В., Бражник А.М. Динамические свойства зерновой массы как объекта управления в процессе хранения//Інтелектуальні системи прийняття рішень та прикладні аспекти інформаційних технологій: матеріали науково-практичної конференції. Том 3 – Херсон, видавництво Херсонського морського інституту, 2005.
7. Патент України №22769 на корисну модель. Спосіб контролю зернової маси при зберіганні/Винахідник: Поливода Владислав Володимирович; власник: Херсонський національний технічний університет. – № заявки u 206 13618, дата подання заявки 22.12.2006; дата публікації 25.04.2007, Бюл. №5.
8. Шевцов, А. А. Математическая модель процесса самосогревания зернового сырья при хранении в силосе [Текст] / А. А. Шевцов, И. О. Павлов, Д. А. Бритиков, И. В. Фурсова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2006. – № 3. – С. 56-59.
9. Бритиков, Д. А. Моделирование процесса самосогревания зернового сырья в зернохранилище [Текст] / Д. А. Бритиков // Материалы V международной конференции студентов и аспирантов «Техника и технология пищевых производств». – Могилев: – Могилев. гос. технол. ин-т. Могилев, 2005 г. – С. 121-122.

УДК 004.942:691.342

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СИНТЕГРАНА

Савельева О.С., канд. техн. наук, доцент, Панова Т.М., ст. преподаватель, Андросюк А.В.
Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса

Предложено использование структурной схемы САПР «SINTEGRAN» на этапе автоматизированного проектирования технологии изготовления синтеграна, которая позволит оценить полученный вариант конструкции на отказоустойчивость.

The use of flow diagram of SAPR «SINTEGRAN» is offered on the stage of the automated planning of technology of making of sintegran, which will allow to estimate the got variant of construction on its fault tolerance.

Ключевые слова: синтегран, автоматизированное проектирование, САПР, технология изготовления.

Перед промышленностью, выпускающей строительные материалы, изделия и конструкции, при нынешних высоких темпах роста объема производства стоит ряд программных технических задач, в частности, создание материалов с повышенными традиционными показателями качества, которые позволят обеспечивать стабильность и надежность каждого показателя, как при выпуске, так и во время эксплуатации материалов и конструкций.

При этом должны быть выдержаны технико-экономические условия и ограничения, что, в свою очередь, предусматривает постановку ряда новых задач, в частности:

— снижение трудозатрат при производстве материалов и конструкций повышенной заводской готовности;
— уменьшение времени изготовления или интенсификации технологии по быстродействию;
— охрана природной среды от разрушения и загрязнения.

При инженерном решении перечисленных задач требуется принципиально новый научно-технический подход, включающий количественные методы описания взаимосвязей между отдельными рецептурно-технологическими, субстанциональными, конструктивно-эксплуатационными факторами, а также между ними и показателями качества и экономичности готовой продукции с учетом стохастической природы взаимосвязей с целью оптимизации принятия решений в автоматизированном проектировании. Одним из современных композиционных материалов является синтегран.

Синтегран – это высоконаполненный композиционный материал с повышенными прочностными показателями, ударными характеристиками и пониженной пористостью, который используется для изго-

товления деталей станков контрольно-измерительных машин и другой прецизионной техники, а также в качестве отделочных строительных материалов [1].

Синтегран включает в себя эпоксидную диановую смолу, активный разбавитель, аминный отвердитель, твердокаменную породу, а также дополнительно содержит смесь парафинового углеводорода $C_{10}H_{22}$–$C_{11}H_{24}$ и полиметилсилоксана.

Целью данной работы является определение взаимосвязи между основными подсистемами технологии изготовления данного композиционного материала.

Весь процесс изготовления заготовок из синтеграна можно разделить на ряд основных операций:

— подготовка отдельных компонентов материалов, входящих в состав синтеграна;
— дозирование каждого компонента в заданных пропорциях;
— смешивание всех компонентов и получение сырой массы синтеграна;
— изготовление металлических закладных элементов;
— сборка формующей оснастки, установка в нее закладных элементов, нанесение разделительного состава на заданные поверхности формы;
— заполнение формы сырой массой синтеграна;
— уплотнение сырой массы синтеграна в форме;
— полимеризация связующей эпоксидной смолы;
— извлечение заготовки из формы;
— термостабилизация (при необходимости) при температуре не выше 60 ^{O}C.

Процесс автоматизации проектирования технологии синтеграна можно представить в виде блок-схемы, в которой выделены шесть групп рецептурно-технологических и три группы эксплуатационных факторов (рис. 1). В семь из них (кроме X_P и X_K) входят факторы, связанные со временем протекания процесса.

При этом будем считать, что объект из состояния $Y = 0$ переходит в состояние $Y > 0$, увеличивая расход ресурса X. В каждой группе приведены факторы, которые при условии $Y_i = const$ необходимо привести к максимальному (*max*), промежуточному (*opt*), или минимальному (*min*) уровню в границах факторного пространства $X_{min} \le X_i \le X_{max}$ ($i = 1, \ldots, K$) [2].

На схеме представлены следующие параметры.

X_C — параметры качества сырьевых компонентов — твердокаменной породы фракций 0,0630 – 0,315 мм и 0,63 – 10,0 мм, эпоксидной диановой смолы, активного разбавителя, аминного отвердителя, смесь парафиновых углеводородов (ундекан и декан), полиметилсилоксана.

X_P – рецептура, которую составляют по массе или массовым %.

$X_Ф$ – параметры режима формования, под которым понимается не только агрегатирование частиц и формообразование материала в изделие, но и измельчение. Крайне важный фактор в этой группе, в соответствии с общими принципами оптимизации технологии [3] с позиций физико-химической механики, – момент приложения уплотняющего импульса, который должен быть оптимальным.

$X_{См}$ – параметры режима смешивания, в которые следует включать для неньютоновских жидкостей с переменными реологическими характеристиками скорость их деформации

$X_{ПП}$ – параметры режима переходных процессов, которые приводят к агрегатным или фазовым изменениям вещества (полимеризация, сушка, гидратация). Они определяют образование в отформованном изделии из подготовленной сырьевой смеси материала как такового.

X_M – параметры режима модификации, направленного на улучшение структуры материала без изменения формы изделия. Кроме снятия внутренних напряжений, важнейшее направление модификации – пропитывание полимеризующим составом порового пространства композита.

В особый подблок выделены конструктивно-эксплутационные факторы.

$X_И$ – параметры условий исследований (контроль качества, испытаний и т.п.). Они оказывают существенное влияние на правильность (отсутствие систематических ошибок) и точность (минимизация случайных ошибок) информации [4] о свойствах композиционного материала синтеграна, по которой делают выводы о его применении в строительстве и о регулировании рецептурно-технологических факторов. Особое значение эта группа приобретает при назначении нормативных уровней качества, используемых в расчетах сооружений. Учет данных факторов необходим также при решении задач моделирования и оптимизации.

X_K – конструктивные параметры. Они оказывают решающее влияние не только на производство изделия из синтеграна, но и на состояние групп факторов режима формования, режима переходных процессов и режима модификации, поскольку накладывают значительные ограничения на область их действия.

$X_Э$ – параметры условий эксплуатации, которые определяют применимость материала в конкретном изделии.

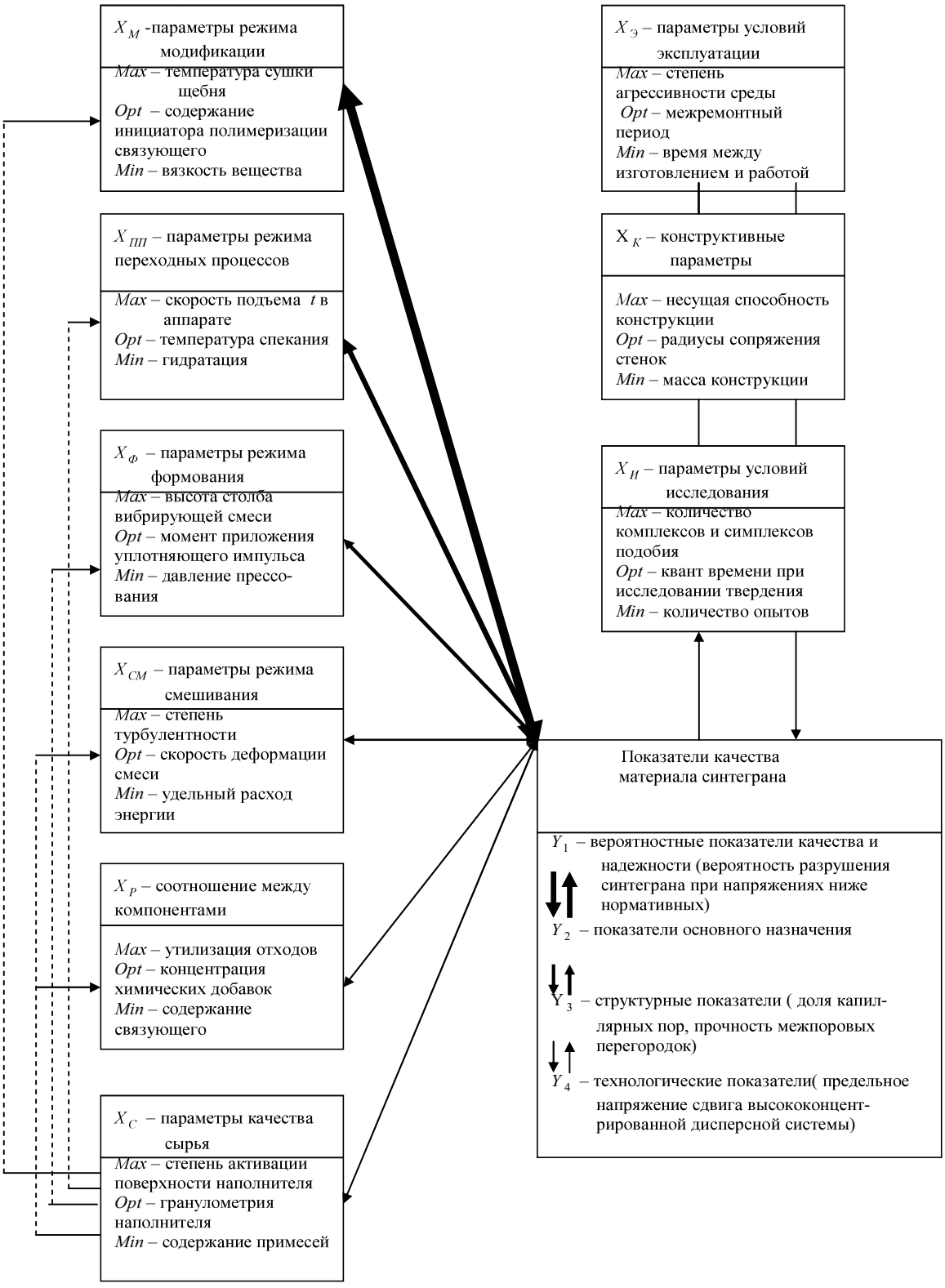


Рис. 1 – Схема взаимосвязи между основными подсистемами в технологии получения синтеграна

Стрелками показано прямое и обратное влияние факторов на качество синтеграна. Под обратным подразумевается влияние на выбор факторов X нормируемых свойств синтеграна ($Y_i = const$), которое необходимо учитывать при проектировании. Взаимное влияние между группами факторов изображено штрихпунктирными линиями. Иерархическая структура влияния групп X_i на Y_i отражена в расположении их по вертикали и в увеличивающейся толщине стрелок. Неправильное решение в отношении управления вышестоящими факторами может свести к нулю эффект от оптимизации нижестоящих.

Выходы системы образуют четыре иерархически связанные группы.

Y_1 – вероятностные показатели качества и надежности;

Y_2 – показатели качества, характеризующие выполнение синтеграном основного назначения в данном изделии. В их число входят приведенные затраты, коэффициенты эффективности использования основных компонентов [5] и другие тенико-экономические характеристики;

Y_3 – структурные показатели: количество новообразований, прочность контактных зон, средний диаметр пор и градиенты полей распределения компонентов;

Y_4 – технологические показатели качества, необходимые для оценки воздействия факторов нижнего уровня на последующие технологические процессы. К ним относятся показатели однородности компонентов и смесей, а также оценки реологических свойств неньютоновских жидкостей, которые определяют процессы смешивания и формования.

Анализ схемы (рис. 1) показывает, что число N_X факторов X, влияющих на результаты работы системы Y_M, весьма велико ($N_X \to \infty$). Целенаправленное изменение Y_M ведется по ограниченному числу К тех факторов, которые наиболее существенно влияют на автоматизацию проектирования технологии изготовления синтеграна. Остальные $N_X - K$ факторов, вместе с воздействиями внешней среды, образуют группу случайно изменяющихся факторов ξ. Каждому моменту времени τ в управляемой системе соответствует K – мерный вектор X, а разным моментам времени N_τ – матрица X_τ размера $N_\tau \times K$. Наличие в технологии изготовления синтеграна группы случайно изменяющихся факторов ξ обуславливаете поведение как системы стохастического (вероятностного) класса [6], в которой случайность не только действует наряду с необходимостью, но и в значительной мере определяет причинно-следственные связи. Таким образом, выходы Y_i величины случайные, в описании которых должны входить законы их распределения или хотя бы характерные оценки этих распределений [7].

На этапе разработки конструкции из данного высоконаполненного композиционного материала предлагается использовать САПР «SINTEGRAN», структурная схема которого приведена на рис. 2.

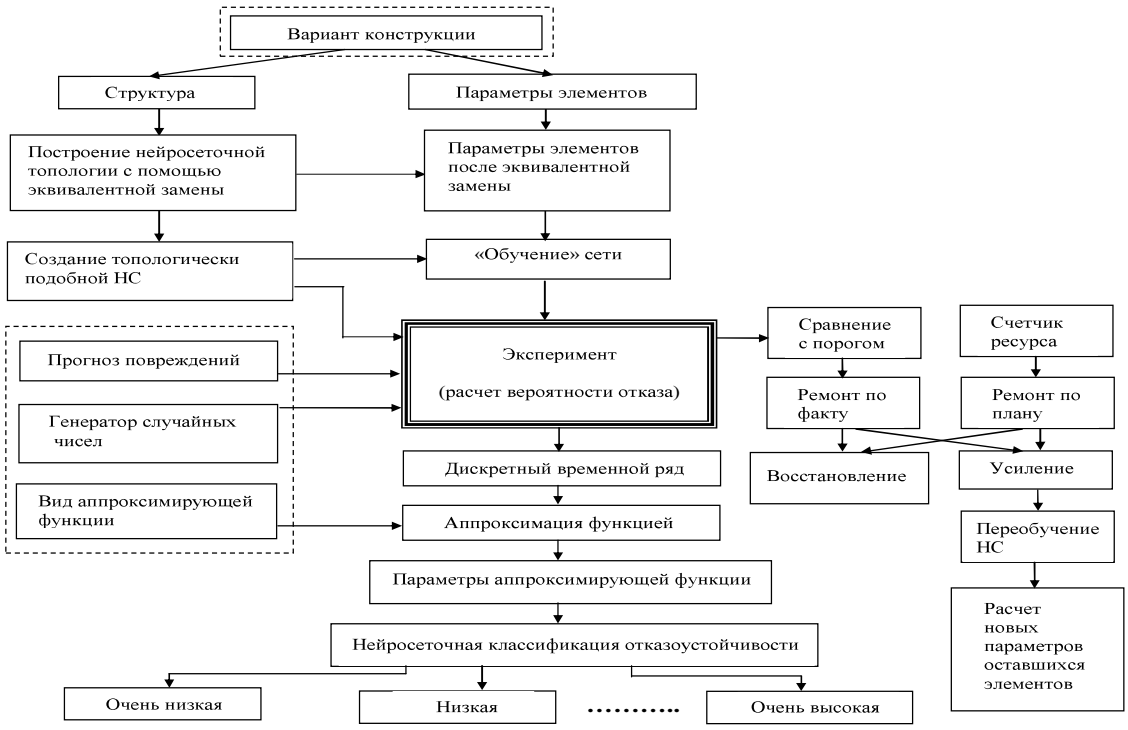


Рис. 2 – Структурная схема САПР «SINTEGRAN»

Каждый из выходов системы Y_i связан с факторами X объективно существующей зависимостью

$$\Psi(Y_i, \Theta_\Psi, X_\Psi, \tau_\Psi, \xi_\Psi) = 0. \quad (1)$$

Уравнение (1) можно по аналогии с термодинамическими функциями [8] назвать, уравнением состояния системы. Оно отражает прямые и обратные связи в системе, поскольку искомой величиной может быть выход Y_i, любой из входов X_i и время τ (соответствующее заданным Y_i и X_ψ), и закон распределения ξ_ψ. Кроме того, из зависимости (1) следует, что при Y_i = const изменение любого X_i должно повлечь стохастическое изменение хотя бы еще одного фактора.

Вывод. Использование САПР «SINTEGRAN» на этапе проектирования и разработки конкретной конструкции изделия, например, станины особоточных токарных станков, с использованием топологически подобной схеме получения материала нейронной сети, позволит оценить вариант конструкции на отказоустойчивость.

Литература

1. http:// www.ntpo.com/patents_building_materials.
2. Вознесенский В.А. Современные методы оптимизации композиционных материалов [текст] / Вознесенский В.А., Выровой В.Н., Керш В.Я. и др. – К.: Будівельник, 1983. – 144 с.
3. Мчедлов-Петросян О.П. Химия неорганических строительных материалов [текст]. – М.: Стройиздат, 1971. – 224 с.
4. Вознесенский В.А. Статистисекие методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях [текст]. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 263 с.
5. Дворкин Л.И. Оптимальное проектирование составов бетона [текст]. – Львов.: Вища школа, 1981. – 159 с.
6. Вознесенский В.А. Статистические решения в технологических задачах [текст]. – Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1968. – 232 с.
7. Баженов Ю.М. Технология бетона [текст]. – М.: Высш. школа, 1978. – 454 с.
8. Борщ И.М. Процессы и аппараты в технологии строительных материалов [текст] / Борщ И.М., Вознесенский В.А., Мухин В.М. и др. – К.: Вища школа, 1981. – 296 с.

УДК 681.51:665.7(045)

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДОЗИРОВАННОГО НАЛИВА НЕФТЕПРОДУКТА В АВТОЦИСТЕРНЫ

Синеглазов В.М., д-р техн. наук, профессор, Иванова А.М.
Институт электроники и систем управления НАУ

Рассмотрена задача разработки автоматизированной системы дозированного налива нефтепродукта в автоцистерны, целью создания которой является повышение точности, оперативности контроля и качества управления технологическим процессом.

It is considered the problem of automatic metering system of an oil products tank-truck loading design with the purpose of increasing the accuracy, control operability and quality of technological control process.

Ключевые слова: жидкие нефтепродукты, контроллер, массовый расходомер, контрольно-измерительные приборы, дозированный налив, коммерческий учет.

Введение и постановка проблемы. Процесс автоматизации промышленных производств развивается все более ускоряющимися темпами: увеличивается количество «интеллектуальных» устройств, растет число вовлеченных в процессы контроля и управления технологическим процессом вычислительных систем на базе контроллеров. Однако все же большинство нефтебаз оборудовано старым и, не отвечающим современным требованиям оборудованием приема, хранения и отгрузки, нефтепродуктов, о чем свидетельствуют нефтяные потеки, которые можно увидеть на автомобильных цистернах. На большинстве нефтебаз очень низкий уровень автоматизации технологических процессов, слабо поставлен контроль количества и качества продуктов. Это говорит о необходимости комплексной реконструкции нефтебаз, которые должны включать в себя современные решения АСУ ТП на этих предприятиях. Дополнительным фактором, определяющим необходимость модернизации объектов отгрузки/приема жидких не-

фтепродуктов, является то, что только современные АСУ позволяют руководителям получать оперативную и достоверную информацию на всех этапах технологических процессов и организовать коммерческий учет на базе электронного документооборота. Предлагаемая разработка автоматизированной системы отгрузки жидких нефтепродуктов заинтересованным потребителям имеет большое значение в развитии отношений между продавцом-производителем и клиентом-покупателем. Повышение скорости обработки документов, мощности и точности налива отпускаемого товара и других сопутствующих этому процессу действий способствуют качественному улучшению бизнес процесса, установлению доверительных отношений продавец – покупатель, снижению вспомогательных финансовых и временных затрат.

Целью разработки автоматизированной системы дозированного налива нефтепродукта в автоцистерны является повышение точности, оперативности контроля и качества управления технологическим процессом с одновременным повышением надежности и безаварийности ведения технологического процесса. Задача состоит в разработке алгоритмов и программы для контролера Honeywell UMC800, согласно которым, система, которая состоит из интеллектуальных датчиков, массового расходомера, регулирующих и отсекающих клапанов, будет выполнять функцию автоматизированной системы дозированного налива нефтепродукта в автоцистерны.

Комплекс предназначен для оборудования насосной станции товарного парка производственного комплекса нефтеперерабатывающего завода. Благодаря нему осуществляется автоматизированное управление технологическим процессом и коммерческий учет движения нефтепродукта (парафина) в автоцистерны.

При использовании комплекса достигается:

— снижение потерь за счет обеспечения точности дозирования и автоматического ведения баланса по каждому циклу налива нефтепродукта;

— автоматизация процесса формирования отчетно-учетной документации;

— снижение трудоемкости управления процессом отпуска нефтепродуктов и уменьшение доли ручного труда;

— ведение оперативного контроля и управления процессами налива, приема и хранения; получение объективных данных с технологических объектов, в том числе расчет массы отпущенного нефтепродукта по результатам автоматического измерения плотности, температуры и уровня измерительными средствами фирмы Honeywell;

— контроль расхода нефтепродукта при использовании массового расходомера фирмы Honeywell;

— повышение безопасности функционирования оборудования за счет применения высоконадежных средств;

— обеспечение информационного сопряжения с системами верхнего уровня и обработка объективной информации;

— высокая точность налива до 2кг: на любой шкале налива от 100 кг до 45 т, время дозированного налива 22т автоцистерны составит 20-40 минут для насоса производительностью (40-60) т/час.

— окупаемость АСУ ТП дозированного налива нефтепродукта 1 год.

Разработка структурной схемы дозированного налива. Рассмотрим обычную стандартную систему оформления и отгрузки жидких нефтепродуктов автомобильным транспортом (рис.1).

После приезда автотягача с автоцистерной и при условии получения оплаты начинается процесс отгрузки товара, который заключается в следующем. Оператор-наливщик открывает байпасную задвижку клапана, затем включает насос и открывает задвижку налива. Визуально контролируя давление по манометру, он нагружает насос. Таким образом, производится налив. По окончании налива он закрывает байпасную задвижку налива и, контролируя слив продукта и снижение давления на выкиде насоса, выключает насос. Только после этого ответственный работник отдела сбыта начинает оформлять все отгрузочные документы, имея которые перевозчик беспрепятственно доставит товар покупателю. Следует отметить, что важно знать температуру наливаемого в данный момент парафина в автоцистерну. Так как термос автоцистерны без автоматического подогрева теряет в пути 2-4 градуса в сутки. А температура плавления-застывания парафина может находиться в пределах 54-67 град. С.

Для построения автоматизированной системы управления дозированного налива нефтепродукта (парафина) в автоцистерны с наперед заданной точностью, которая обусловлена и законодательно приемлема между субъектами продавец – покупатель, предлагается следующая технологическая структурная схема с элементами КИПиА на основе существующего оборудования (Рис.2).

АСУ дозирования включает в себя следующие компоненты:

— насосное оборудование с соответствующей обвязкой

— эстакада автоналива

— датчики расхода, давления, температуры

— микропроцессорный контроллер

— пульт управления оператора-наливщика
— технологический компьютер
— программное обеспечение АСУ дозирования
— кабельные трассы

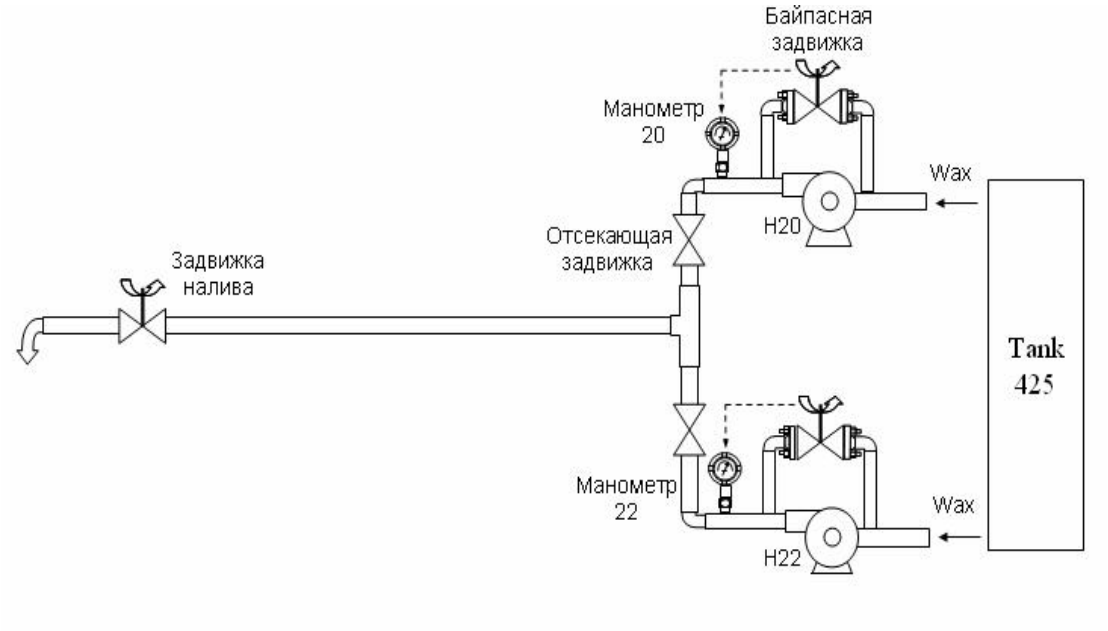


Рис.1 – Существующая технология налива нефтепродукта в автоцистерны

После поступления заказа на налив в автоцистерну или перекачку на участок фасовки, оператор-наливщик готовит к работе соответствующий насос и пускает его в ход. С пульта управления на эстакаде автоналива оператор вводит заказанную дозу (например: 15710 кг) и производит пуск АСУ дозирования. При этом открывается отсекатель и начинается отсчет набранной дозы. В момент равенства величины заказа и налитой дозы отсекатель закрывается, байпасный клапан насоса полностью открывается, а насос продолжает работать "сам на себя". Система готова к новому циклу налива. В то же время (после постановки автоцистерны под загрузку) отдел сбыта подготавливает проездные документы и передает водителю-перевозчику. То есть, приезд автоперевозчика, дозированный налив и оформление документов происходит одновременно. Следует отметить, что в процессе дозированного налива происходит контроль температуры наливаемого парафина. Для этого предназначен теплообменник с ручной регулировкой подачи пара для подогрева парафина до нужной температуры.

Функции автоматического регулирования параметров технологического процесса реализованы на контроллере Honeywell UMC800. Регулирование параметров технологического процесса осуществляется ПИД– алгоритмами, включенными в исполнительную программу контроллера. Входные сигналы от измерительных преобразователей, поступающие на входы контроллера, обрабатываются соответствующими программными модулями контроллера и передаются на входы ПИД – алгоритмов, которые формируют выходные сигналы для управления исполнительными механизмами.

Для измерения давления и массового расхода применены современные интеллектуальные измерительные преобразователи фирмы Honeywell. Для измерения температур использованы измерительные преобразователи с токовым выходным сигналом 4…20 мА.

Управление материальными потоками осуществляется регулирующими клапанами ПОУ-8 в комплекте с электропневмопозиционерами, отсекателями в комплекте с электромагнитными клапанами.

Микропроцессорный контроллер UMC-800 в данной комплектации обеспечивает:

— измерение 5 аналоговых сигналов 4…20 мА от измерительных преобразователей температуры, расхода и давления;
— контроль 14 входных дискретных сигналов 24 В постоянного тока от концевых выключателей и кнопок управления;
— формирование 4 аналоговых выходных сигналов;

— формирование 6 дискретных выходов в виде переключаемого релейного контакта с нагрузочной способностью 2 А при напряжении 220 В переменного тока для управления отсекающими клапанами и другими исполнительными механизмами;

— установку 9 дополнительных модулей аналоговых и/или дискретных входов/выходов в резервные (незадействованные) слоты.

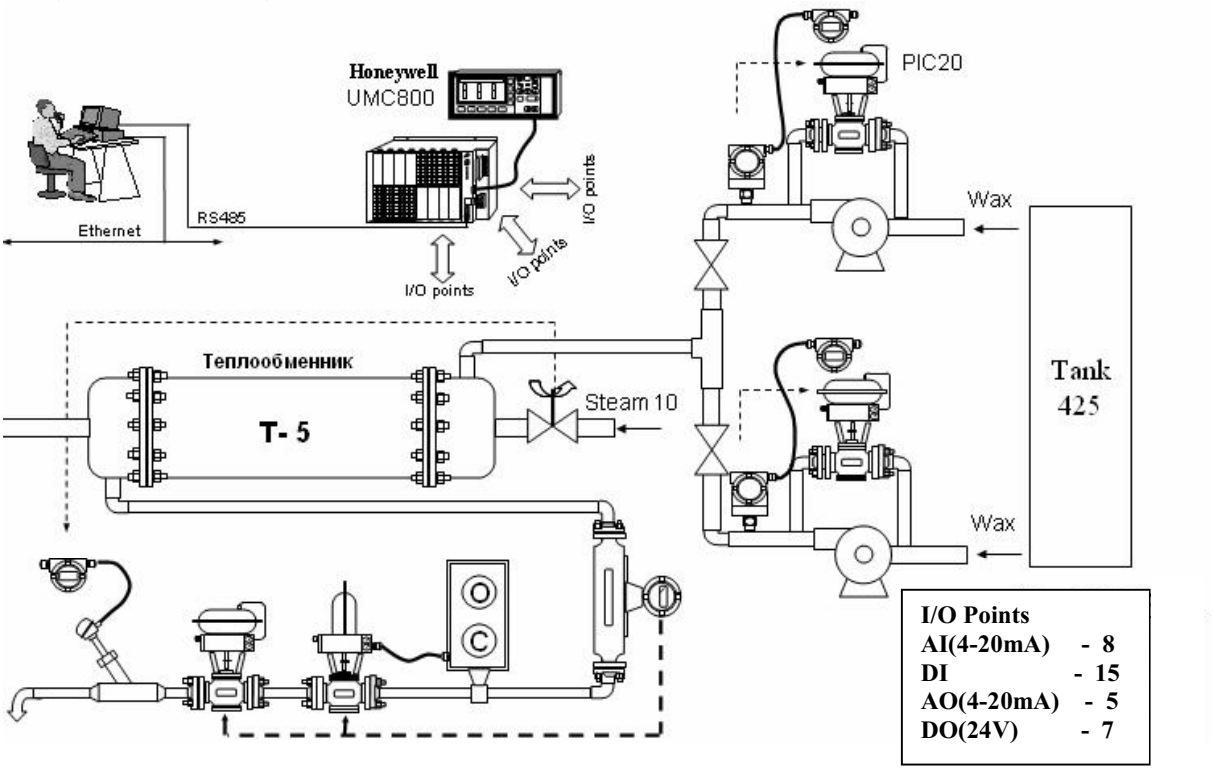


Рис. 2 – Предлагаемая технологическая схема автоматизированного налива нефтепродукта в автоцистерны

UMC800 является многофункциональным контроллером модульной конструкции и предназначен для сбора, преобразования в цифровую форму и первичной обработки сигналов измерительных преобразователей, сбора и преобразования в цифровую форму дискретных сигналов, выполнения программ регулирования технологических параметров, а так же выполнения программ контроля состояния линий электрообогрева.

Разработка алгоритмов и программного обеспечения.

Контроллер UMC800 является частью автоматизированной системы дозированного налива нефтепродукта. Конфигурация контроллера и операторского интерфейса осуществляется с использованием программного обеспечения Control Builder на отдельном ПК с операционной системой Windows NT, ME или 2000. Графическое конфигурационное программное обеспечение Control Builder является приложением Windows, работающим по Ethernet через порт RS-232 или модемную связь, облегчает процесс конфигурирования контроллера и операторского интерфейса. Оно предлагает расширенные функции мониторинга для отладки, загрузки, конфигурирования контроллера и операторского интерфейса, а также документирования. После загрузки конфигурации в контроллер и операторский интерфейс программное обеспечение Control Builder может быть использовано для мониторинга зон конфигурации для проверки правильности работы.

Программа выполняет следующие функции:

— считывание и обработка сигналов первичных преобразователей и управляющих сигналов;

— формирования управляющих воздействий;

— обработка и передача данных на верхний уровень (операторская станция).

Программа контроллера выполняется в памяти контроллера циклически. После выполнения управляющей программы контроллер автоматически выполняет системные функции: коммуникации и диагностики.

Рассмотрим фрагмент программы для конфигурирования контроллера, описывающий работу регулирующего клапана. Этот клапан расположен после отсекающего клапана и предназначен для страховки системы от перелива. По мере приближения к завершению выполнения заказа клапан прикрывается, уменьшая расход парафина.

Программа, используя стандартные алгоритмические блоки Control Builder, выглядит следующим образом (Рис.3).

Входные сигналы:

FIC20P1 – временное положение нормирующего клапана (переменная 8);

ZAKAZ – значение введенного заказа (переменная 1);

NALIV – выполненная часть заказа (переменная 3).

Выходные сигналы:

BAJ – признак открытия байпасного клапана на работающем насосе (переменная 10);

FIC20P – положение нормирующего клапана

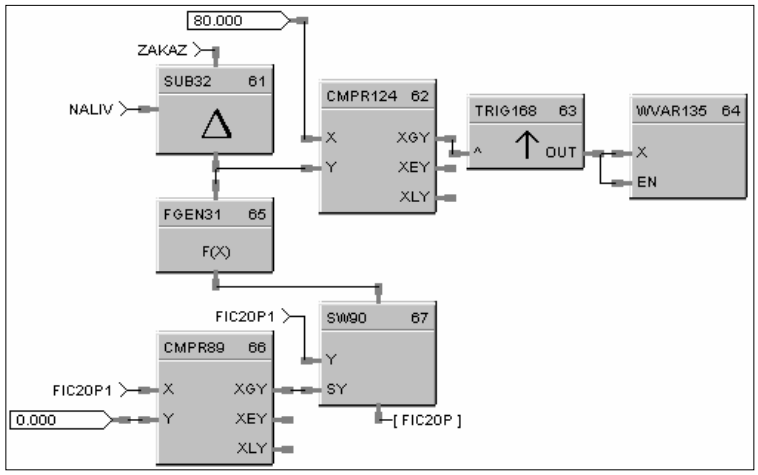


Рис. 3 – Алгоритмические блоки среды программирования Control Builder, реализующие фрагмент программы поэтапного закрытия регулирующего клапана

Важным достоинством выбора контроллера Honeywell UMC 800 является наличие в библиотеке стандартного алгоритмического блока **FGEN** аналогового выхода. Этот алгоблок специально предназначен для организации ступенчатого по 11 точкам управления исполнительным механизмом (в нашем случае дозирующим клапаном FC20) в функции величины оставшейся дозы. В противном случае нужно было израсходовать до 15 других алгоритмических блоков. А максимальное количество их ограничено 256 в исполняемой программе данного контроллера.

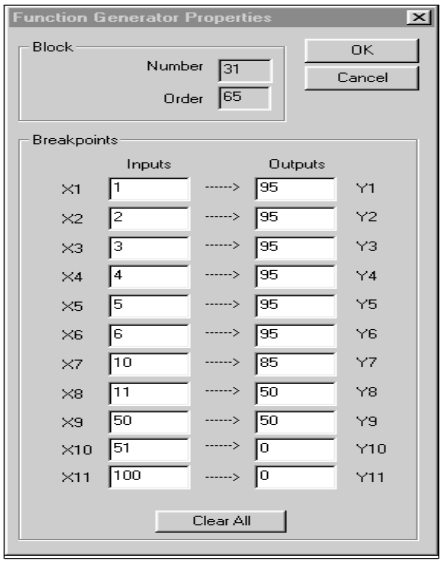


Рис. 4 – Настройка алгоритмического блока FGEN дозирующего клапана FC20

Настройка алгоритмического блока для дозирующего клапана FC20 на конечном этапе налива (Рис.4).

величина оставшейся дозы - 100кг,

при мгновенном расходе - 38т/ч

Где,

X1–X11 – точки управления дозирующим клапаном;

Inputs 1–100 – конечный расход дозируемого нефтепродукта, кг;

Outputs Y1–Y11 – положение клапана, %

Эти данные используются для настройки параметров алгоритмического блока FGEN188 исполнительной программы контроллера UMC800

Выводы. Разработана технологическая схема дозированной системы налива и программа для контролера Honeywell UMC800, которая реализовывает технологический процесс налива жидкого нефтепродукта (парафина) в автоцистерны. Реализована главная задача при построении АСУ ТП – обеспечение стабильности технологии дозированного налива нефтепродукта на экономически целесообразном для предприятия уровне. А именно. Значительно упростился процесс отгрузки парафина. Оператор самой низкой квалификации может успешно контролировать и самостоятельно (раньше работали двое) обслуживать АСУ ТП «Автоматический налив» - включил насос, ввел величину дозы и выключил насос.

Все параметры технологического процесса дозирования можно наблюдать по месту: на мониторе контроллера эстакады налива и местных индикаторах типа RMA3000 (Remote Meter Assemblies) возле насосов.

Один из ключевых базовых элементов АСУ ТП – интеллектуальный массовый расходомер Кориолиса.

CMFS 50 производства Honeywell. Он измеряет массовый и объемный расходы различных текучих сред. Это гибкая система, надежная работа и точные измерения: точность измерений массового расхода – 0,1%, рабочий диапазон расходов 1000 к 1, легкость конфигурирования. Принцип измерений основан на управляемой генерации сил Кориолиса независимо от температуры давления, вязкости, проводимости и профиля потока.

Несмотря на кажущуюся сложность примененного оборудования и программного обеспечения мы получили высоконадежную АСУ ТП. Срок окупаемости, которой составляет максимум 1 год при возросшей интенсивности отгрузки в 4–5 раз.

Литература

1. Бондаренко П.М., Губин В.Е., Поляков В.Г. Автоматизация налива нефтепродуктов в железнодорожные цистерны. М., 1999.
2. Губин В.Е. Слив и налив нефтей и нефтепродуктов. М., Недра, 1998.
3. Мишин Б. В., Шпотаковский М. Н. Краткий справочник по оборудованию- нефтебаз. Л., Недра, 1995.
4. Нормы технологического проектирования и технико-экономические показатели нефтебаз. Киев, 1993.
5. Позиционеры электропневматические типа ПЭП-3. Принцип действия. Руководство по эксплуатации. 3Р2.508.111.РЭ
6. Современные технологии автоматизации. СТА. «СТА-ПРЕСС», №1,2007 (42), ISSN 0206-975X. стр.78.
7. SCM 3000 Smart Coriolis Mass Flowmeter. User”s Manual., 34-CM-25-01B. 7/96. Honeywell Industrial Automation and Control Automation College.
8. ST3000 Smart Transmitter. Release 300 and Smart Field Communicator. Model STS103. User’s Manual. 34-ST-25-14A. Issue 2-11/98.
9. UMC800 Controller. Installation and User Guide. 51-52-25-61C. Issue 4-02/00.
10. Официальный сайт компании «Хоневелл», www.honeywell.com

УДК 681.51

МНОГОМЕРНАЯ МОДЕЛЬ БРАГОРЕКТИФИКАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ КОСВЕННОГО ДЕЙСТВИЯ

Стопакевич А.А.,
Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса

В статье описана впервые разработанная многомерная математическая модель брагоректификационной установки косвенного действия в целом. Модель установки учитывает перекрестные связи между колоннами и позволяет существенно улучшить качество управления.

The article describes multivariable model of whole spirit rectification plant of indirect action, developed for first time. The model takes into account crosslinks between columns and allows to considerably increase quality of control.

Ключевые слова: ректификация, спирт, БРУ, бражная, эпюрационная, ректификационная, колонна, многомерная, математическая, модель, качество, управление.

Высококачественный спирт является ценным продуктом не только в пищевой и медицинской промышленности, но и перспективным экологически чистым горючим для автомобилей, которое уже сейчас почти в два раза дешевле бензина.

Наиболее распространенным типом брагоректификационной установки (БРУ) для производства спирта в Украине является трехколонная установка косвенного действия, состоящая из бражной (БК), эпюрационной (ЭК) и ректификационной (РК) колонн.

При синтезе систем управления БРУ объектами управления чаще всего являются отдельные каналы колонн, иногда – модели отдельных колонн. Такой подход не учитывает, что в БРУ существуют как прямые связи между колоннами, так и рецикл по непастеризованному спирту, который влияет на эпюрационную колонну, играющую основную роль в очистке спирта от примесей [1].

Разработка модели БРУ как единого многомерного многосвязного объекта управления позволит существенно улучшить качество управления и, соответственно, качество спирта.

В монографии [2] приведены экспериментальные математические модели колонн типовых трехколонных БРУ косвенного действия, разработанные в результате масштабных исследований НПО «Пищепромавтоматика».

Предлагаемая нами структурная схема модели установки изображена на рис.1. Подлежащие разработке звенья 36 – 40, связывающие установку в единое целое, отмечены серым цветом. Дифференциальные уравнения известных звеньев приведены ниже:

$$\dot{x}_1 = -8.22\cdot10^{-1}\cdot x_1 + 2.41\cdot10^{+1}\cdot u_1;$$
$$\dot{x}_2 = -2.73\cdot10^{-1}\cdot x_2 + 1.36\cdot10^{-2}\cdot u_1(t-1.00);$$
$$\dot{x}_3 = -3.00\cdot10^{-1}\cdot x_3 + 3.00\cdot10^{-2}\cdot u_1(t-2.50);$$
$$\dot{x}_4 = -1.28\cdot10^{-1}\cdot x_4 - 4.08\cdot10^{-2}\cdot u_1(t-6.17);$$
$$\dot{x}_5 = -1.62\cdot10^{-1}\cdot x_5 + 2.87\cdot u_2;$$
$$\dot{x}_6 = -1.33\cdot10^{-1}\cdot x_6 - 2.00\cdot10^{-2}\cdot u_2(t-1.20);$$
$$\dot{x}_7 = -1.42\cdot10^{-1}\cdot x_7 - 1.28\cdot10^{-1}\cdot u_2(t-2.67);$$
$$\dot{x}_8 = -1.54\cdot10^{-1}\cdot x_8 + 1.20\cdot10^{-1}\cdot u_2(t-6.08);$$
$$\dot{x}_9 = -2.61\cdot10^{-2}\cdot x_9 + 2.09\cdot10^{-3}\cdot u_2(t-21.66);$$
$$\dot{x}_{10} = -2.73\cdot10^{-1}\cdot x_{10} - 3.00\cdot10^{-1}\cdot u_3;$$
$$\dot{x}_{11} = -3.16\cdot10^{-1}\cdot x_{11} - 2.84\cdot10^{-3}\cdot u_3(t-1.66);$$
$$\dot{x}_{12} = -2.24\cdot10^{-1}\cdot x_{12} - 6.38\cdot10^{-2}\cdot u_3(t-1.23);$$
$$\dot{x}_{13} = -6.18\cdot10^{-1}\cdot x_{13} - 5.69\cdot u_4;$$
$$\dot{x}_{14} = -3.24\cdot10^{-1}\cdot x_{14} - 8.43\cdot10^{-3}\cdot u_4(t-0.41);$$
$$\dot{x}_{15} = -4.62\cdot10^{-2}\cdot x_{15} + 5.86\cdot10^{-6}\cdot w_1(t-15.00);$$
$$\dot{x}_{16} = -1.66\cdot10^{-1}\cdot x_{16} + 6.17\cdot10^{-5}\cdot x_{38}(t-10.00);$$
$$\dot{x}_{17} = -2.17\cdot10^{-1}\cdot x_{17} - 6.52\cdot10^{-2}\cdot u_5(t-1.06);$$
$$\dot{x}_{18} = -1.05\cdot10^{-1}\cdot x_{18} + 1.05\cdot10^{-3}\cdot u_5(t-2.75);$$
$$\dot{x}_{19} = -2.86\cdot10^{-2}\cdot x_{22} + 1.43\cdot10^{-2}\cdot y_2(t-18.30);$$
$$\dot{x}_{20} = -4.28\cdot10^{-1}\cdot x_{23} - 6.86\cdot10^{-3}\cdot u_2(t-12.50);$$
$$\dot{x}_{21} = -9.23\cdot10^{-1}\cdot x_{24} + 3.10\cdot10^{+1}\cdot w_4;$$
$$\dot{x}_{22} = -6.67\cdot10^{-1}\cdot x_{25} + 3.34\cdot10^{-2}\cdot w_4(t-0.50);$$
$$\dot{x}_{23} = -2.40\cdot10^{-1}\cdot x_{26} + 9.60\cdot10^{-3}\cdot w_4(t-3.08);$$
$$\dot{x}_{24} = -7.50\cdot10^{-1}\cdot x_{37} + 6.11\cdot10^{+2}\cdot u_6(t-0.50);$$
$$\dot{x}_{25} = -6.67\cdot10^{-2}\cdot x_{27} + 6.67\cdot10^{-1}\cdot u_7(t-7.00);$$
$$\dot{x}_{26} = -1.42\cdot10^{-1}\cdot x_{28} + 5.66\cdot10^{-3}\cdot u_7(t-5.23);$$
$$\dot{x}_{27} = -6.19\cdot10^{-2}\cdot x_{29} + 8.04\cdot10^{-4}\cdot u_7(t-7.50);$$
$$\dot{x}_{28} = -3.53\cdot10^{-1}\cdot x_{30} - 4.62\cdot10^{+1}\cdot u_8(t-0.30);$$
$$\dot{x}_{29} = -5.10\cdot10^{-2}\cdot x_{31} - 1.17\cdot10^{-2}\cdot u_8(t-12.58);$$
$$\dot{x}_{30} = -3.33\cdot10^{-2}\cdot x_{32} + 1.46\cdot10^{-2}\cdot u_8(t-20);$$
$$\dot{x}_{31} = -5.83\cdot10^{-1}\cdot x_{33} - 2.09\cdot10^{+1}\cdot u_9(t-0.08);$$
$$\dot{x}_{32} = -1.44\cdot10^{-1}\cdot x_{34} + 7.64\cdot10^{-3}\cdot u_9(t-4.78);$$
$$\dot{x}_{33} = -1.79\cdot10^{-1}\cdot x_{35} - 6.09\cdot10^{-2}\cdot u_9(t-2.08);$$
$$\dot{x}_{34} = -4.62\cdot10^{-2}\cdot x_{36} + 4.38\cdot10^{-4}\cdot w_2(t-20);$$
$$\dot{x}_{35} = -1.85\cdot10^{-1}\cdot x_{35} + 1.48\cdot10^{-2}\cdot u_4(t-1.00);$$

$$y_1 = x_1 + x_5 + x_{10};$$
$$y_2 = x_2 + x_6 + x_{11};$$
$$y_3 = x_3 + x_7 + x_{12};$$
$$y_4 = x_{13} + x_{17} + x_{36} + x_{35};$$
$$y_5 = x_{14} + x_{18} + x_{20};$$
$$y_6 = x_{21} + x_{25} + x_{28} + x_{31};$$
$$y_7 = x_9 + x_{19} + x_{22} + x_{26} + x_{29} + x_{32};$$
$$y_8 = x_{27} + x_{30} + x_{34};$$
$$y_9 = x_{23} + x_{33};$$

$$w_1 = x_4 + x_8;$$
$$w_2 = x_{15} + x_{16} + x_{35};$$
$$w_3 = w_4 - u_8;$$
$$w_4 = u_7 + x_{24};$$

где

u_1 – Расход пара в БК;
u_2 – Расход бражки в БК;
u_3 – Расход охлаждающей воды в БК;
u_4 – Расход пара в ЭК;
u_5 – Расход охлаждающей воды в ЭК;
u_6 – Расход пара в РК;
u_7 – Отбор спирта из РК;
u_8 – Расход эпюрата в РК;
u_9 – Расход охлаждающей воды в РК;

y_1 – Давление верха БК;
y_2 – Температура верха БК;
y_3 – Температура охл. воды БК;
y_4 – Давление верха ЭК;
y_5 – Температура низа ЭК;
y_6 – Давление верха РК;
y_7 – Температура на КТ РК;
y_8 – Крепость спирта-ректификата;
y_9 – Температура охл. воды РК.

Разработку математических моделей неизвестных звеньев выполним аналитически. Техника создания аналитической модели тарельчатой ректификационной колонны изложена в работе [3]. Созданная на основе описанной техники модель была проверена экспериментально и показала высокую степень адекватности.

При моделировании колонну рассматривают как совокупность отдельных тарелок, на которые поступают и с которых снимаются материальные и энергетические потоки.

Примем следующие обозначения: M_l – весовой расход жидкости; M_v – весовой расход пара; X – концентрация продукта в жидкости; Y – концентрация продукта в паре; i_l – удельная энтальпия жидкости; i_v – удельная энтальпия пара; P – давление.

В уравнения, описывающие динамику тарелки, входят независимые переменные $M_{l,n+1}$, $M_{v,n-1}$, M_N, X_{n+1}, Y_{n-1}, X_N, $i_{l,n+1}$, $i_{v,n-1}$, $i_{l,N}$ и зависимые переменные $m_{l,n}$, $m_{v,n}$, $M_{l,n}$, $M_{v,n}$, Y_n, X_n, $i_{l,n}$, $i_{v,n}$, i_k, P_n.

Уравнение материального баланса тарелки записывается следующим образом:

$$\frac{dm_{l,n}}{dt}+\frac{dm_{v,n}}{dt}=M_{l,n+1}-M_{l,n}+M_{v,n-1}-M_{v,n}+M_N \tag{1}$$

Уравнение материального баланса более летучего компонента записывается следующим образом:

$$\frac{d(m_{l,n}\,X_n)}{dt}+\frac{d(m_{v,n}\,Y_n)}{dt}=M_{l.n+1}\,X_{n+1}-M_{l,n}\,X_n+M_{v.n-1}\,Y_{n-1}-M_{v,n}\,Y_n+M_N\,X_N \tag{2}$$

Уравнение энергетического баланса тарелки записывается следующим образом:

$$\frac{d(m_{l,n}i_{l,n})}{dt}+\frac{d(m_{v,n}t_{v,n})}{dt}+m_k\,\frac{di_k}{dt}=M_{l,n+1}i_{l.n+1}-$$
$$-M_{l,n}i_{l,n}+M_{v,n-1}i_{v,n-1}+M_{v,n}i_{v,n}+M_N i_N \tag{3}$$

Молярное удерживание жидкости на тарелке зависит от геометрических размеров и объема паров в паровых каналах (этот объем приближенно пропорционален относительному потоку паров) следующим образом:

$$m_{l,n}=\frac{s_k}{v}\left[\left(\frac{v\cdot M_{l,n}}{\rho}\right)^{\frac{2}{3}}+0,1\cdot L_2\right]-K_4\cdot M_v \tag{4}$$

где S_k – площадь поверхности вещества на тарелках колонны, v – молярный объем паров спирта, $v=\mu/\rho$, μ – молекулярный вес, L_2 – высота кромки переливной трубки над тарелкой, ρ – плотность жидкости,

$$K_4=\frac{-T_l\cdot\Delta M_l+K_2\cdot M_l^{2/3}+K_3}{2M_v},\quad \Delta M_l=M_l,\quad K_{2,n}=\frac{M_{v,n}}{2\Delta P_n},\quad K_{3,n}=\frac{\Delta Y_n}{\Delta X_n}$$

Линеаризуя приведенные уравнения и учитывая номера тарелок, на которые поступают материально – энергетические потоки, получим передаточные функции требуемых звеньев.

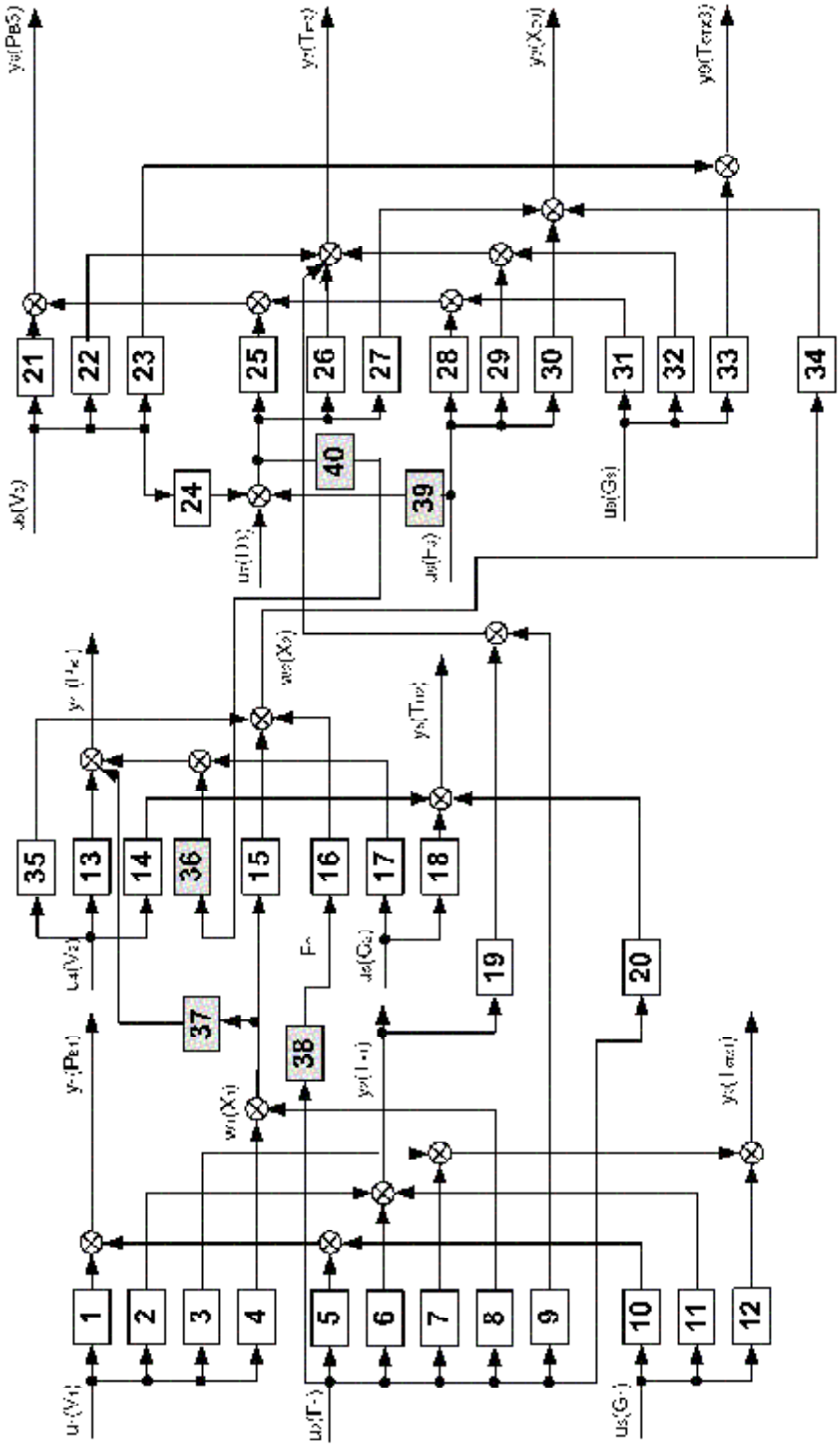


Рис. 1 – Структурная схема математической модели БРУ

Модель звена 36 выражает связь между расходом непастеризованного спирта и давлением верха в эпюрационной колонне.

$$W_{36}(s)=\frac{\Delta P_{44}(s)}{\Delta M_N(s)}=\frac{\Delta M_{41}(s)}{\Delta M_N(s)}\cdot\frac{\Delta P_{42}(s)}{\Delta M_{41}(s)}\cdot\frac{\Delta P_{43}(s)}{\Delta P_{42}(s)}\cdot\frac{\Delta P_{44}(s)}{\Delta P_{43}(s)}=$$

$$\frac{C_6^{42}\cdot C_2^{43}\cdot C_2^{44}}{\left(T_l^{41}\cdot s+1\right)\cdot\left(T_p^{42}\cdot s+1\right)\cdot\left(T_p^{43}\cdot s+1\right)\cdot\left(T_p^{44}\cdot s+1\right)} \tag{5}$$

где

$$T_l=\frac{S_k}{v}\cdot\left(\frac{\mu}{\sqrt{M_{l,n}}}\right)^{2/3} \tag{6}$$

$$T_p=\frac{m_{l,n}\left(\frac{\partial i_{l,n}}{\partial P_n}\right)_{\substack{x_{n,0}\\P_{n,0}}}+m_{v,n}\left(\frac{\partial i_{v,n}}{\partial P_n}\right)_{\substack{x_{n,0}\\P_{n,0}}}+\left(i_{v,n}-i_{l,n}\right)\frac{\partial m_v}{\partial P}}{J_M} \tag{7}$$

$$C_2=\frac{\frac{M_v}{2\cdot DP}\left[i_{v,n}-i_{l,n}-\left(\frac{\partial i_{v,n}}{\partial P_n}\right)_{\substack{x_{n,0}\\P_{n,0}}}DP-\left(\frac{\partial i_{v,n}}{\partial x_n}\right)_{\substack{x_{n,0}\\P_{n,0}}}Dx_{n-1}\right]}{J_M} \tag{8}$$

$$C_6=\frac{\left(\frac{\partial i_{l,n}}{\partial P_n}\right)_{\substack{x_{n,0}\\P_{n,0}}}DP+\left(\frac{\partial i_{l,n}}{\partial x_n}\right)_{\substack{x_{n,0}\\P_{n,0}}}Dx_n}{J_M} \tag{9}$$

$$J_M=M_l\left(\frac{\partial i_{l,n}}{\partial P_n}\right)_{\substack{x_{n,0}\\P_{n,0}}}+M_v\left(\frac{\partial i_{v,n}}{\partial P_n}\right)_{\substack{x_{n,0}\\P_{n,0}}}-\frac{M_v}{2\cdot DP}\left[\left(\frac{\partial i_{v,n}}{\partial P_n}\right)_{\substack{x_{n,0}\\P_{n,0}}}DP+\left(\frac{\partial i_{v,n}}{\partial x_n}\right)Dx_{n-1}-2\left(i_{v,n}-i_{l,n}\right)\right]$$

Подставив параметры технологического режима, переходя к измерению постоянных времени и запаздываний в минутах, а управляющих воздействий в процентах хода исполнительного механизма, аппроксимируя модель в виде инерционного звена первого порядка с запаздыванием, получим дифференциальное уравнение звена

$$\dot{x}_{36}=-1.57\cdot10^{-1}\cdot x_{36}+9.12\cdot10^{-3}\cdot x_{40}(t-0.13). \tag{10}$$

Модель звена 37 выражает связь между расходом бражного дистиллята на входе в ЭК и давлением вверху ЭК.

$$W_{37}(s)=\frac{\Delta P_{44}(s)}{\Delta X_{36}(s)}=\frac{\Delta P_{36}(s)}{\Delta X_{36}(s)}\cdot\frac{\Delta P_{37}(s)}{\Delta P_{36}(s)}\cdot\frac{\Delta P_{38}(s)}{\Delta P_{37}(s)}\cdot\frac{\Delta P_{39}(s)}{\Delta P_{38}(s)}\cdot\frac{\Delta P_{40}(s)}{\cdot\Delta P_{39}(s)}\cdot\frac{\Delta P_{41}(s)}{\Delta P_{40}(s)}\cdot\frac{\Delta P_{42}(s)}{\Delta P_{41}(s)}\cdot\frac{\Delta P_{43}(s)}{\Delta P_{42}(s)}\cdot\frac{\Delta P_{44}(s)}{\Delta P_{43}(s)}=$$

$$=\frac{C_7^{36}}{T_p^{36}\cdot s+1}\cdot\frac{C_2^{37}}{T_p^{37}\cdot s+1}\cdot\frac{C_2^{38}}{T_p^{38}\cdot s+1}\cdot\frac{C_2^{39}}{T_p^{39}\cdot s+1}\cdot$$

$$\cdot\frac{C_2^{40}}{T_p^{40}\cdot s+1}\cdot\frac{C_2^{41}}{T_p^{41}\cdot s+1}\cdot\frac{C_2^{42}}{T_p^{42}\cdot s+1}\cdot\frac{C_2^{43}}{T_p^{43}\cdot s+1}\cdot\frac{C_2^{44}}{T_p^{44}\cdot s+1} \tag{11}$$

Действуя аналогично предыдущему случаю, получим дифференциальное уравнение звена в виде:

$$\dot{x}_{37}=-9.26\cdot10^{+0}\cdot x_{37}+4.07\cdot10^{-2}\cdot w_1(t-0.15). \tag{12}$$

Модель звена 38 выражает связь между расходом бражки в БК и расходом бражного дистиллята на выходе БК:

$$W_{38}(s)=\frac{\Delta M_{26}(s)}{\Delta M_{21}(s)}=\frac{\Delta M_{26}(s)}{\Delta M_{25}(s)}\cdot\frac{\Delta M_{25}(s)}{\Delta M_{24}(s)}\cdot\frac{\Delta M_{24}(s)}{\Delta M_{23}(s)}\cdot\frac{\Delta M_{23}(s)}{\Delta M_{22}(s)}\cdot\frac{\Delta M_{22}(s)}{\Delta M_{21}(s)}=$$
$$\frac{1}{T_l^{21}\cdot s+1}\cdot\frac{1}{T_l^{22}\cdot s+1}\cdot\frac{1}{T_l^{23}\cdot s+1}\cdot\frac{1}{T_l^{24}\cdot s+1}\cdot\frac{1}{T_l^{25}\cdot s+1}\cdot\frac{C_l^{БК}}{T_l^{26}\cdot s+1}=\frac{C_l^{БК}}{\left(T_l^{БК}\cdot s+1\right)^5} \quad (13)$$

где F_1 – расход бражки, F_2 – расход бражного дистиллята, $C_l^{БК}=\frac{F_2}{F_1}$

Действуя аналогично предыдущему случаю, получим дифференциальное уравнение звена в виде:

$$\dot{x}_{38}=-4.45\cdot10^{-2}\cdot x_{38}+8.17\cdot10^{-2}\cdot u_2(t-16.6). \quad (14)$$

Модель звена 39 выражает связь между расходом эпюрата на входе в РК и расходом спирта на выходе РК.

$$W_{39}(s)=\frac{\Delta M_{70}(s)}{\Delta M_{64}(s)}=\frac{C_l^{РК}}{\left(\mathrm{T_1}\cdot s+1\right)^7} \quad (15)$$

где F_1 – расход эпюрата, F_2 – расход спирта, $C_l^{РК}=\frac{F_2}{F_1}$.

Действуя аналогично предыдущему случаю, получим дифференциальное уравнение звена в виде:

$$\dot{x}_{39}=-3.53\cdot10^{-2}\cdot x_{39}+3.62\cdot10^{-2}\cdot u_8(t-25) \quad (16)$$

Звено 40 будет иметь следующий вид:

$$W_{40}(s)=\frac{\Delta F_{нс}}{\Delta D_3} \quad (17)$$

где *Fнс* – расход нестандартного спирта;
D3 – расход стандартного спирта.

Подставив параметры технологического режима и переходя к проценту хода исполнительного механизма в коэффициенте передачи, получим:

$$x_{40}=0.16\cdot u_7. \quad (18)$$

Выводы

Таким образом, создана многомерная математическая модель БРУ в целом, которая учитывает связи между колоннами и внутренние взаимосвязи колонн, пригодная для синтеза многомерного регулятора установки.

Литература

1. Технология спирта/ под.ред. В.Л.Яровенко.– М.: Колос, 2002.– 464с.
2. Мандельштейн М. Л. Автоматические системы управления технологическим процессом брагоректификации. – М.: Пищевая промышленность, 1975.– 240с.
3. Чермак И., Петерка В., Заворка И. Динамика регулируемых систем в теплоэнергетике и химии. – М.: Мир, 1972.– 624с.

УДК 681.335:004.891

ГРАФО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СИНЕРГЕТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ОБУЧЕНИЕМ

Мазурок Т.Л., к.т.н., доцент
Одесский национальный политехнический университет

Предложен графо-аналитический метод прогнозирования вектора состояния модели обучаемого в схеме синергетического управления обучением. Разработана и обучена нейросетевая модель определения оптимального соотношения между знаниями и умениями

A graphical-analytical method of predicting the state vector of the learner model in the scheme of synergistic teaching control. Designed and trained neural network model definition optimal balance between knowledge and skills.

Ключевые слова: управление обучением, модель обучаемого, синергетический подход, нейросетевая модель.

Одной из необратимых тенденций образования в информационном обществе становится отход от детерминированных траекторий обучения в сторону их полной индивидуализации на основе учёта всего спектра индивидуальных особенностей, генетических способностей, целей обучения, располагаемых ресурсов и пр. Реформирование системы высшего образования на основе внедрения индивидуальных траекторий обучения студентов на Украине [1] согласуется как с теоретическим обоснованием дидактической целесообразности индивидуализированного обучения [2], так и с основными целями международных образовательных проектов – Межправительственной программы ЮНЕСКО «Образование для всех» [3], Болонской декларации [4].

Очевидно, что формирование гибких индивидуальных учебных планов, сопровождение процесса их выполнения может быть реализовано только на основе широкого использования средств информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Однако, не смотря на значительные успехи в области применения ИКТ для повышения эффективности обучения, значительная часть их высоких потенциальных возможностей, остаётся нереализованной. Таким образом, существует противоречие между высоким уровнем возможностей ИКТ для индивидуализации обучения и недостаточной степенью их практического использования во всех формах образования. Преодоление данного противоречия, с нашей точки зрения, возможно на основе разработки моделей автоматизированного управления процессом обучения, что требует адаптации современной теории управления к потребностям образования.

Теоретические и методологические положения по вопросам управления обучением с дидактических позиций рассмотрены в работах Талызиной Н.Ф., Беспалько В.П., Печникова А.Н., Башмакова И.А., Маслова С.И. и др.; с кибернетической точки зрения – в работах Растригина Л.А., Эренштейна М.Х. и др. Однако, в отличие от классического кибернетического стиля, предложенного для управления обучением Н. Винером, синергетический вариант управления предполагает возникновение порядка, нового состояния системы только благодаря внутренним тенденциям и свойствам. Процесс обучения представляет собой сложный социотехнический объект, состоящий из большого количества разрозненных подсистем и в общем случае не имеющий адекватного формального описания. Поэтому рассмотрим процесс обучения с позиции теории самоорганизации сложных упорядоченных систем, применив так называемый синергетический подход [5].

Разработка моделей и методов для разработки систем автоматизированного управления индивидуализированным обучением с синергетических позиций представляет собой **нерешённую проблему** и определяет **актуальность** данного исследования.

Система обучения является нелинейной, диссипативной, динамической, что определяет возможность применения для её моделирования и управления синергетических постулатов. Таким образом, учёт в процессе анализа «синергетических» свойств и особенностей, характерных для обучения, даёт возможность определить параметры процесса управления обучением, адаптированного к конкретному обучаемому. Для разработки схемы управления обучением на основе синергетического подхода необходимо разработать структуру учебного материала с учётом логических взаимосвязей внутрипредметного и межпредметного типов, сформировать модель обучаемого, отражающую динамику усвоения учебного материала, построить модель системы формируемых компетенций, разработать механизм оценки достижимости требуемых компетенций на основе прогноза усвоения материала обучаемым. **Целью данного исследования** является разработка метода прогнозирования эффективности управления обучением на основе индивидуальных характеристик усвоения запланированного учебного материала, включая взаимосвязанные понятия.

Математические модели управления обучением [6], [7] могут получить дальнейшее развитие в рамках синергетического подхода [8], если объединить их понятийно-терминологический аппарат. Такое объединение можно сделать при допущении об эквивалентности коэффициентов забывания и умозаключения [6] соответствующим коэффициентам индивидуальных особенностей [7], а также найти связь между двумя параметрами управления: количеством информации S и долей времени, отведённой накоплению знаний U.

Следуя терминологии [7], запишем

$$x = \frac{a}{A}, \quad y = \frac{b}{B}, \tag{1}$$

где a – объём накопленных знаний,

A – полный объём знаний,

b – объём накопленных умений,

B – полный объём умений,

x, y – нормированные объёмы знаний и умений соответственно. Нормируя количество информации и разделяя её на два класса (знания и умения), получим:

$$S = \frac{a+b}{A+B}$$

или с учётом (1)

$$S = \frac{Ax+By}{A+B},$$

что равносильно

$$S = \frac{A/B}{1+A/B}x + \frac{1}{1+A/B}y. \tag{2}$$

Согласно принятым обозначениям и определению U получим

$$U = \frac{A}{A+B},$$

откуда из (2) находим

$$S = Ux + (1-U)y. \tag{3}$$

Это равенство совместно с допущением об эквивалентности двух пар коэффициентов даёт объединение двух моделей, полученных в [6] и [7], т.е.

$$\begin{gathered} S = Ux + (1-U)y, \\ \frac{dS}{dt} = \frac{h(t)}{1+r} + \frac{c-f}{1+r}S, \\ \frac{dx}{dt} = fUy, \\ \frac{dy}{dt} = c(1-U)xy, \end{gathered} \tag{4}$$

где h(t) – скорость выдачи информации,
r – коэффициент сопротивления дидактическому процессу,
f – коэффициент забывания,
c – коэффициент умозаключения,
U – доля времени, отведённая на накопление знаний,
S – нормированное количество информации (0<S<1),
x - нормированный объём накопленных знаний (0<x<1),
y – нормированный объём накопленных умений (0<y<1).

Исключая S из системы (4), получим двухклассовую модель («знай и умей») управления обучением с вектором состояния (x,y) и вектором обучения (h,U):

$$\begin{gathered} \frac{dx}{dt} = fUy, \\ \frac{dy}{dt} = c(1-U)xy, \\ \frac{d}{dt}(Ux + (1-U)y) = \frac{h(t)}{1+r} + \frac{c-f}{1+r}(Ux + (1-U)y). \end{gathered} \tag{5}$$

Решая третье уравнение системы (5), получим инвариантное многообразие в фазовом пространстве синергетического метода управления сложными системами [8], в котором связаны координаты состояния и управления, т.е.

$$(1+r)e^{\alpha t}(Ux + (1-U)y) = \beta + \int e^{-\alpha t}h(t)dt, \tag{6}$$

где $\alpha = \frac{c-f}{1+r}$, β – произвольные постоянные.

Интерес представляет частный случай, при котором скорость выдачи информации постоянна $(h(t) = h_0)$, а уравнение (6) после интегрирования принимает вид:

$$Ux + (1-U)y = \frac{e^{-\alpha t}}{1+r}(\beta - \frac{h_o}{\alpha}e^{-\alpha t}),$$

откуда следует

$$y = \frac{1}{1-U}\left(-Ux + \frac{e^{-\alpha t}}{1+r}\left(\beta - \frac{h_0}{\alpha}e^{-\alpha t}\right)\right). \tag{7}$$

Тогда подстановка (7) в первое уравнение (5) приводит задачу управления к аналитическому конструированию скалярного регулятора [8].

Для формирования оптимальной индивидуализированной стратегии достижения соответствующего уровня обученности необходимым является прогнозирования результата применения очередного управляющего воздействия. Поэтому рассмотрим графо-аналитический метод прогнозирования, основанный на совместном использовании параметров двухклассовой модели обучаемого [9] и последовательности управляющих воздействий в виде учебных элементов, предъявляемых обучаемому.

Данный метод прогноза основан на понятии графа обучения (ГО), у которого вершины соответствуют основным понятиям определённой учебной дисциплины (тезаурусу T). Каждая вершина имеет номер i и соответствует некоторому моменту времени t_i первого появления i-го термина в плане обучения (ПО). Вес i-й вершины равен:

$$p_i = \sum_{\nu=1}^{n_i} \frac{k_\nu}{m_\nu} \tag{8}$$

где n_i – количество предикатов, содержащих i-й термин;

ν – номер предиката в порядке изучения учебной программы;

k_ν – количество информации в ν-м предикате;

m_ν – количество вершин в ν-м предикате.

Формула (8) показывает, что количество информации одного предиката делится поровну между вершинами, которые он содержит. Две вершины назовём смежными, если они содержатся в одном из пяти элементов обучения: определение, правило, закон, формула, теорема. Смежные вершины образуют матрицу смежности. Если рёбрам задать направление, то получим дуги ориентированного графа, для которого существует матрица инцидентности. Для её построения будем выбирать направление дуги по правилу: если смежные вершины имеют номера i и j, то при $t_i < t_j$ дуга направлена в сторону j-й вершины; при $t_i > t_j$ дуга направлена в сторону i-й вершины. Вес дуги, соединяющей смежные вершины, определим по формуле

$$p_{ij} = \frac{p_i}{s_i} + \frac{p_j}{s_j}, \tag{9}$$

где s_i, s_j – соответствующие степени вершин ГО.

Линейную укладку ГО на ось времени (рис. 1) представим с начальной точкой t_0, изображающей начало занятий:

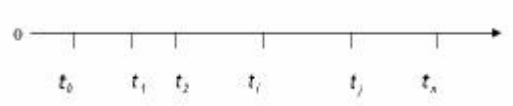


Рис. 1 – Линейная укладка графа обучения

Обозначим n_t - количество вершин, моменты времени изучения которых удовлетворяют неравенству $t_i < t$. Известно, что вероятность сохранения в памяти элемента обучения, соответствующего i-й вершине в момент времени t равна:

$$x_i(t) = e^{-w(t-t_i)}, \tag{10}$$

где w – параметр, характеризующий интеллект обучаемого.

Количество элементов обучения, усвоенных за время t, составляет часть от запланированного количества элементов обучения. Состояние знаний определяет двумерный вектор (x, y). Здесь $x_i(t)$ – вероятность запоминания учебной информации i-й вершины ГО; $x_{ij}(t)$ – вероятность запоминания взаимосвязи между учебными элементами, соответствующей дуге ГО между вершинами с номерами i и j $(i < j)$.

Из равенства (10) с учётом теоремы умножения $x_{ij}(t) = x_i(t) \cdot x_j(t)$, получим

$$x_{ij}(t) = e^{-w(2t-t_i-t_j)} \tag{11}$$

Обозначим вероятность запоминания учебных элементов через $x(t)$, вероятность запоминания взаимосвязей между ними через $y(t)$:

$$x(t) = \left(\sum_{i=1}^{n_t} p_i x_i(t) \right) \Big/ \sum_{i=1}^{n_t} p_i \tag{12}$$

Учитывая (11), получим

$$x(t) = \frac{1}{B_t} \sum p_i e^{-w(t-t_i)}, \tag{13}$$

где $B_t = \sum_{i=1}^{n_t} p_i$.

$$y(t) = \left(\sum_{i=1}^{n_t} \sum_{j=n_t-i}^{n_t} p_{ij} x_i(t) y_i(t) \right) \Big/ \sum_{i=1}^{n_t} \sum_{j=n_t-i}^{n_t} p_{ij} . \tag{14}$$

С учётом (13) получим

$$y(t) = \frac{1}{D_t} \sum_{i=1}^{n_t} \sum_{j=n_t-i}^{n_t} p_{ij} e^{-2w(t-tij)}, \tag{15}$$

где $D_t = \sum_{i=1}^{n_t} \sum_{j=n_t-i}^{n_t} p_{ij}$; $t_{ij} = 0{,}5(t_i + t_j)$.

Таким образом, получены зависимости, с помощью которых можно определить вероятностные характеристики двумерного вектора (x, y) на основе входных данных алгоритма прогнозирования обученности (рис.2): h, U, T, t, w, где h - скорость подачи учебной информации, U – доля времени на изучение тезауруса, T – тезаурус, t – время, w – тестовый параметр интеллекта, ПО – программа обучения, ГО – граф обучения. Для учёта степени интеграции материала автором разработана нейросетевая модель системы межпредметных связей [10], которая во взаимодействии с моделью системы компетенций [11], совместно с предложенным методом составляет основу интеллектуальной поддержки автоматизированного управления индивидуализированным обучением.

Так как теория синергетического управления является современной концепцией синтеза и анализа систем управления многомерными нелинейными объектами в динамических системах, а одним из универсальных средств формирования управляющих воздействий являются нейронные сети, то перспективным является объединение концепций синергетического и нейросетевого управления в динамических системах [12].

Основной целью нейросетевой реализации является воспроизведение на выходе обучаемой в реальном времени нейросети управления (7). Аппроксимацию нелинейных непрерывных функций, к которым принадлежит и (7) можно выполнить с помощью двухслойной нейросети. Для того, чтобы сконструировать алгоритм обучения нейросети, обеспечивающий требуемое качество процесса на выходе, совместив динамические процессы управления нелинейным объектом и настройки многослойной сети, можно использовать стандартный алгоритм обратного распространения ошибки, подбирая функцию обобщённой ошибки обучения. В общем случае синтез структуры и алгоритмов обучения включает выбор архитектуры сети, функционала обучения и цели управления, составление расширенной системы дифференциальных уравнений, выбор обобщённой ошибки обучения и синтез алгоритма управления.

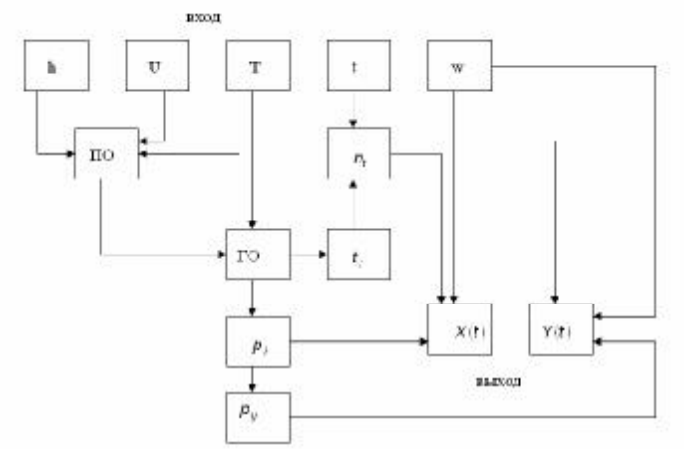


Рис. 2 – Схема алгоритма вычислений вектора состояний

На основе соотношения (7) можно определить, что управление обучения в виде оптимального соотношения между знаниями и умениями для каждого обучаемого определяется пятью параметрами: c, f, r, h, β [9]. Поэтому в качестве элементов входного слоя рассмотрим эти пять переменных. Структура трёхслойной нейросети показана на рис. 3.

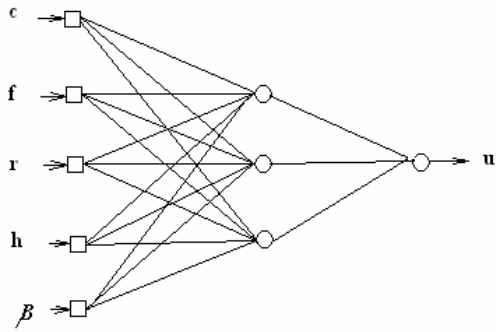


Рис. 3 – Структура нейронной сети управления

При определении количества нейронов промежуточного слоя было применено эвристическое правило [13], на основе которого это количество равняется половине суммарного количества входов и выходов. Функцией активации выбрана гиперболическая тангенциальная. В качестве обучающей функции выбрана функция, реализующая метод обратного распространения (алгоритм Левенберга–Марквардта), которая обеспечивает максимальное быстродействие.

В качестве программных продуктов, реализующего нейросетевую архитектуру, был пакет Neural Networks Toolbox (нейронные сети) математической системы MATLAB, разработанной фирмой Mat Works. В состав пакета входит специальная функция NEWFF для создания многослойных нейронных сетей прямой передачи с заданными функциями обучения и настройки, которые используют метод обратного распространения ошибки [13].

Архитектура нейронной сети: трёхслойная сеть с прямой передачей сигнала; первый слой – 5 нейронов, второй (скрытый) слой – 3 нейрона; выходной слой – 1 нейрон. Функции активации первого и второго слоёв – сигмоидальная нелинейная функция гиперболического тангенса tansig, третьего слоя – линейная тождественная purelin. Тогда формирование многослойной нейронной сети имеет вид:

net=newff([0 1; 0 1; 0 1; 20 80; 0 100], [5 3 1], {‘tansig’,’tansig’,’purelin’});

gensim(net);

На основе моделирования и последующего обучения сети в течение 50 циклов, получена следующая характеристика точности обучения (рис.4): установившаяся среднеквадратичная ошибка составила приблизительно $7{,}7 \cdot 10^{-33}$, что является удовлетворительным показателем.

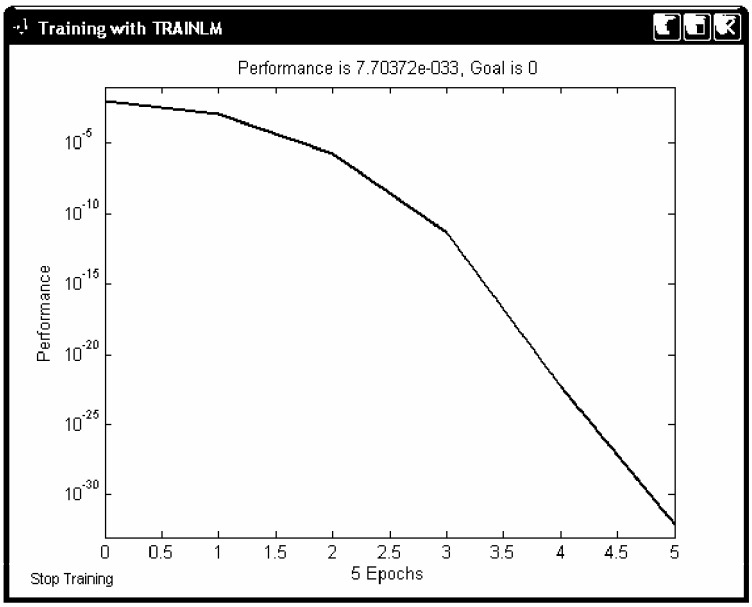


Рис. 4 - График обучения нейронной сети

Выводы. Обученная нейронная сеть позволяет определить значение доли времени, отведённого на накопление знаний, что соответствует определению соотношения между формированием знаний и умений для каждого конкретного обучаемого. Предложенный графо-аналитический метод, использующий полученную характеристику индивидуализации режима обучения, позволяет оценить результативность усвоения учебных элементов и их взаимосвязей на основе учёта индивидуальных характеристик обучаемого, что является основой для выработки оптимального управляющего воздействия. Перспективы дальнейших исследований связаны с реализацией данного подхода в виде синергетического взаимодействия участников процесса обучения в многоагентной среде.

Литература

1. Вакарчук І. Якість освіти і вільна траєкторія студента//Українська правда, 28.04.09.
2. Беспалько В.П. Образование и обучение с участием компьютеров (педагогика третьего тысячелетия). – М.: МПСИ, 2002. – 352 с.
3. Гриценко В.И. Высшее образование в информационную эпоху: вызовы глобализации. – К.: МННЦ ИТ и С НАНУ и МОН, 2009. - 38 с.
4. Півняк Г., Салов В. Стандарти вищої освіти у контексті Болонської декларації //Освіта України. – 2004. - №42-43. – 2 червня – с.6.
5. Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Основания синергетики. Человек, конструирующий себя и своё будущее. М.: КомКнига, 2007. – 232 с.
6. Потеев М.И. Практикум по методике обучения во ВТУЗах. - М.: Высшая школа, 1990. – 127 с.
7. Орлов А.И. Менеджмент. Учебник. М.: Издательство "Изумруд", 2003. - 298 с.
8. Колесников А.А.Синергетические методы управления сложными системами: теория системного синтеза. М.: УРСС. – 2006. - 240 с.
9. Мазурок Т.Л. Модель обучаемого, как объекта автоматизированного управления //Сборник трудов Четвёртой Международной конференции «Новые информационные технологии в образовании для всех: инновационные методы и модели». – К.: МННЦ ИТ и С НАНУ и МОН, 2009. - с. 112-121.
10. Мазурок Т.Л. Нейро-нечёткая модель управления межпредметным обучением //Управляющие системы и машины, 2008, № 1, с. 19-24.
11. Мазурок Т.Л. Эволюционный подход к определению системы компетенций //Вісник ХНТУ. – 2008. – № 2(31). – с. 295-299.
12. Терехов В.А. Нейросетевые системы управления. – М.: ВШ, 2002. – 183 с.
13. Медведев В.С., Потёмкин В.Г. Нейронные сети. Matlab6. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 496 с.

УДК 621.1016-001.57

РОЛЬ ПОВТОРНОГО ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ОПРЕДЕЛЕНИИ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Плачинда О.Е., канд. техн. наук, Становский А.Л., докт. техн. наук, профессор, Бибик Т.В.
Одесский национальный политехнический университет

Важнейшей составной частью систем автоматизированного проектирования сложных технических объектов является проблема принятия решений об адекватности альтернативных вариантов конструкций объекта. Критерии, по которым эти решения принимаются, весьма разнообразны. Среди них не последнюю роль играет такая характеристика надежности объекта, как его отказоустойчивость.

Оценка отказоустойчивости сложных систем представляет собой нетривиальную задачу, решение которой должно отражать качество проектирования и изготовления таких объектов, а также условия их эксплуатации.

Существуют современные методы идентификации отказа сложных систем, основанные на моделировании жизненного цикла последних с помощью топологически подобных нейронных сетей. Использование топологического подобия между сложными техническими системами и нейронными сетями можно расширить, если рассмотреть такой неизученный аспект работы нейронной сети, как влияние повторных обучений по мере накопления повреждений на их работоспособность.

The major component of systems of the automated designing difficult tehniche-skih objects is the problem of decision-making on adequacy of alternative variants an object game-struktsy. Criteria on which these decisions are accepted, are rather various. Among them not last role is played by such characteristic of reliability of object, as its fault tolerance.

The estimation of fault tolerance of difficult systems represents not trivial problem which decision should reflect quality of designing and manufacturing of such objects, and also uslo-vija their operation.

There are modern methods of identification of refusal of the difficult systems, based on a fashion-lirovanii of life cycle of the last with the help topological similar neural networks. Ispol-zovanie topological similarity between difficult technical systems and neural networks it is possible to expand if to consider such not studied aspect of work of a neural network, as influence repeated trainings in process of accumulation of damages on their working capacity.

Ключевые слова: сложные технические системы, отказоустойчивость, топологически подобные нейронные сети.

Большинство систем, которые изучает современная наука, являются сложными, образующими многоуровневые конструкции, причем функционирование их нельзя описать простой суммой взаимодействий их элементов. Под сложной технической системой (СТС) понимают систему, в реальной действительности существования которой проявляется один или несколько видов ее сложности: структурная сложность, сложность функционирования, сложность выбора поведения в многоальтернативных ситуациях и сложность развития, определяемая характеристиками соответствующих эволюционных и скачкообразных процессов [1]. Среди возможных сложных структур СТС выделяют так называемые СТС с регулярной структурой (СТС РС), к которым относят объекты, естественным или искусственным образом декомпозирующиеся на отдельные, связанные между собой повторяющиеся элементы [2]. В качестве примера СТС РС можно привести механические конструкции в виде рам: фермы, мосты, рамы автотранспортных средств, «скелеты» зданий и сооружений, а также разветвленные сети аппаратов нефтегазохимического назначения: насосы, фильтры, вентили, связанные трубопроводной арматурой, радиотехнические схемы, разветвленные сети электрооборудования. Важнейшим классом СТС РС являются компьютерные сети – локальные, региональные или глобальные соединения ЭВМ, создаваемые с целью совместного использования их ресурсов [3]. Такие сети имеют, как правило, разнообразную топологическую организацию структуры: древовидную, звездообразную, листообразную, кольцевую, полносвязную и др. Топология определяет не только функциональные возможности сети, но и их устойчивость по отношению к различного рода структурным повреждениям.

При моделировании повреждений и отказов в СТС РС решаются, как правило, три задачи:

— построение динамической модели «повреждаемой» системы, т.е. такой модели, которая позволяет относительно легко изменять свои структурные и параметрические характеристики в соответствии с повреждениями на протяжении жизненного цикла реального объекта;

— выбор стратегии внесения «повреждений» в модель, наилучшим образом аппроксимирующей реальные процессы, происходящие с объектом;

— диагностирование отказа в системе с данным «набором» повреждений [4].

При анализе проектируемых систем для оценки отказоустойчивости (ОУ) необходима модель, отражающая зависимость показателей ОУ от параметров системы, характеризующих конфигурацию, цель и условия функционирования, класс решаемых задач. Адекватность модели существенно влияет на точность полученной оценки [5].

Любые (в том числе и негативные) процессы в СТС РС протекают во времени и, следовательно, должны описываться динамическими моделями. Наиболее подходящей в этом случае моделью может служить нейронная сеть (НС).

Вопрос о том, насколько НС отражает процессы, происходящие в реальной (механической, гидравлической и т.п.) СТС РС, связан с оценкой соотношения между классом динамических систем и классом НС. Динамическая система есть математический объект, соответствующий реальным системам, эволюция которых однозначно обусловливается начальным состоянием. Динамическая система определяется системой уравнений, допускающих существование на бесконечном интервале времени единственного решения для каждого начального условия. Состояние динамической системы в данный момент описывают набором переменных. Множество этих состояний образует фазовое пространство, в котором каждому состоянию отвечает точка, а эволюция изображается траекториями [6].

Поскольку НС также есть математический объект, моделирующий эволюцию реальной системы, то в этом аспекте НС образуют подкласс динамических систем. Но отличительной чертой НС является упоминавшаяся выше восприимчивость к информации, обучаемость. А традиционные динамические системы не передают специфики когнитивных процессов, моделируемых НС. Т.е. в отношении обучаемости динамические системы составляют частный случай класса НС. Здесь налицо классификационное противоречие. Оно преодолимо, если модернизировать аппарат теории динамических систем и обеспечить его пригодность для описания математических объектов типа НС [6].

Таким образом, просматривается явное совпадение в трактовке надежности НС и СТС РС, что наводит на мысль о моделировании повреждений и отказов в СТС РС на основе их структурного или, точнее, топологического единства с некоторой НС [4]. Инженерные конструкции представляют собой своеобразные искусственно созданные сетевые системы. Потому их связь с нейросетевыми системами находит достаточные органичные подтверждения.

Однако, как известно [7], перед использованием НС ее необходимо обучить. Процесс обучения НС заключается в подстройке ее внутренних параметров под конкретную задачу. От качества обучения НС зависит ее способность решать поставленные перед ней задачи.

Алгоритм работы НС является итеративным, его шаги называют эпохами или циклами**.** Эпоха – одна итерация в процессе обучения, включающая предъявление всех примеров из обучающего множества и, возможно, проверку качества обучения на контрольном множестве.

Процесс обучения осуществляется на обучающей выборке. Обучающая выборка включает входные значения и соответствующие им выходные значения набора данных. В ходе обучения нейронная сеть находит некие зависимости выходных полей от входных. Сложность вызывает вопрос о количестве наблюдений в наборе данных. И хотя существуют некие правила, описывающие связь между необходимым количеством наблюдений и размером сети, их верность не доказана.

Количество необходимых наблюдений зависит от сложности решаемой задачи. При увеличении количества признаков количество наблюдений возрастает нелинейно, эта проблема носит название «проклятие размерности». При недостаточном количестве данных рекомендуется использовать линейную модель.

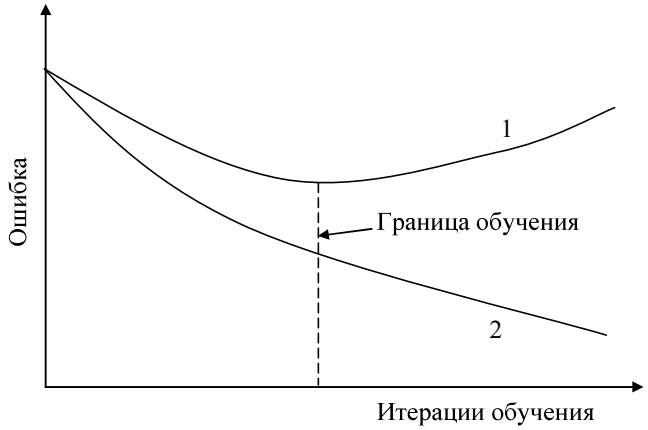
При тривиальном использовании НС пользователь должен сам определить архитектуру сети, количество слоев и количество нейронов в каждом слое. При использовании топологически подобных нейронных сетей эти параметры в большой степени диктует моделируемый объект. В этих условиях в НС может оказаться неоптимальное (чаще всего избыточное) количество элементов – нейронов и связей между ними. Такая избыточность может, в первую очередь, отрицательно отразиться на обучении НС, т.к. при обучении часто возникает серьезная трудность, называемая проблемой переобучения (*overfitting*): излишне точное соответствие НС конкретному набору обучающих примеров, при котором сеть теряет способность к обобщению. Переобучение возникает в случае слишком долгого обучения, недостаточного числа обучающих примеров или, как в нашем случае, при переусложненной структуре НС [7].

Переобучение связано с тем, что выбор обучающего множества является случайным. С первых шагов обучения происходит уменьшение ошибки. На последующих шагах с целью уменьшения ошибки (целевой функции) параметры подстраиваются под особенности обучающего множества. Однако при этом происходит «подстройка» не под общие закономерности ряда, а под особенности его части – обу-

чающего подмножества. При этом точность прогноза уменьшается.

Один из вариантов борьбы с переобучением сети – деление обучающей выборки на два множества (обучающее и тестовое). На обучающем множестве происходит обучение НС. На тестовом множестве осуществляется проверка построенной модели. Эти множества не должны пересекаться.

При обучении с каждым шагом параметры (но не структура!) модели изменяются, однако постоянное уменьшение значения целевой функции ошибки обучения происходит именно на обучающем множестве. При разбиении множества на два наблюдается изменение ошибки в работе НС на тестовом множестве параллельно с наблюдениями над обучающим множеством. Какое-то количество шагов ошибки уменьшается на обоих множествах. Однако на определенном шаге ошибка на тестовом множестве начинает возрастать, при этом ошибка на обучающем множестве продолжает уменьшаться. Этот момент считается границей (концом) реального или настоящего обучения, с него и начинается переобучение (рис. 1).



1 – ошибка на тестовом множестве обучающей выборки
2 – ошибка на обучающем множестве обучающей выборки

Рис. 1 – К определению момента перехода от обучения к переобучению

При топологическом моделировании механических разветвленных конструкций с помощью НС предполагается, что исходная «неповрежденная» нейронная сеть обучена выполнению некоторой процедуры, например распознаванию образов или прогнозированию. При таком виде использования НС имеющаяся изначально в неповрежденной НС избыточность устраняется по мере внесения в НС повреждений.

Здесь необходимо различать две ситуации, в которых могут оказаться **топологически подобные друг другу НС**:

— НС обучена (возможно, с переобучением) ранее, причем структура ее с момента окончания обучения до данного момента не менялась;

— НС обучена (возможно, с переобучением) ранее, но структура ее с момента окончания обучения до данного момента изменилась в результате «повреждений».

В принципе, наблюдая текущее состояние НС, т.е. ее структуру и значения весовых коэффициентов на входе всех нейронов, мы не можем сделать какое-либо заключение о ее «истории». Из этого вытекает следующее утверждение.

Утверждение. Когда речь идет о «повреждаемой» в процессе моделирования НС, только по ее описанию на текущий момент (структура, параметры) невозможно определить, была ли НС повреждена после ее обучения.

Таким образом, налицо парадоксальная ситуация: повреждение НС снижает ее избыточность (1, рис. 2) (положительное явление), но при этом теряется способность к работе из-за того, что обучению подвергалась неповрежденная, т.е. фактически **совсем другая** НС (2, рис. 2).

Так как структура НС при таком способе топологического моделирования жестко связана со структурой СТС и ее восстановить невозможно, для решения этой проблемы можно подвергать НС новым циклам обучения по мере ее повреждения. В связи с тем, что термин «переобучение» уже занят и несет совсем другую смысловую нагрузку, назовем такой процесс «повторным обучением».

Фактически, потеря работоспособности наступает **не от повреждений, а от «ухода» от той структуры, которая была обучена**! Если бы изменение структуры на каждом шаге сопровождалось повторным обучением, то увеличение повреждений за счет снижения избыточности приводило бы к улучшению работоспособности, естественно, до определенных пределов (3, рис. 2).

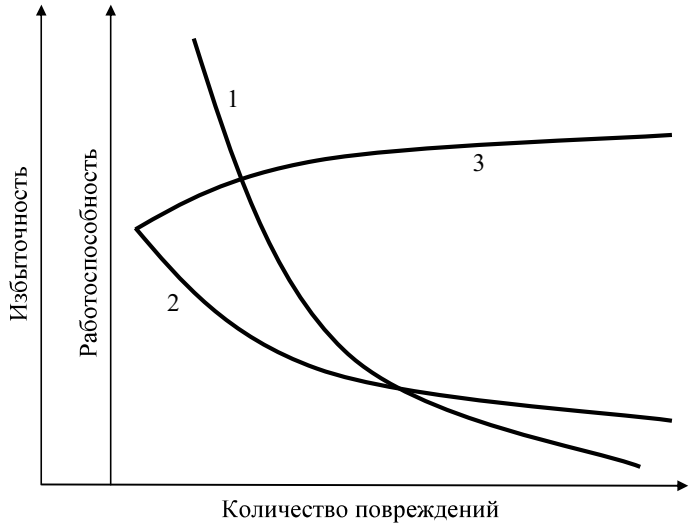


Рис. 2 – Влияние количества повреждений на уменьшение избыточности (1) и падение работоспособности не подвергающихся (2) и подвергающихся повторному обучению (3) НС

Повторное обучение «поврежденной» сети делает ее вновь «целой», но с меньшим количеством нейронов и связей между ними по сравнению с исходной. Таким образом, регулярное повторное обучение по мере повреждения способствует до определенного предела сохранению работоспособности НС при таких уровнях повреждений, при которых не обучаемая повторно сеть уже неработоспособна.

Пусть в результате эксперимента установлено, что фрагмент «облака» точек для $N = 40$, выглядит на участке от $n = 0$ до $n = 20$ так, как это представлено на рис. 3.

Можно предположить, что после повторного обучения вероятность отказа снова станет нулевой. Далее, при увеличении количества поврежденных нейронов статистическая оценка вероятности опять начнет возрастать (2, рис. 3). После последующего повторного обучения оценка опять станет нулевой, вновь начнет расти (3, рис. 3) и т.д. до тех пор, пока нейронов не останется столь мало, что повторное обучение перестанет восстанавливать работоспособность сети.

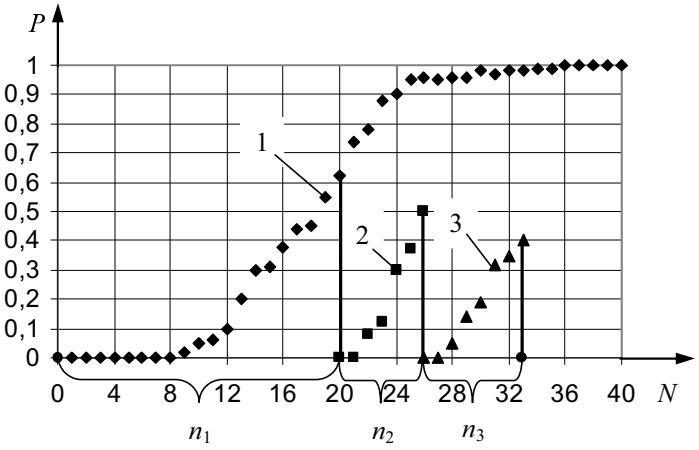


Рис. 3 – «Облака» точек при испытаниях НС без повторного обучения (1) и с повторным обучением (2)

Очевидно, расположение точек на участках 1, 2 и 3 (рис. 3) зависит не только от количества «поврежденных» нейронов, но и от количества неповрежденных, оставшихся после очередной итерации повторного обучения. Поэтому общее выражение для аппроксимирующих эти участки функций имеет вид:

$$\begin{cases} P_1 = f_1(n, N_{20}); \quad n = 0,1,2... \\ P_2 = f_2(n, N_{21}); \quad n = 0,1,2... \\ ... \\ P_1 = f_1(n, N_{2(I-1)}); \quad n = 0,1,2... \end{cases} \tag{1}$$

Или в общем виде:

$$P_i = f_i(n, N_{2(i-1)}); \quad 0 \le i \le I; \quad n = 0,1,2... , \tag{2}$$

где i – последовательный номер повторного обучения; I – общее количество повторных обучений; N – исходное количество неповрежденных нейронов второго слоя $N_{2(i-1)}$ – количество неповрежденных нейронов второго слоя трехслойной НС, оставшихся после (i–1)-го повторного обучения:

$$N_{2(i-1)} = N_{20} - \sum_{j=1}^{i} (n_j - n_{j-1}). \tag{3}$$

Подставляя (3) в (2), получим:

$$P_i = f_i\left[n, N_0 - \sum_{j=1}^{i} (n_j - n_{j-1})\right]; \quad 0 \le i \le I; \quad n = 0,1,2... \tag{4}$$

Система уравнений (4) содержит две компоненты: статистическую, определяющую вид функции $f_i\left[n, N_0 - \sum_{j=1}^{i} (n_j - n_{j-1})\right]$, и назначаемую проектировщиком последовательность повторных обучений n_j.

Первая компонента определяется в каждом случае экспериментально так, как это описано в предыдущих главах – путем аппроксимации функцией $f_i[\cdot]$ «облака» точек.

Из сказанного можно сделать вывод о том, что повторные обучения могут служить инструментом повышения отказоустойчивости НС.

Выводы

Важным этапом исследования отказоустойчивости сложных технических систем в виде сетевых структур, основывающегося на топологическом подобии технических и информационных сетевых структур, является непосредственное обеспечение этого топологического подобия в процессе построения нейросеточной модели. Задача моделирования сводится к подбору такой структуры нейронной сети, которая была бы подобной механической системе. Предложен прием построения подобных нейросеточных моделей, позволяющий упростить задачу подбора нейронной сети: эквивалентное преобразование модели механической конструкции к нейроподобному виду.

Экспериментально обосновано утверждение о том, что когда речь идет о «повреждаемой» в процессе моделирования НС, только по ее описанию на текущий момент (структура, параметры) невозможно определить, была ли НС повреждена после ее обучения. Установлено, что повторное обучение в процессе повреждения способствует сохранению работоспособности нейронной сети при таких уровнях повреждений, при которых повторно необучиваемая сеть уже неработоспособна.

Выдвинуто и экспериментально подтверждено предположение о том, что от количества повторных обучений зависит величина отказоустойчивости системы.

Литература

1. Назаров А.В., Лоскутов А.И. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем. – СПб.: Наука и техника, 2003. – 384 с.
2. Скатков А.В. Модели информационного покрытия произвольных областей регулярными структурами / Скатков А.В., Быков А.В. // Вісник технологічного університету Поділля. – 2004. – № 2. – Ч.1. – Т. 2(60). – С. 54 – 58.
3. Шапорин Р.О. Задачи оптимизации сетей // Труды Одесского политехнического университета. – 1999. – № 2(8). – С. 133 – 134.
4. Красножон С.Н. Имитационное моделирование повреждений и отказов сложных технических систем с регулярной структурой: Дисс. … канд. техн. наук: 05.13.06. – Одесса, ОНПУ, 2005. – 164 с.
5. Додонов А.Г. Введение в теорию живучести вычислительных систем / Додонов А.Г., Кузнецова М.Г., Горбачик Е.С. – Киев: Наук. Думка, 1990. – 184 с.
6. Буфалов С.А. Учет когнитивности – критерий полноты моделей самоорганизации в социуме / Буфалов С.А., Бухтяк М.С., Пойзнер Б.Н. – Томск: Томский государственный университет, 2003. – 128 с.
7. Методы классификации и прогнозирования. Нейронные сети. – Интернет-Университет Информационных Технологий (http://www.intuit.ru/ department/database/datamining/11/datamining_11.html).

УДК 65.011.56 (004.02)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ В СИСТЕМЕ АНАЛИЗА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ СФЕРЫ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Христиановский В.В., канд. эконом. наук, доцент, Бабосюк Н.А.
Донецкий национальный университет, г. Донецк

В работе рассматривается разработка алгоритмов нечеткой логики в рамках системы мониторинга экономической деятельности предприятий сферы телекоммуникаций и связи Украины.

This article is dedicated to fuzzy logic algorithms of economic activity monitoring system used in the field of telecommunications.

Ключевые слова: мониторинг деятельности предприятия, экономический анализ, нечеткий вывод.

Новые технологии являются главной движущей силой в дополнение к существующим силам мирового рынка. Однако, в настоящее время технология может являться и сдерживающим фактором: отсутствие способности к взаимодействию средств автоматизации делает нерациональной ее реализацию. Это обусловлено взрывным расширением ИТ, в результате чего стандартизация продуктов не успевает за техническими стандартами. С другой стороны, в результате более активной маркетинговой деятельности и успехов в распространении ИП, захвата большой рыночной доли какой-либо компанией, ее продукт становится стандартом для всех остальных.

Еще одной тенденцией развития информационных технологий является глобализация информационного бизнеса. Теоретически любой человек (или фирма) является сегодня возможным потребителем информации. Поэтому возможности информационного рынка по-прежнему являются беспредельными, хотя и существует довольно жесткая конкуренция между основными производителями. К традиционно сильным производителям, таким, как США, Япония, Франция, Великобритания и ФРГ, в последние годы добавились фирмы Австралии, Южной Кореи, Тайваня, Сингапура и др. Одной из главных причин интенсификации мировой конкуренции является распространение спроса на конкретные виды ИТ в мировом масштабе. Можно сказать, что, несмотря на различие рынков, продукция, пользующаяся спросом в Америке, фактически аналогична той продукции, на которую существует спрос в Японии и Европе. Наличие пяти основных факторов обусловливает этот процесс: различный уровень знаний в области ИТ, определяющий темпы ее распространения, которые варьируют в широких пределах в зависимости от сферы применения и от особенностей страны; соотношение "стоимость - эффективность" ИТ; правительственная поддержка; стандартизация; сравнительные достоинства сосуществующих и взаимозаменяемых технологий.

Глобальный процесс активного формирования и широкомасштабного использования информационных ресурсов ведет за собой развитие информационной инфраструктуры в обществе. На украинском рынке телекоммуникаций присутствуют как предприятия-монополисты государственных масштабов, так

и более мелкие предприятия регионального, городского, районного уровня. Спрос среди населения на телекоммуникационные услуги, внедрение передовых информационных технологий обуславливает постоянный рост предприятий сферы телекоммуникаций. Это в свою очередь обуславливает их инвестиционную привлекательность на данном этапе развития рынка. Для инвесторов важно оценить стабильность и перспективность предприятия, что в свою очередь требует оценки основных экономических характеристик, а так же создает необходимость построения прогноза деятельности предприятия как краткосрочного, так и долгосрочного. Таким образом, разрабатываемая система является актуальной: она позволит исключить человеческий фактор, что в свою очередь увеличит точность модели [1].

Ранее разработанные аналоги систем мониторинга строят прогноз на будущие периоды, используя для этой цели одну или несколько экономических моделей. Недостатком такого подхода является степень объективности этих моделей, построенных на различных, часто противоречащих друг другу экономических теориях. Объективность моделирования может быть определена только путём сравнения результатов прогноза с реальными экономическими показателями, однако, так как экономическая среда не является статичной, то откалиброванные и верные в текущей ситуации, модели могут быть эффективными в будущих периодах.

Таким образом, целью работы является разработка системы мониторинга, аудита экономической деятельности предприятия, а так же прогнозирования развития предприятия в условиях современного рынка с использованием механизмов динамической калибровки моделей и с применением элементов искусственного интеллекта.

В процессе работы над системой сформулированы следующие задачи:
изучить особенности экономического анализа с учетом ранее используемых подходов;
систематизировать и формализовать различные подходы к анализу деятельности предприятия;
разработать математическую модель системы мониторинга и прогнозирования;
на основе математической модели и с использованием современного математического и программного инструментария разработать программный продукт, который позволит управлять математической моделью, изменять ее, проводить эксперименты на реальных данных;
провести исследования эффективности и производительности работы разработанной системы.

В основу системы положен анализ основных групп экономических показателей (всего 57 показателей):

- группа показателей имущественного состояния предприятия;
- группа показателей деловой активности;
- группа показателей финансовой устойчивости;
- ликвидности, рентабельности;
- группа показателей позиции предприятия на рынке ценных бумаг.

Для оценки показателей использован инструментарий нечеткой логики, в том числе и процесс нечеткого вывода. Данная методика выбрана для формализации относительных значений показателей, а так же для сведения показателей к безразмерным величинам, что позволит в дальнейшем их сравнивать и оценивать.

Для построения математической модели системы выполнены все этапы нечеткого вывода:
формирование базы правил;

- фаззификация входных переменных;
- агрегирование подусловий методом логической коньюнкции;
- активизация подзаключений с учетом весовых коэффициентов правил;
- аккумулирование подзаключений (объединение нечетких множеств, см. рис. 1);
- дефаззификация методом правого модального значения.

На примере группы показателей имущественной состоятельности рассмотрим все этапы нечеткого вывода исследуемой системы. В группу имущественной состоятельности входят следующие показатели:

- часть оборотных производственных фондов в оборотных средствах;
- часть основных средств в активах;
- коэффициент износа основных средств;
- коэффициент обновления основных средств;
- часть долгосрочных финансовых инвестиций в активах;
- часть оборотных производственных фондов;
- часть оборотных производственных фондов в оборотных средствах;
- коэффициент мобильности активов.

На первом этапе входными лингвистическими переменными выступают данные экономических показателей предприятия, которые рассчитываются на основе финансовой отчетности. В рассматриваемом примере рассчитываются все восемь показателей имущественного состояния предприятия.

Расчеты проводились на реальных данных, на основе финансовой отчетности ОАО «Укртелеком» поквартально за период 2007-2008 гг. Следовательно, в рассматриваемом примере количество рассматриваемых периодов равно восьми.

Все рассматриваемые аналитические показатели финансового состояния предприятия анализируются по различным критериям. Эти критерии оценивают динамику роста показателей во времени. Таким образом, для того, чтобы оценить исследуемые показатели, необходимо проследить тенденцию изменения значений в различные периоды времени, но порой это становится затруднительным: аналитическая оценка значений коэффициентов не будет показательной, т.к. для крупного предприятия изменение коэффициента ликвидности на сотую долю не изменит общую картину ликвидности предприятия, а для предприятия малого бизнеса может стать свидетельством роста неликвидности, что в дальнейшем может привести к неспособности выплаты обязательств предприятия.

Для того чтобы проследить изменение динамики показателей с учетом масштабов предприятия, рассчитывается рад относительных показателей. Рассчитывается скользящее среднее, как среднее арифметическое между соседними значениями показателя за рассматриваемые периоды. Для того, чтобы оценить динамику показателя, исследуются значения изменения скользящего среднего (B_t), вычисляемого как разность между скользящими средними за соседние периоды времени.

Модель формализована в терминах нечеткой логики. Определим выходные лингвистические переменные и тип функции принадлежности.

Выходные лингвистические переменные:

L1 – Имущественная состоятельность предприятия.

L1 = {«Предприятие имущественно состоятельно», «Предприятие имущественно несостоятельно»}.

L2 – Деловая активность предприятия.

L2 = {«Предприятие обладает высокой деловой активностью», «Предприятие не обладает высокой деловой активностью»}

L3 – Рентабельность предприятия.

L3 = {«Предприятие рентабельно», «Предприятие нерентабельно»}

L4 – Финансовая устойчивость предприятия.

L4 = {«Предприятие финансово устойчиво», «Предприятие финансово неустойчиво»}

L5 – Ликвидность предприятия.

L5 = {«Предприятие ликвидное», «Предприятие неликвидное»}.

L6 – Позиция предприятия на рынке ценных бумаг.

L6 = {«Предприятие имеет высокие позиции на рынке ценных бумаг», «Предприятие имеет невысокие позиции на рынке ценных бумаг»}.

Таким образом, рассчитав показатели финансового состояния предприятия, на выходе получаем результаты на уровне групп показателей, например, для показателя имущественной состоятельности предприятия после проведения всех этапов логического вывода получим ответ «предприятие имущественно состоятельно» или же «предприятие имущественно несостоятельно».

Далее в рамках примера рассмотрим L1 – имущественную состоятельность предприятия.

В качестве входных лингвистических переменных выступают все показатели группы имущественного состояния. Обозначим их N_1-N_8. Пусть N_1 – часть основных средств в активах. Тогда $T(N_1)$ = {«возрастает», «неизменно», «убывает»}.

Пусть **d** – точность модели, т.е. если $|B_t - B_{t-1}| < d$, то тренд изменения скользящего среднего считается не изменяющимся. B_t – текущее значение показателя изменения скользящего среднего для части основных средств в активах.

$$E = [-M, M], \tag{1}$$

где $M = MAX(|B_t : B_{t+1\cdots}|) + d(1+k)$, k – модификатор ширины фаззи-диапазона.

Изучив входные переменные, было принято решение в качестве функций принадлежности использовать трапециевидную функцию.

Учитывая область определения модели E и вид функции $\mu(x)$, можно выделить ключевые точки функций принадлежности: a,b,c,d, такие, что $\mu_{(A)}(x) = \mu_{(D)}(x) = 0$, $\mu_{(B)}(x) = \mu_{(C)}(x) = 1$, $a \le b \le c \le d$.

Расчет ключевых точек выполняется следующим образом (см. табл.1.):

Таблица 1 – Расчет данных для построения трапециевидной функции принадлежности с учетом точности модели и коэффициента фаззификации

Термы для изменения тренда скользящего среднего части основных средств в активах	**A**	**B**	**C**	**D**
Убывает	-d*(1-k)	-d*(1+k)	-M	-M
Неизменно	-d*(1+k)	-d*(1-k)	d*(1-k)	d*(1+k)
Возрастает	d*(1-k)	d*(1+k)	M	M

Рассмотрим представление функции на примере показателя части основных средств в активах (см. табл. 2 и рис. 1):

Таблица 2 – Данные для построения функции принадлежности изменения тренда скользящего среднего части основных средств в активах

Термы	Ключевые точки для построения функции принадлежности изменения тренда скользящего среднего части основных средств в активах					
	-M	a	b	c	d	M
Убывает	-0,099	-0,08	-0,03	0,025	0,08	0,0986
Неизменно	-0,099	-0,08	-0,025	0,025	0,08	0,0986
Возрастает	-0,099	-0,08	-0,03	0,025	0,08	0,0986

k= 0,5; d=0,05.

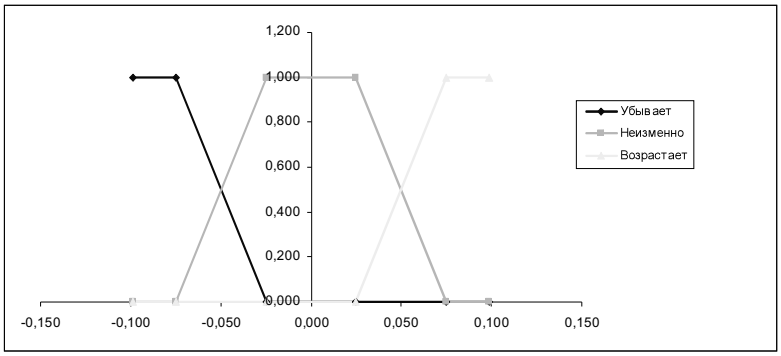


Рис. 1 – Функция принадлежности для изменения тренда скользящего среднего части основных средств в активах

Следующим этапом нечеткого вывода является формирование базы правил. Выдержка из базы правил приводится ниже:

1. «Если» Часть основных средств в активах убывает,
«И» Коэффициент износа основных средств убывает,
«И» Коэффициент обновления основных средств возрастает,
«То» Предприятие имущественно состоятельно (0.8)
2. «Если» Часть основных средств в активах возрастает,
«И» Коэффициент износа основных средств возрастает,
«И» Коэффициент обновления основных средств убывает,
«То» Предприятие имущественно несостоятельно (0.8)
3. «Если» Часть основных средств в активах неизменно и часть основных средств в активах $_{i-1}$ убывает,
«И» Коэффициент износа основных средств убывает,
«И» Коэффициент обновления основных средств возрастает
«Или»
Часть основных средств в активах убывает,
«И» Коэффициент износа основных средств$_{i}$ неизменно и коэффициент износа основных средств$_{i-1}$ убывает,

«И» Коэффициент обновления основных средств возрастает

«Или»

Часть основных средств в активах убывает,

«И» Коэффициент износа основных средств убывает,

«И» Коэффициент обновления основных средств $_i$ неизменно и коэффициент обновления основных средств $_{i-1}$ возрастает

«То» Предприятие имущественно состоятельно (0.7),

где i-период, за который рассматривается изменение тренда скользящего среднего; в скобках указаны весовые коэффициенты правил $F_j \in [0,1]$, j – номер правила.

Рассмотрим дальнейшие этапы нечеткого вывода на реальных данных (см. табл. 3):

Таблица 3 – Данные части основных средств в активах для ОАО «Укртелеком» за период 1 квартала 2007 г.- 4 квартала 2008 г

Периоды	Часть основных средств в активах	Скользящее среднее части основных средств в активах	Изменение скользящего среднего части основных средств в активах, Bt
1 квартал 2007	0,690102949	0,68085845	
2 квартал 2007	0,671613949	0,67601263	-0,00484582
3 квартал 2007	0,680411303	0,69823183	0,02221921
4 квартал 2007	0,716052365	0,71605237	0,01782053
1 квартал 2008	0,716052365	0,72152056	0,00546819
2 квартал 2008	0,726988752	0,74510365	0,02358310
3 квартал 2008	0,763218556	0,75825183	
4 квартал 2008	0,753285106		

Фаззификация – процесс нахождения значений функции принадлежности нечетких множеств на основе обычных (не нечетких) исходных данных. Целью фаззификации является установление соответствия между конкретным значением отдельной входной переменной системы нечеткого вывода и значением функции принадлежности соответствующего ей терма входной лингвистической переменной [2].

По данным из таблицы 3 были рассчитаны значения функций принадлежности за все рассматриваемые периоды (см рис. 1 и табл. 4). Например, для значения B_t=-0,00484582 $\mu(B_t) = 1$.

Таблица 4 – Фаззификация по данным изменения скользящего среднего части основных средств в активах

Период, i	Выходные лингвистические переменные		
	Убывает	Неизменно	Возрастает
1	0	1	0
2	0	1	0
3	0	1	0
4	0	1	0
5	0	1	0

Следующий этап нечеткого вывода – агрегация. Это процедура определения степени истинности условий по каждому из правил системы нечеткого вывода [2]. Как видно из примера в базе присутствуют правила вида:

Правило № 1: «Если» “β_1 есть α” «И» “ b_2 есть α” «То» “ b_3 есть γ ”

или

Правило № 2: «Если» “β_1 есть α” «Или» “β_2 есть α” «То» “ β_3 есть γ”.

В случае, если условие правила состоит из нескольких подусловий рассмотренного выше типа, причем лингвистические переменные в подусловиях попарно не равны друг другу, то определяется степень истинности сложного высказывания на основе известных значений истинности подусловий [2]. При этом для определения результата нечеткой конъюнкции (связка "И") использована формула

$$M(A \wedge B) = \min\{M(A), M(B)\}, \quad (1)$$

а для определения результата нечеткой дизъюнкции (связка "ИЛИ")

$$M(A \vee B) = \max\{M(A), M(B)\}. \quad (2)$$

В результате было получено множество $B'' = \{b_1'', b_2'', ...b_n''\}$ - множество значений истинности подусловий.

После этапа агрегации выполняется процесс активации – процесс нахождения степени истинности каждого из подзаключений правил нечетких продукций [2]. Пусть $C = \{c_1, c_2, ...c_n\}$ (n- количество подзаключений в базе правил)- результат активации, при этом степень истинности каждого правила равна

$$c_j = b_j'' * F_j. \quad (3)$$

Для выполнения следующего этапа необходимо определить параметры выходной функции принадлежности. Как уже ранее упоминалось, для выходной лингвистической переменной существуют два значения терма: «предприятие имущественно состоятельно», «предприятие имущественно несостоятельно». Тогда функция принадлежности для выходной лингвистической переменной Имущественная состоятельность предприятия примет вид:

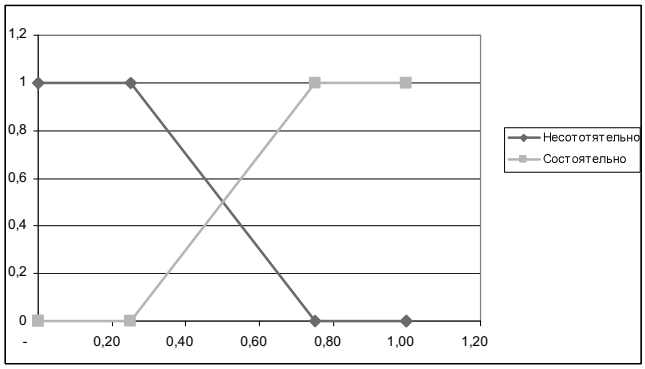


Рис. 2 – Функция принадлежности для выходной лингвистической переменной имущественная состоятельность предприятия

На оси абсцисс откладывается значение степени уверенности в том, что предприятие имущественно состоятельно/несостоятельно.

Таблица 5 – Данные для построения функции принадлежности для выходной лингвистической переменной имущественная состоятельность предприятия

Термы	Ключевые точки для построения функции принадлежности для имущественной состоятельности предприятия					
	-M	a	b	c	d	M
Убывает	0	0	0,25	0,75	1	1
Неизменно	0	0	0,25	0,75	1	1

Определив вид функций принадлежности для каждой из выходных лингвистических переменных, можно переходить к этапу аккумуляции процесса нечеткого вывода. Аккумуляция представляет собой процесс нахождения функции принадлежности для каждой из выходных лингвистических переменных [2]. Данные результата аккумуляции определяют на основе данных активации по формуле

$$\mu_D(x) = \max\{\mu_{c_1}(x); \mu_{c_2}(x); ...\mu_{c_n}(x)\}. \quad (4)$$

Результаты аккумуляции для группы показателей имущественной состоятельности предприятия представлены на рисунке 3 и в таблице 6.

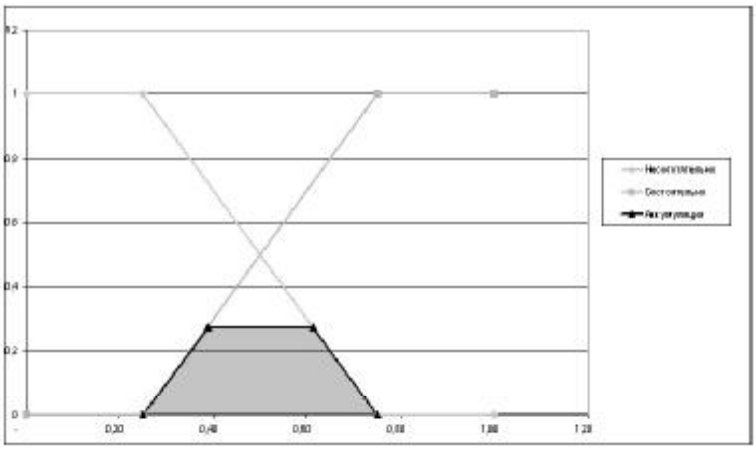


Рис. 3 – Этап аккумуляции нечеткого вывода для лингвистических переменных имущественная состоятельность/несостоятельность предприятия

Таблица 6 – Данные аккумуляции нечеткого вывода для лингвистических переменных имущественная состоятельность/несостоятельность предприятия

Период	Значения аккумуляции по периодам
1	0,273728064
2	0,007749602
3	0,196963809
4	0
5	0,203411242

Этап дефаззификации в данной системе выполнялся на основе метода правого модального занчения:

$$y = \max\{x_m\}, \quad (5)$$

где x_m – модальное занчение нечеткого множества для выходной переменной после аккумуляции.

Процесс дефаззификации представляет собой процедуру нахождения обычного (не нечеткого) значения для каждой из выходных лингвистических переменных [2].

В случае применения данного метода значение дефаззификации для выходной лингвистической переменной имущественная состоятельность предприятия значение y= 0,61313597 говорит о том, что по данным финансовой отчетности за исследуемый период с вероятностью 0,61 предприятие ОАО «Укртелеком» имущественно состоятельно.

Все вышерассмотренные этапы нечеткого вывода проводятся для остальных показателей финансового состояния предприятия.

Рассмотренный алгоритм нечеткого вывода наиболее близок к классическому алгоритму Ларсена. Формально алгоритм определяется следующим образом:

— формирование базы правил;
— фаззификация входных переменных;

Агрегирование подусловий в нечетких правилах продукций. Используются парные нечеткие логические операции для нахождения степени истинности условий всех правил нечетких продукций (как правило, max-дизъюнкция и min-конъюнкция). Те правила, степень истинности условий которых отлична от нуля, считаются активными и используются для дальнейших расчетов.

Активизация подзаключений в нечетких правилах продукций. Выполняется по формуле

$$\mu'(x) = c_i * \mu(y), \quad (6)$$

где $\mu(y)$ – функции принадлежности терма, который является значением некоторой входной переменной заданной на универсуме.

Аккумуляция заключений нечетких правил продукций. Выполняется по формуле 4. для объединения нечетких множеств, соответствующих термам подзаключений, относящихся к одним и тем же выходным лингвистическим переменным.

Дефаззификация выходных переменных. Используется любой метод дефаззификации [2].

Выходные данные групп показателей сформируют базу для второго этапа нечеткого вывода.

Введение в систему второго этапа нечеткого вывода обусловлено необходимостью более понятно, цельно и широко описать и охарактеризовать экономическое состояние предприятия в целом.

Выходные лингвистические переменные второго уровня характеризует экономическую привлекательность предприятия на рынке:

K1=Рыночная стабильность предприятия = {«Предприятие стабильно», «Предприятие нестабильно»}

K2=Экономическая перспективность предприятия = {«Предприятие перспективно», «Предприятие неперспективно»}.

Подробное исследование второго этапа нечеткого вывода будет проведено в дальнейших исследованиях.

На основании проведенной формализации разрабатывается программная реализация системы, которая предназначена для контроля финансовых и подобных им объектов в реальном времени с возможностью оповещения о результатах контроля. К контролируемым объектам могут быть отнесены банковские платежи, финансовые и бухгалтерские отчеты, сообщения от других автоматизированных бизнес-систем.

Функциональностью данной системы является:

— контроль за доходной и расходной частями бюджета подконтрольной фирмы или ее филиала, деловых партнеров, которые получили инвестицию или кредит на определенных условиях, застраховали имущество или финансовые риски;

— прогнозирование срока и размеров поступления доходов, как по месяцам, так и на перспективу – 1, 2, 3, 4, 5... лет;

— рациональное использование средств и учет необходимых расходов, связанных с системой налогообложения, договорных и других обязательств;

— оптимизация платежей в бюджет;

— прогноз вероятных негативных и позитивных рыночных факторов и убытков ;

— обеспечение прозрачности текущего и перспективного планирования, фактических потоков имеющихся средств и текущих платежей;

— контроль нецелевого использования финасовых средств и предотвращение непродуманных действий руководителей исполнительных дирекций.

— защита бизнеса и перспективных проектов от непродуманих действий партнеров и злоумышленных акций конкурентов при попытке „получить дивиденды” за счет компании;

Задачи, преследуемые системой:

1. Предоставление подсказок менеджерам, как оптимизировать финансово хозяйственную деятельность:

— сколько и какие доходы ожидаются к поступлению;

— когда и какие расходы нужно оптимально возместить;

— напомнить когда и какие платежные обязательства следуют;

— последствия несвоевременного выполнения принятых обязательств (пеня, штрафы);

— полный комплекс дополнительных советующих материалов для эффективного текущего и перспективного планирования.

Выполняя первую задачу разрабатываемый комплекс, кроме подсказок, систематизирует и анализирует действия менеджеров, формирует отчет – оценивающий уровень квалификации персонала и правильности их действий.

2. Предотвращение финансовых злоупотреблений или ошибок:

— защита интересов инвестора, кредитора, заемщика;

— недопущение нецелевых платежей, как по видам, так и по объемам, структуре платежей, независимо от мотивации менеджеров исполнительных дирекций и их финансовых руководителей;

— оперативное информирование кредитора, инвестора, о попытках несанкционированной финансовой деятельности.

Выполняя вторую задачу комплекс не пропускает к оплате неразрешенные платежи, мгновенно формирует отчет и направляет соответствующие сообщения правлению компании, финансирующему банку, страховой компании, инвестору(рам) (формирует SMS – сообщение на мобильные телефоны, блокирует платежи в системе “клиент-банк” и т.п.)

Структурную схему системы можно представить следующим образом:

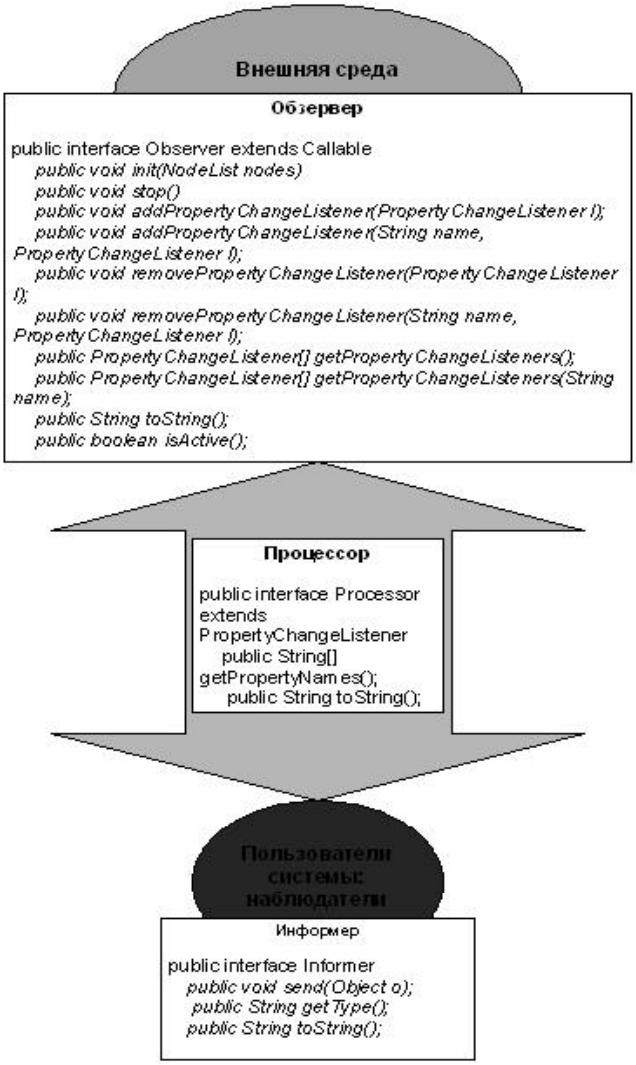


Рис. 4 – Структурная схема системы мониторинга финансовой деятельности предприятия

Ядро приложения состоит из 3-х пакетов:

— пакет observers: пакет классов, собирающих информацию с внешней среды об экономическом состоянии предприятия;

— пакет processors: пакет для процессов обработки контролируемых объектов;

— пакет informers: пакет классов формирования отчетов

Таким образом, в процессе работы приложения сборщики информации внешней среды (observers) передают информацию соответствующему слушателю. Затем накопленные и подготовленные к обработке данные передаются процессорам приложения (processors). Процессоры в зависимости от установок и особенностей реализации математических моделей, принимают решение по поводу проведенной экономической манипуляции в рамках конкретного предприятия. После чего полученные в ходе обработки и анализа данные предоставляются пользователю (informers).

Выводы

Дальнейшим развитием проекта являются методы эволюционных вычислений. Так, в систему будут внедряться генетические алгоритмы, которые будут подстраивать параметры модели.

Программные наработки на данном этапе позволяют провести все этапы нечеткого вывода, что позволит при дополнительных доработках проводить эксперименты на реальных данных, оценивать эффективность работы системы.

Подводя итоги можно заключить, что по результатам применения построенной модели к реальной финансовой статистике были получены результаты, близко коррелирующие с реальным состоянием предприятия. Таким образом, на данном этапе исследования выбранный подход подтвердил свою состоятельность и результативность.

Проанализировав экономические показатели за несколько периодов, можно оценить экономическую перспективность предприятия и его стабильность. Это наиболее цельно характеризует предприятие, имеет большую практическую ценность как инструмент поддержки принятия решений высшего руководства.

Литература

1. (http://www.managment.aaanet.ru/infor/4.php) - Тенденции развития информационных технологий, Кафедра теории и технологии менеджмента ЮФУ
2. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATHLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.: ил.
3. Ізмайлова К.В. Фінансовий аналіз: Навч. посіб. – К.: МАУП, 2000. – 152с.:іл. – Бібліогр.: с. 142-144.

УДК [636.085.55:678.027.3]:005

ИМИТАЦИОННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ЭКСТРУДИРОВАНИЯ БИОПОЛИМЕРОВ КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

Хобин В.А., д-р техн. наук, профессор, Егоров В.Б., аспирант
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Рассматривается решение комплекса задач получения и реализации в имитационной форме математической модели процесса экструдирования биополимеров как объекта управления. Специфика решения – невозможность аналитического описания процесса и его полного экспериментального исследования.

The decision of a complex of tasks of reception and realization in the simulation form of mathematical model of biopolymers extrusion process as control object is considered. Specificity of the decision – the impossibility of the analytical description of process and its full experimental research.

Ключевые слова: экструдирование, биополимеры, объект управления, идентификация, имитационная модель, тестирование.

Постановка задачи. Существующие штатные системы автоматического управления (САУ) процессом экструдирования биополимеров (ЭБП), реализуют, как правило, только функцию регулирования (стабилизации) тока нагрузки приводного электродвигателя (ПЭД) экструдера и температуру его головки (матрицы), см., например, [1]. Практика показывает, что они не могут обеспечить устойчивое функционирование экструдера в энергетически эффективных режимах и, одновременно, высокие показатели качества готового продукта. Главные причины этого – динамично изменяющиеся характеристики компонентов сырья, их состав в рецептуре производимых продуктов, износ рабочих органов, колебания напряжения питающей сети, наличие ограничений, накладываемых регламентом ведения процесса ЭБП на диапазоны изменения его параметров [2]. Это обуславливает актуальность задачи совершенствования САУ ЭБП. В основу такого совершенствования должны быть положены современные достижения в теории автоматического управления, информационных технологиях и программно-техническом обеспечении систем автоматизации. Их применение должно позволить повысить качество реализации «старой» функции – функции регулирования и реализовать новые – функцию измерения в реальном времени некоторых параметров готового продукта на выходе из экструзионной головки, функцию гарантирования и функцию оптимизации режима ЭБП [3].

Провести разработку САУ с такими свойствами возможно только с применением адекватных математических моделей (ММ). В [4] была обоснована концептуальная модель процесса ЭБП как объекта управления (ОУ). При этом подчеркивалось, что она является первым этапом разработки такой ММ. Ее

главная цель – составить объективную основу разработки эффективной САУ процессом. Развитие концептуальной модели предполагает математическое описание свойств каналов управления и действующих возмущений, а также взаимосвязей между ними. Особенно важна такая ММ для разработки тех подсистем САУ, динамика работы которых соответствует (определяется) динамикой процесса ЭБП. Работа именно этих подсистем будет определять такие фундаментальные свойства САУ как устойчивость, точность, и, следовательно, в конечном итоге – ее достижимую эффективность.

Принципиально важным для адекватности и конструктивности является выбор метода получения ММ. В [5], судя по названию работы, предпринималась попытка решить такую задачу на основе аналитических методов. Однако, название работы плохо отражает ее фактическое содержание, т.к. полученные модели являются моделями статики с большим количеством допущений и для частного случая. Конструктивно использовать их для разработки САУ ЭБП невозможно. Возьмем на себя ответственность утверждать, что более или менее корректно описать динамические свойства указанных каналов ОУ возможно только на основе экспериментальных методов.

Анализ и синтез САУ с нестационарными и нелинейными объектами, с функционально и структурно сложными алгоритмами управления не могут быть реализованы на основе аналитических (классических) методов без самого существенного упрощения задачи. Признанная альтернатива таким методам – компьютерное имитационное моделирование, т.е. – машинные эксперименты с имитационными моделями САУ. Поэтому разрабатываемая ММ процесса ЭБП должна быть доведена до ее реализации в среде имитационного моделирования.

Проблемы идентификации и обоснование технологии их преодоления. Проблемы идентификации ММ процесса ЭБП, т.е. получение математического описания процессов по результатам его целенаправленных экспериментальных исследований, обусловлены его сложностью как ОУ. Причины сложностей подробно рассмотрены в [2, 4]. Они, как уже отмечалось ранее, делают малоконструктивным и аналитический подход к получению моделей.

Экспериментальный подход, в данном случае, хотя и дает гораздо более достоверные результаты о свойствах процесса, но они отражают лишь частные случаи общих свойств, которыми обладает процесс ЭБП как ОУ. Попытка получения таких общих свойств на основе экспериментальных данных неизбежно привела бы к необходимости проведения весьма сложных и длительных многофакторных экспериментов, нетривиальных процедур их обработки [6], проблемам совместимости результатов, полученных с различными интервалами во времени. Но даже проведение таких экспериментов, к сожалению, оставит открытым вопрос об адекватности модели для тех условий ведения процесса и видов сырья, которые не были ими охвачены.

Принципиально важен тот факт, что ММ процесса ЭБП разрабатывается как модель ОУ. Такая модель, в общем случае, может использоваться двояко. Во-первых, для разработки САУ, например, с использованием процедур имитационного моделирования, где на первое место выходит решение задач устойчивости и динамической точности замкнутых контуров управления. Во-вторых, для использования непосредственно в процессе управления, т.е. для расчета тех или иных управляющих воздействий по модели в разомкнутых цепях САУ.

Очевидно, что второе направление применения требует достаточно точных моделей. Но, уже на этапе разработки концепции управления процессами ЭБП и вариантов структурных схем САУ, от такого применения моделей отказались. Первое направление применения моделей не ставит таких жестких требований к ним. Это обуславливается тем, что в замкнутых контурах САУ несоответствия моделей можно рассматривать как проявление неконтролируемых координатных и параметрических возмущений. Именно в условиях такого рода возмущений САУ и должна выполнять свое функциональное назначение.

Разрабатываемая ММ процесса ЭБП будет применяться нами только по первому направлению, когда большую значимость имеют не столько количественное, сколько качественное ее соответствие объекту-оригиналу. Учитывая это, целесообразно отказаться от подходов, ориентированных только на формализованные технологии получения требуемых моделей. Более эффективным в такой ситуации, на наш взгляд, будет системный подход, [7], сочетающий в себе и формализованные и неформализованные технологии, и который может быть назван экспериментально-эвристическим. Он призван объединить объективные знания о характеристиках процесса, получаемые в ходе натурных экспериментов, с субъективными знаниями (пониманием) разработчиком сущности протекающих процессов, в частности – физически достижимых диапазонов изменения основных переменных.

Выбор такого подхода связан с надеждой получить физически обоснованную и качественно адекватную модель процесса ЭБП как ОУ на основе ограниченного количества экспериментов. Эвристическая составляющая подхода включает понимание сущности преобразования энергии при ее подводе к экструдируемому материалу от нагревателей, при совершении над материалом механической работы в разных частях экструдера, влияния на характеристики этих преобразований свойств этого материала, в частно-

сти, его влажности, а также других факторов – напряжения питающей сети, сечения канала истечения материала через головку экструдера и т.д. Эта составляющая должна определить внутреннюю структуру модели (взаимосвязи между переменными) и обеспечить согласование эвристических и экспериментальных знаний. Здесь, прежде всего, имеются в виду проблемы выбора значений коэффициентов модели. Формально эту задачу можно было бы свести к задаче параметрической оптимизации. Но очень большое количество этих коэффициентов (аргументов оптимизации), их значительная взаимосвязь (взаимозависимость), ограниченность экспериментальных данных делает такую задачу некорректной. Поэтому проблема выбора значений коэффициентов сводится к субъективной процедуре, основу которой составили интерактивные машинные эксперименты с настраиваемой моделью.

Результаты экспериментальных исследований процессов ЭБП и идентификации моделей его отдельных компонентов. Все экспериментальные исследования процессов ЭБП проводились на экструдере Е-150 [8] в рамках разработанного автоматизированного рабочего места (АРМ) исследователя [9].

1). Вибропитатель, как автономное устройство экструдера, был исследован по каналу «$u_п$ – $Q_о$», [4], для двух видов продуктов – пшеницы и сои. По результатам экспериментов были сделаны следующие выводы: а) вибропитатель, как динамическое звено общей системы можно считать практически безынерционным; б) вибропитатель имеет существенную зону нечувствительности, $u_п^{зн} \approx 10$ % у.в., которую можно принять одинаковой для различных видов продукта; в) рабочий диапазон управляющих воздействий вибропитателя не превышает 15…20 % $u_п$, в абсолютных единицах он составляет 10…(25…30) % $u_п$; г) изменение объемной производительности в функции $u_п$ имеет квадратичный характер.

Фрагмент результатов исследований питателя и идентификации моделей его статических свойств (характеристик) приведены на рис. 1.

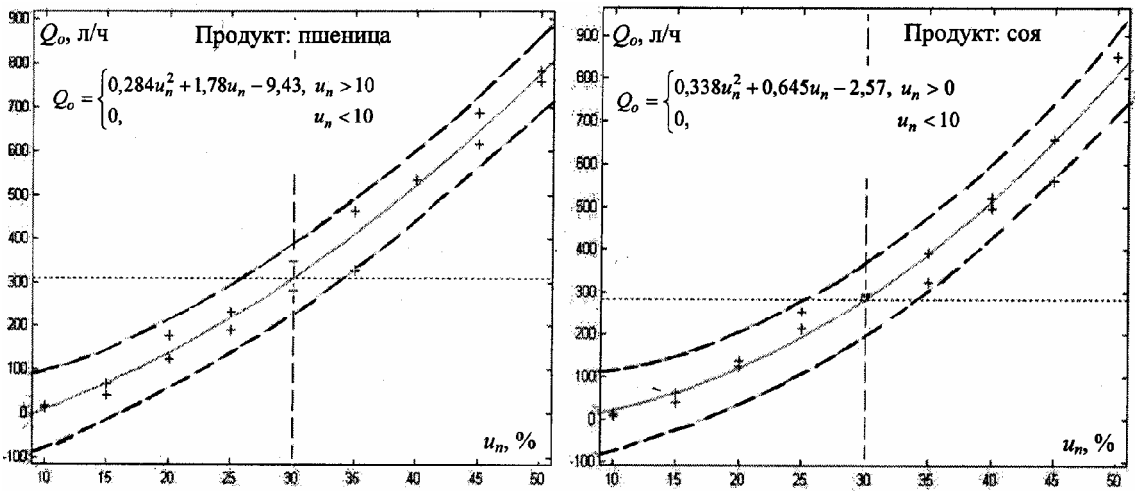


Рис. 1 – Статические характеристики вибропитателя экструдера типа Е-150 для различных продуктов и его модели

2). Предварительные экспериментальные исследования динамики изменения регулируемых переменных подтвердили существенное различие в динамике прямых и перекрестных каналов управления, связанных с изменением тока ПЭД и температур экструдата во всех зонах. Это, в определенной мере, упростило задачи исследований, т.к. позволило изучать динамику этих каналов как относительно независимых. На рис. 2а представлен фрагмент результатов экспериментов по исследованию динамических свойств канала «$u_п$ – $I_{ПЭД}$», и пример процедуры идентификации его типовой модели динамики второго порядка с запаздыванием с применением методики «двух общих точек» Мининой. На рис. 2б представлен фрагмент результатов экспериментов по исследованию динамических свойств прямых и перекрестных каналов управления температурными режимами прессования и экструдирования, а также пример процедуры и результатов параметрической идентификации типовых моделей первого порядка с запаздыванием по результатам этих экспериментов.

Принципиально важно, что процесс нагрева зон прессования и головки экструдера ТЭНами является процессом с распределенными параметрами. Для упрощения получения его ММ целесообразно перейти от модели с распределенными параметрами к ячеистой модели. Ячейки, параметры которых будем считать сосредоточенными, взяты в соответствии с конструктивными особенностями экструдера. Их четыре: три зоны, где расположены ТЭНы и головка экструдера. Все они имеют датчики температуры. Подчерк-

нем, что эти датчики измеряют температуру не продукта, а соответствующих механических конструкций. Выходными переменными моделей нагрева зон являются их температуры θ_i, $i = \overline{1;4}$, $\theta_4 \equiv \theta_г$, а входными переменными являются управляющие воздействия на ТЭНы – $u_{н_i}$, $i = \overline{1;3}$, температуры «предыдущих» и «последующих зон» θ_{i-1}, θ_{i+1}, температура окружающей среды $\theta_{ос}$, и переменные, изменяющие θ_i за счет изменения температуры продукта $T_{продi}$, обозначенные на схеме имитационного моделирования (см. следующий раздел статьи) как $+dT_i$ и $-dT_i$. В единую модель отдельные модели ячеек (зон) объединяют перекрестные связи, описывающие процессы теплообмена между зонами. Отметим, что переменные $T_{продi}$ и $\pm dT_i$ в реальных условиях измерены быть не могут, поэтому эти переменные присутствуют в явном виде (как и их обозначения) только в имитационной модели процесса. Модель каждой ячейки (зоны) учитывает изменение ее температуры не только за счет подвода тепловой энергии от ТЭНа, но и за счет теплообмена с экструдируемым продуктом, который может, как повышать, так и понижать температуру зоны, а также теплообмен с окружающей средой.

Процесс движения экструдируемого материала вдоль оси экструдера также является процессом с распределенными параметрами (по координате перемещения). Он также описывается нами ячеистой моделью аналогичной структуры. Входными переменными этих моделей являются: температура окружающей среды – $\theta_{о.с.}$ (Temp_okr_sr); температура нагрева зон экструдера – θ_i (Tempi); влажность продукта (сырья) на входе в экструдер – W; расход продукта (производительность питателя) – Q_o; время перемещения продукта до первой зоны, время пребывания продукта в каждой из зон – τau_zonei. В единую модель отдельные модели ячеек, т.е. модели движения продукта в i-тых зонах объединяют: а) последовательные связи по температурам продукта в зонах $T_{продi}$; б) параллельные связи по «затратам» относительного момента вращения на валу ПЭД – dM_i; в) обратные связи по $\pm dT_i$, замыкающиеся через соответствующие модели нагрева i-тых зон. Выходными переменными моделей движения продукта по зонам являются: температуры продукта на выходе каждой зоны $T_{продi}$; относительный момент сопротивления dM_i, приведенный к валу ПЭД и связанный с совершением работы по деформации и перемещению продукта; переменные $+dT_i$, изменяющие θ_i за счет изменения температуры продукта $T_{продi}$. Модель каждой ячейки учитывает время пребывания продукта в каждой зоне, затраты механической энергии на нагрев продукта, источником которой является ПЭД экструдера, и которая переходит в тепло за счет внутреннего трения в продукте при его деформации и внешнего трения продукта о цилиндрические стенки и винтовую поверхность шнека, в т.ч. при изменении его расхода и влажности. Подчеркнем следующие особенности этих моделей: а) выходные переменные моделей на реальном экструдере физически не измеряются (это уже отмечалось ранее), т.к. это либо представляет собой значительные технические трудности, либо принципиально невозможно; б) в силу п. «а» эти переменные не могут непосредственно быть использованы в процедурах идентификации моделей и/или проверки их адекватности.

3). Изменения регулируемых переменных при неизменных управляющих воздействиях отражают влияние на эти переменные неконтролируемых возмущений. Результаты исследования динамики изменения тока нагрузки ПЭД экструдера Е-150 при фиксированных режимах работы (т.е. при неизменных свойствах сырья и неизменных значениях управляющих воздействий) позволяют сделать следующие выводы: а) такие режимы не могут быть длительными, т.к. в силу неизбежного действия возмущений экструдер выходит на недопустимые режимы работы; б) переменная $I_{ПЭД}(t)$ имеет составляющую случайного характера, но, по крайней мере, для интервалов времени, где фиксированные режимы возможны, они не обладают статистической устойчивостью.

Все это предопределяет невозможность и низкую степень полезности регистрации в таких режимах изменения температур в зонах прессования и экструдирования с целью получения моделей возмущений этих переменных. Вместе с тем, разработка САУ с применением методов имитационного моделирования требует воспроизведения имитационных моделей неконтролируемых возмущений. Отказавшись от неконструктивного пути их экспериментальных исследований, нами были сформулированы определенные принципы формирования моделей таких возмущений и их некоторые свойства, которые позволят корректно решать задачу последующих этапов разработки САУ процессами ЭБП: а) возмущения должны быть приведены к физически обусловленным переменным, что позволит обоснованно задать некоторые характеристики возмущений; б) характеристики моделей возмущений должны гарантировано быть не менее сложными для задач компенсации последствий возмущений, чем характеристики реальных возмущений; в) в соответствии с требованиями «б» принято, что модели возмущений должны включать в себя составляющие различных частот, которые, в том числе – случайные, во взаимосочетании, будут воспроизводить (моделировать) «неблагоприятные» и «благоприятные» условия ведения процесса.

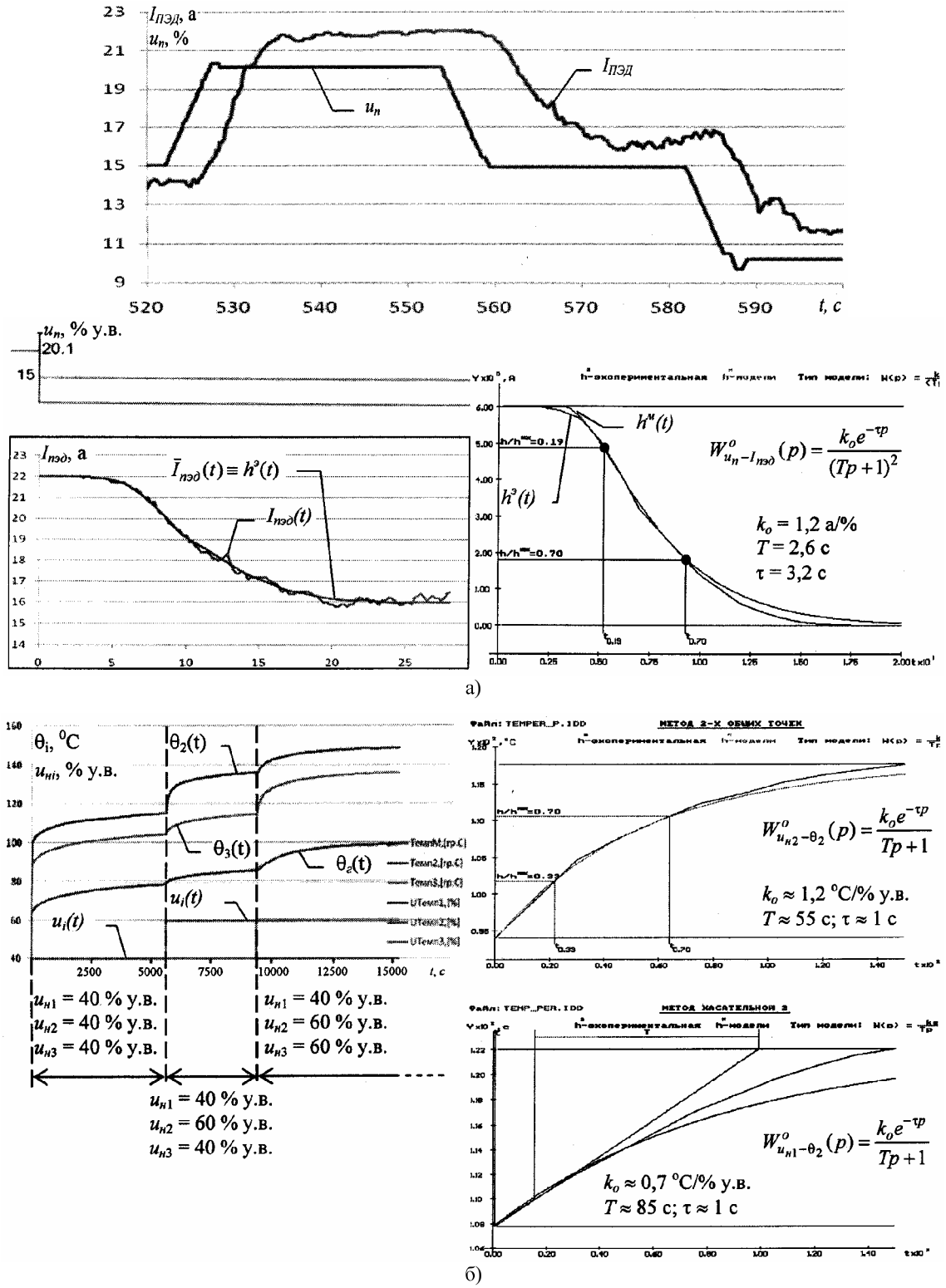


Рис. 2 – Фрагменты результатов экспериментальных исследований динамических свойств каналов ОУ и результаты идентификации их типовых моделей: а) канал управления нагрузкой ПЭД; б) каналы управления (прямые и перекрестные) температурным режимом прессования и экструдирования

В качестве переменных, к которым приведены возмущения, были выбраны напряжение питающей сети и влажность продукта на входе в экструдер. Отметим, что изменение напряжения сети непосредственно изменяет $I_{ПЭД}$ и u_n, а влажность – силы внутреннего и внешнего трения экструдата и его теплоемкость. Для напряжения принят мультипликативный вариант приведения возмущений, а для влажности – аддитивный:

$$U_{сети}(t) = f_{U_{сети}}(t)\, U_{сети}^{ном};\ w(t) = w^{ном} + f_w(t), \tag{1}$$

где $f_{U_{сети}} = 1 + 0{,}075\sin(2\pi/3600)t + 0{,}05\sin(10\cdot 2\pi/3600)t + \widetilde{f}_{U_{сети}}(t)$,

$$f_w = 15 - \frac{10}{3600}\int_0^t \{sign\sin(2\pi/3600)\}dt + \widetilde{f}_w(t).$$

Составляющие $\widetilde{f}_{U_{сети}}(t)$ и $\widetilde{f}_w(t)$ генерируются в форме случайных процессов на основе генераторов квазибелого шума с единичной дисперсией и формирующих фильтров второго порядка с передаточными функциями:

$$W^{фф}_{f_{U_{сети}}}(p) = \frac{0{,}15}{(12p+1)^2}; \qquad W^{фф}_{f_w}(p) = \frac{7}{400p^2 + 40p + 1}, \tag{2}$$

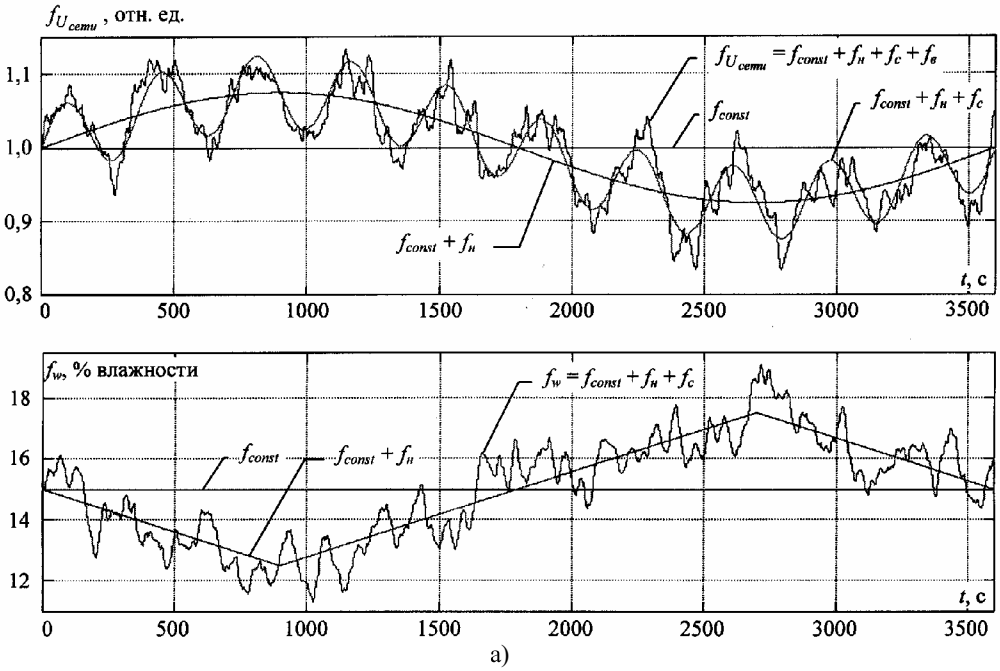
где $p \equiv d/dt$ – оператор дифференцирования.

При этом заданные корреляционные функции и спектральные плотности моделей для $\widetilde{f}_{U_{сети}}(t)$ и $\widetilde{f}_w(t)$ имеют вид:

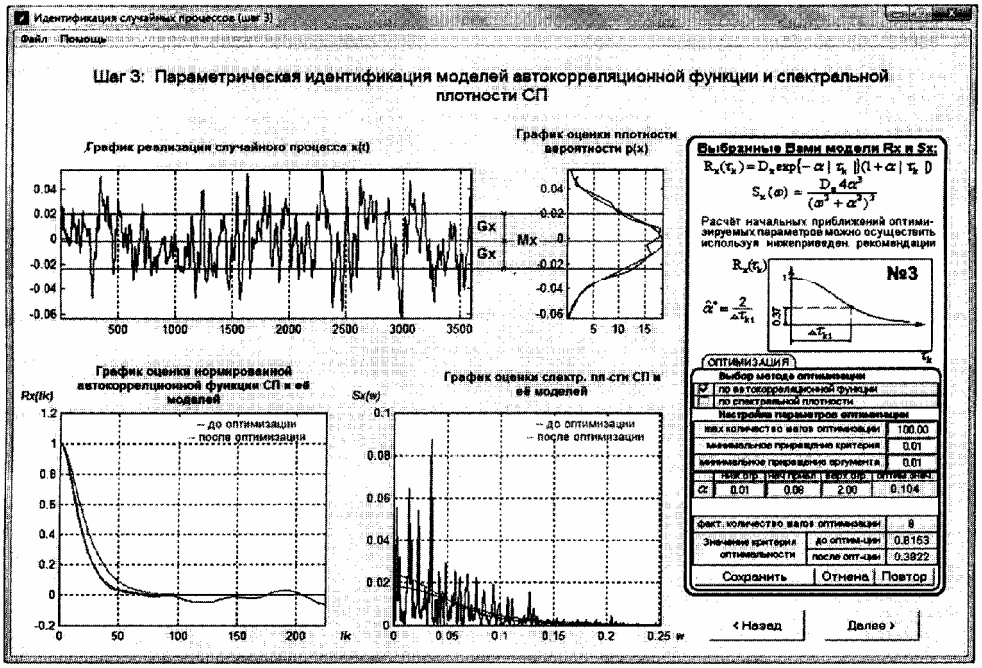
$$R_f(\tau_к) = \sigma_f^2 \exp\{\alpha|\tau_к|\}(1+\alpha|\tau_к|); \qquad S_f(\omega) = \sigma_f^2\, 4\alpha^3/(\omega^2+\alpha^2)^2. \tag{3}$$

где параметры моделей для $\widetilde{f}_{U_{сети}}(t)$ – $\sigma_f = 0{,}02$; $\alpha = 0{,}10$ 1/с; для $\widetilde{f}_w(t)$ – $\sigma_f = 0{,}7$ %; $\alpha = 0{,}6$ 1/с.

Схемы моделирования возмущений, временные диаграммы их и их составляющих, результаты оценивания случайных составляющих приведены на рис. 3.



а)



б)

Рис. 3 – Иллюстрация свойств возмущений ОУ: а) фрагменты реализации моделей возмущений и их составляющих, приведенных к каналам изменения напряжения питающей сети и влажности экструдируемого сырья; б) пример результатов тестирования (параметрической идентификации) случайной составляющей модели

4). В качестве ММ ПЭД 4АМ180М6УЗ экструдера Е-150 взята модель рабочих характеристик асинхронных электродвигателей, настроенная по его номинальным характеристикам ($P_{пэд}^{ном}$ = 18,5 кВт; $I_{пэд}^{ном}$ = 26А; $\cos\varphi_{пэд}^{ном}$ = 0,85; $\eta_{пэд}^{ном}$ = 0,88).

Реализация ММ процесса ЭБП в форме имитационной модели. В качестве среды моделирования использован специализированный пакет расширения системы MATLAB для моделирования динамических систем Simulink, [10]. Все приведенные здесь схемы имитационных моделей получены встроенными в Simulink средствами интерактивного визуального программирования, которые, одновременно, являются графическим отображением программы моделирования. Отметим, что в данной статье, все математические преобразования, осуществляемые в моделях, приведены только в форме максимально детализированных структурных схем их имитационных форм. Она, на наш взгляд, обеспечивает в данном случае лучшую наглядность представления ММ и, при необходимости, большую простоту ее воспроизведения, чем представленной в традиционной аналитической форме.

Обобщенная структурная схема полной имитационной модели процесса ЭБП, отражающая описанную выше ММ, приведена на рис. 4. Она включает в себя имитационные модели питателя, рабочих зон экструдера, включая три зоны прессования и зону экструдирования, модель ПЭД. Имитационные формы моделей возмущений, приведенных к каналам изменения напряжения питающей сети и влажности экструдируемого сырья, а также модели вибропитателя приведены на рис. 5. В имитационной форме модели вибропитателя реализованы варианты моделей его статических характеристик и, дополнительно, введены инерционные звенья, описывающие динамику заполнения продуктом, и малая константа, предотвращающая деление на «0» в математических операциях последующих блоков имитационной модели.

Примеры структурных схем имитационных моделей процессов нагрева ячеек (зон) прессования и головки экструдера ТЭНами и процессов движения экструдируемого материала через зоны вдоль оси экструдера приведены на рис 6а и 6б. Структурная схема имитационной модели ПЭД приведена на рис. 6в.

Результаты тестирования имитационной модели. Тестирование имитационной модели проводилось в форме машинных экспериментов для заданных условий ведения процесса ЭБП. Особую значимость имели такие машинные эксперименты, для которых условия их проведения совпадали с условиями проведения реальных экспериментов. Сравнение их результатов является важнейшим этапом получения заключения об адекватности модели (на качественном уровне). Приведем здесь, см. рис. 7, результаты некоторых из таких машинных экспериментов, соответствующие тем реальным, результаты которых ранее были представлены на рис. 2. Сравнительный анализ результатов позволяет сделать заключение о высокой степени их соответствия, и качественного и количественного.

Это соответствие является важным, но недостаточным фактором для подтверждения адекватности модели своему объекту-оригиналу. Поэтому были предприняты всесторонние исследования имитационной модели по всем каналам управления и в полных диапазонах изменения управляющих воздействий, при различных условиях экструдирования. Главная задача таких исследований – подтверждения физической непротиворечивости полученной модели для широких областей изменения ее входных переменных, выявление тех областей и условий, где и при которых эта непротиворечивость может нарушаться. В качестве методологии анализа такого соответствия использовался эвристический подход, в основе которого лежит понимание физической сущности процесса ЭБП и работы оборудования, которое его реализует. Фрагменты результатов таких исследований приведены на рис. 8 и 9. На рис. 9 выделена область, в которой процессы в модели по температуре θ_3 противоречат физической сущности процесса – она, в условиях отсутствия нагрева ТЭНов, т.е. при $u_{ni} = 0$, $i = 1…3$, в начале переходного процесса θ_3 начинает, вопреки сущности процесса, уменьшаться до значений ниже температуры окружающей среды. Других нарушений физической сущности процесса не выявлено. Данным нарушением было решено пренебречь, т.к. оно проявляется локально – только в малой области переходного процесса при выходе модели экструдера с режима холостого хода на рабочую нагрузку.

Главный вывод по результатам тестирования – разработанную ММ и ее реализацию в форме имитационной модели можно признать адекватной процессу ЭБП, реализуемого на экструдере Е-150, как объекту автоматического управления. Ее необходимо и можно применять для разработки эффективных САУ указанным процессом, и, прежде всего, алгоритмов, обеспечивающих непосредственное управление переменными процесса, динамика изменения которых соответствует динамике самого процесса.

Заключение.

1. Сделанный вывод об адекватности разработанной ММ процессу ЭБП, реализуемого на экструдере Е-150, как объекту автоматического управления, необходимо рассматривать как предварительный. Окончательное подтверждение адекватности могут дать только результаты испытаний САУ, разработанной на основе этой модели, на реальном экструдере. Вместе с тем, результаты всестороннего тестирования модели дают веские основания для дальнейшей работы с моделью.

2. Технология экспериментально-эвристического подхода, принятая для разработки ММ процесса ЭБП как ОУ, здесь показала свою эффективность. Она проявилась в том, что на основе ограниченного количества экспериментов была получена физически обоснованная и адекватная модель. Эта эффективность, на наш взгляд, обусловлена тем, что при экспериментально-эвристическом подходе объединяются знания объективные, суть которых – характеристики процесса, получаемые в ходе натурных экспериментов, и знания субъективные, суть которых – понимание разработчиком модели физической сущности протекающих процессов.

3. Реализация модели в имитационной форме снимает все ограничения на разработку сложных, в т.ч. существенно нелинейных, алгоритмов управления. При этом специальная организация машинных экспериментов с имитационными моделями САУ, в том числе оптимизационных и вероятностных экспериментов, позволит проводить настройку и тестирование алгоритмов таким образом, чтобы разработанная САУ соответствовала бы двум важным, но противоречивым принципам: оптимальности и робастности.

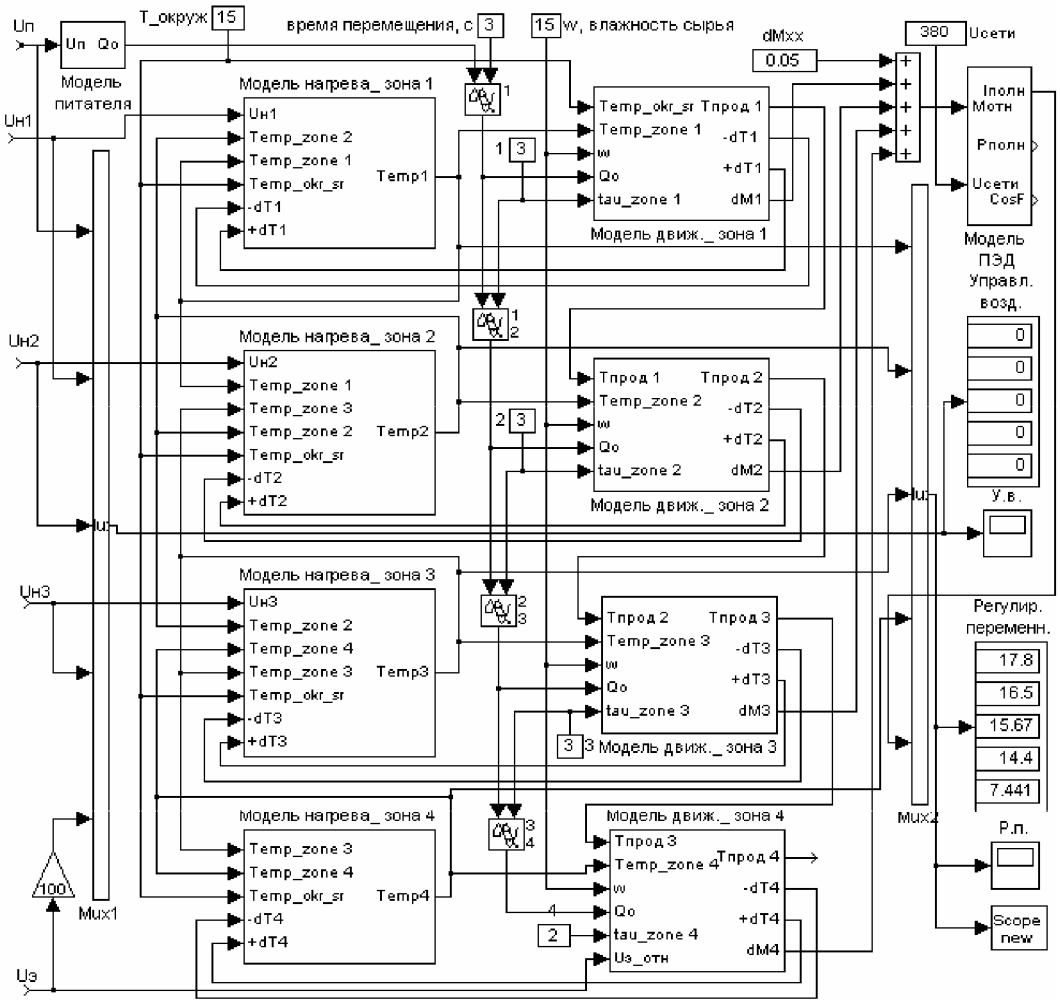


Рис. 4 – Обобщенная структурная схема имитационного моделирования экструдера Е-150 как ОУ

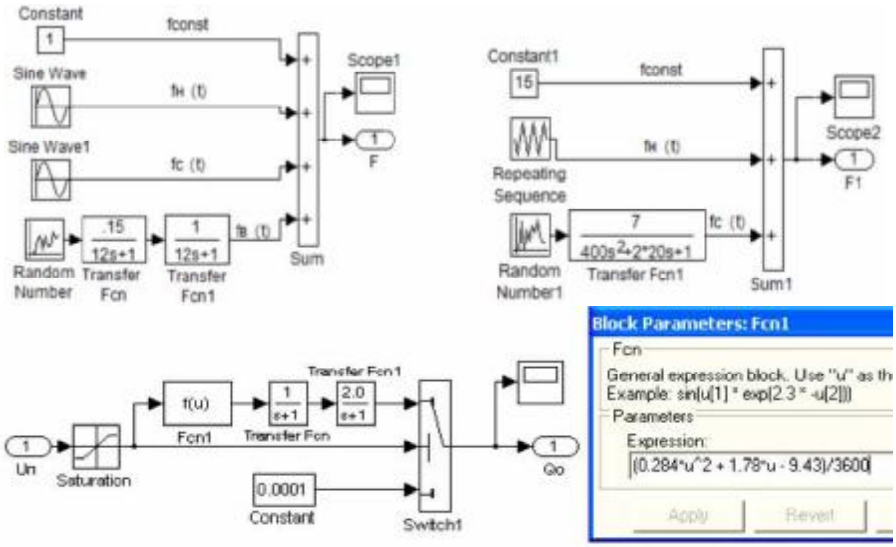
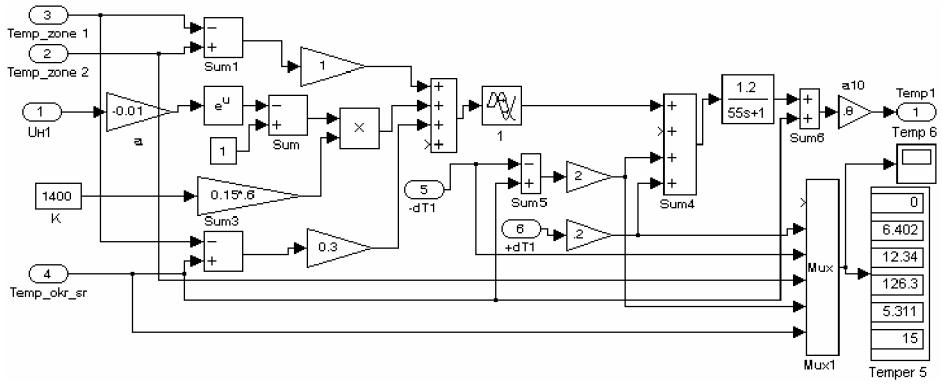
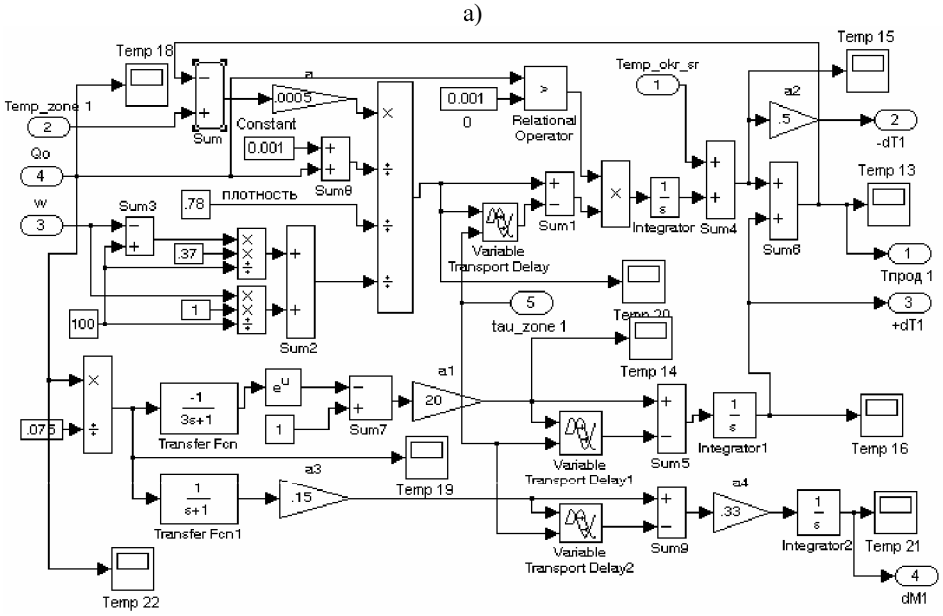


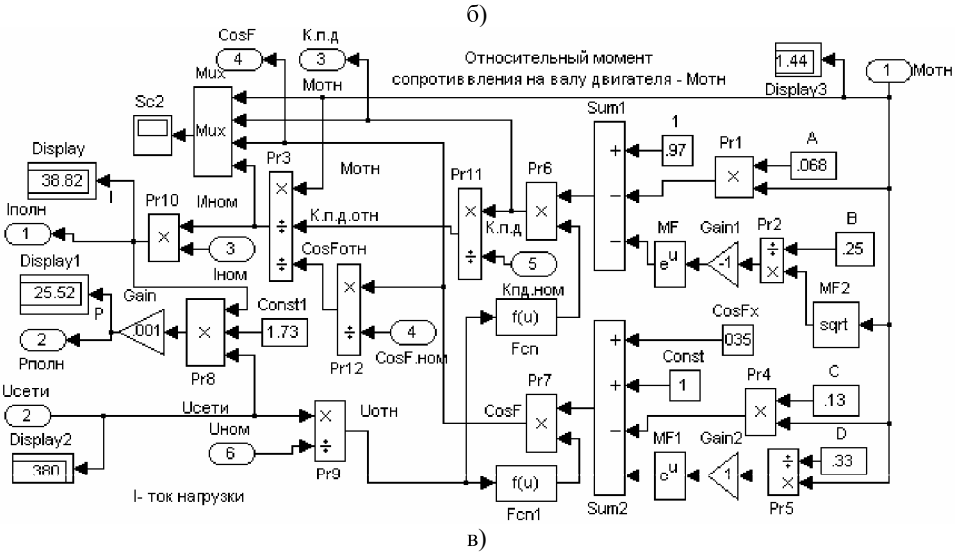
Рис. 5 – Детализированные структурные схемы имитационного моделирования возмущений и вибропитателя



а)

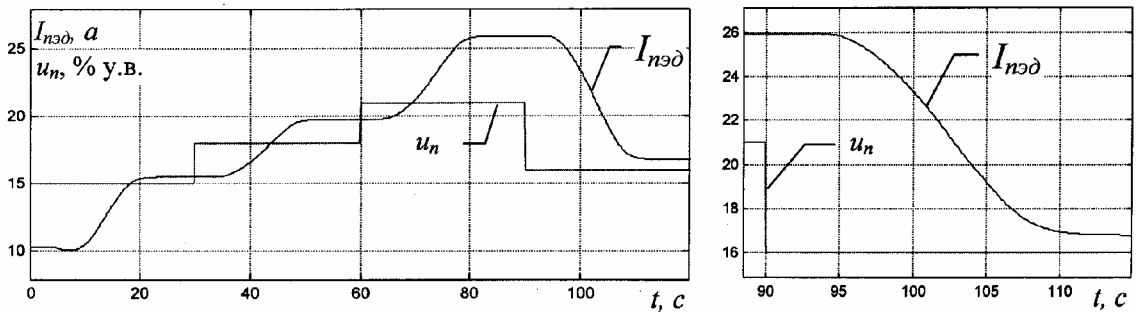


б)

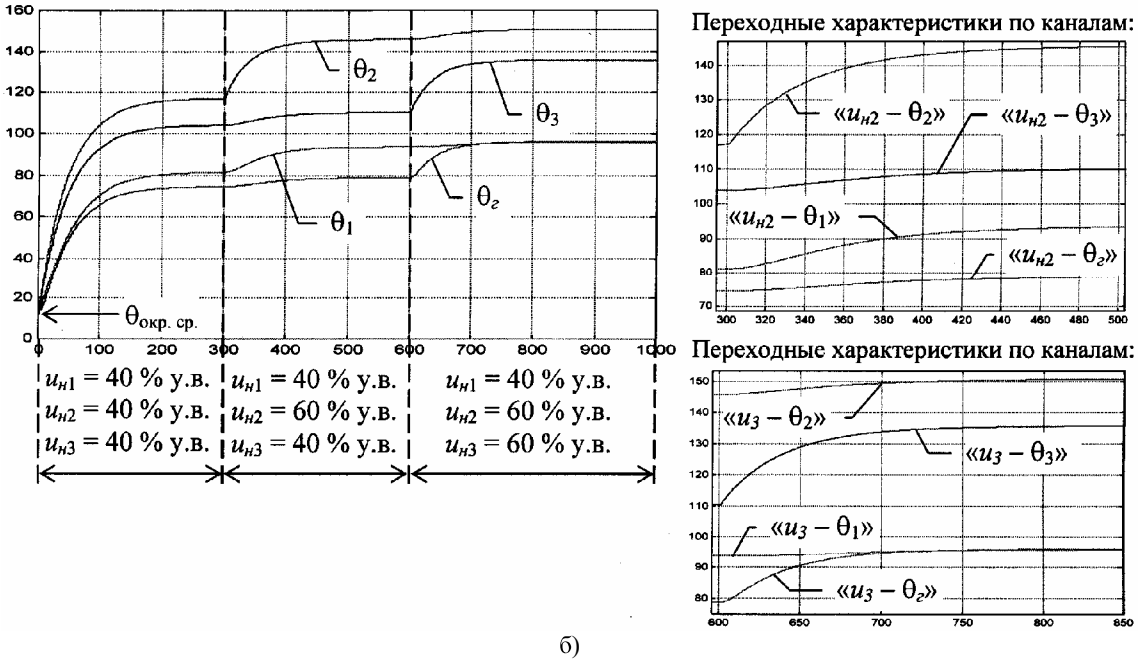


в)

Рис. 6 – Примеры детализированных структурных схем имитационного моделирования: а) нагрева зон прессования и головки экструдера ТЭНами; б) процессов движения экструдируемого материала через зоны вдоль оси экструдера; в) ПЭД экструдера



а)



б)

Рис. 7 – Фрагменты результатов экспериментальных исследований динамических свойств имитационной модели экструдера Е-150: а) каналов управления нагрузкой ПЭД; б) каналов управления (прямых и перекрестных) температурным режимом прессования и экструдирования

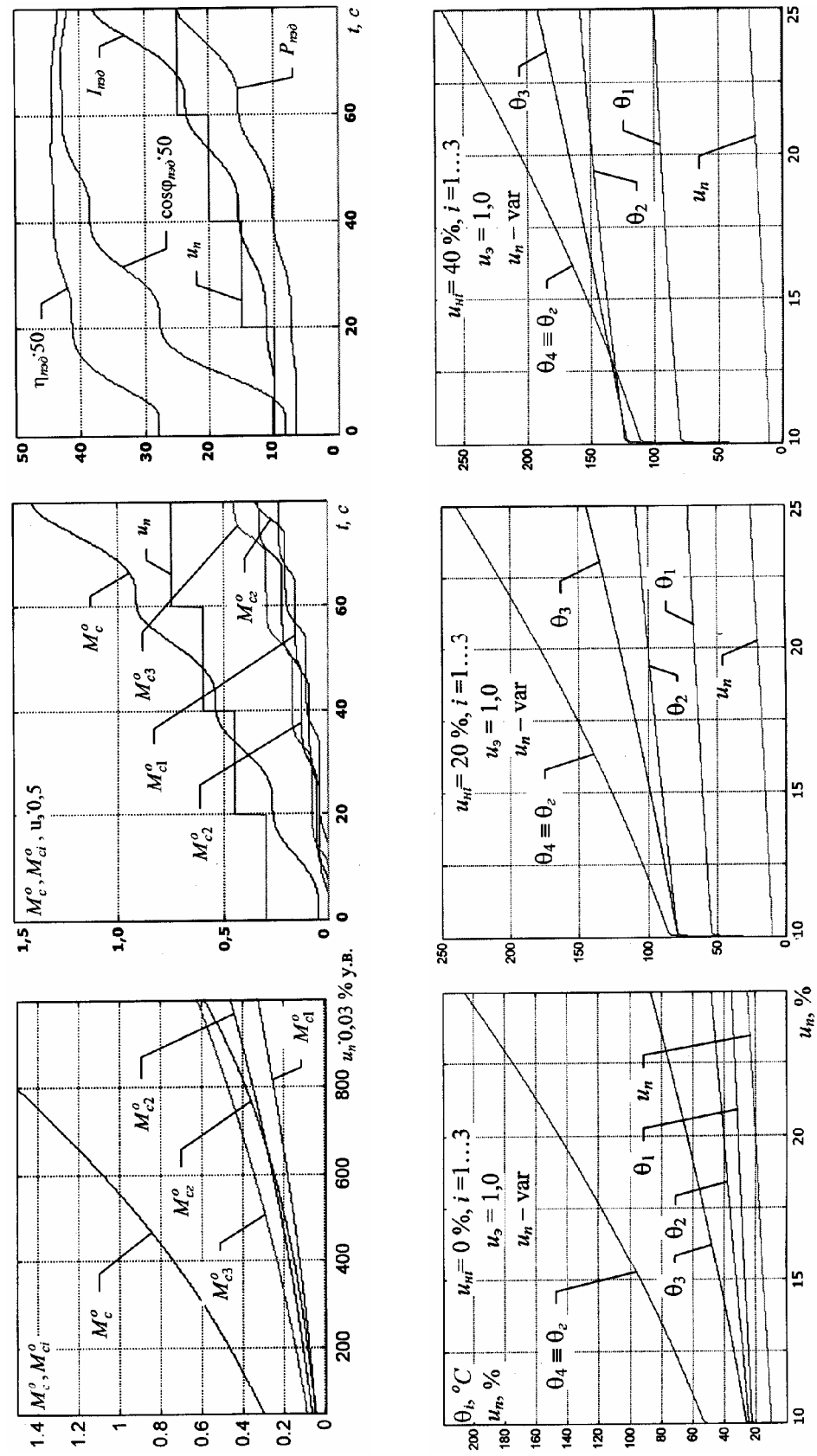
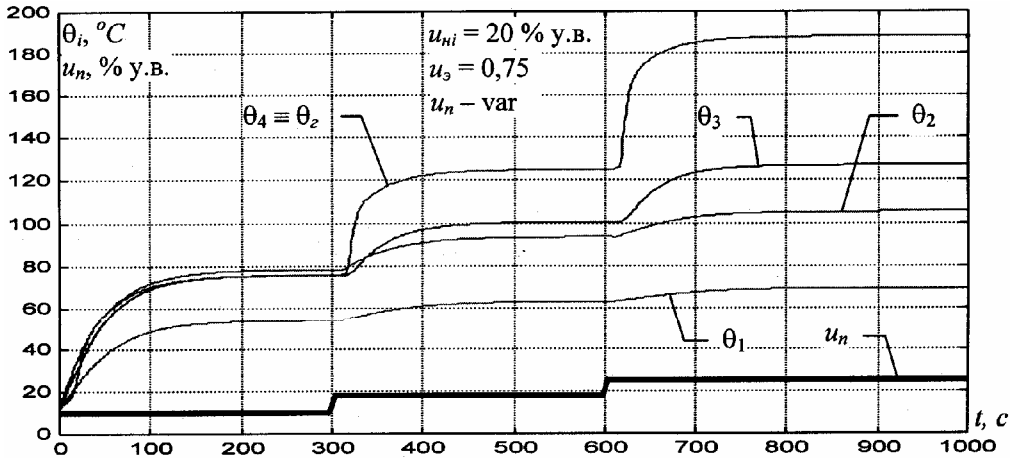
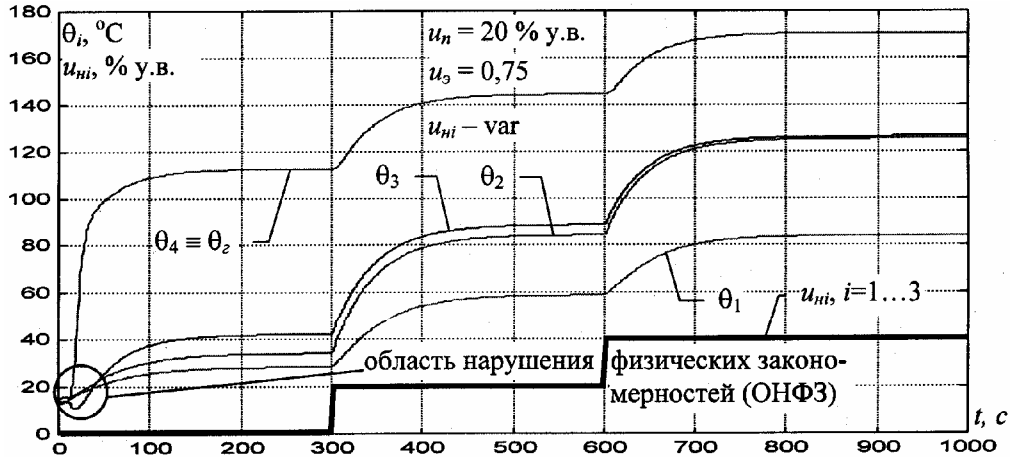


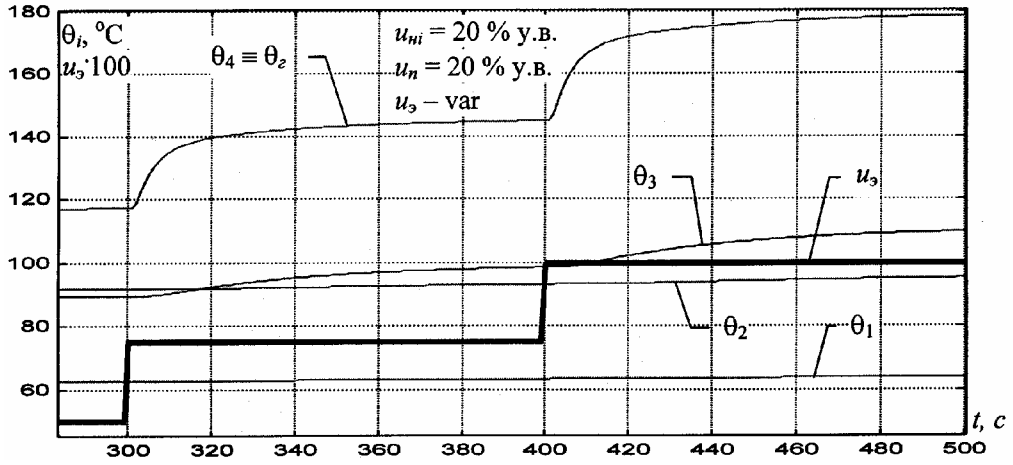
Рис. 8 – Фрагмент результатов тестирования имитационной модели экструдера Е-150 при изменениях подачи продукта на экструдирование (u_n – var)



а)



б)



в)

Рис. 9 – Фрагмент результатов тестирования имитационной модели экструдера Е-150 при изменениях: а) подачи продукта на экструдирование (u_n – var); б) при изменениях нагрева зон прессования ($u_{ні}$ – var); в) при изменениях сечения канала движения материала в экструзионной головке ($u_э$ – var)

Литература

1. Isermann Howard P. Twin-Screw Food Extrusion: Control Case Study // Joel Schlosburg, May 12th, 2005. http://www.rpi.edu/dept/chem-eng/WWW/faculty/bequette/URP/JoelS-presentation.pdf.
2. Хобин В.А., Егоров В.Б. Процесс экструдирования растительного сырья как объект управления: особенности, задачи управления, структура // Мат. XV міжнарод. конф. з автоматичного управління (Автоматика – 2008), м. Одеса, 23 – 26 вересня 2008 року. – Одеса: ОНМА, 2008. – Мат. в 2-х т. – Т. 2. – С. 643 – 646.
3. Хобин В.А., Егоров В.Б. Повышение эффективности процесса экструдирования комбикормов средствами автоматического управления // Зерновые продукты и комбикорма. – Одесса, 2008. – № 3 (31). – С. 53 – 54.
4. Хобин В.А., Егоров В.Б. Концептуальна модель процесу екструдування рослинної сировини як об'єкта управління // Наук. пр. ОНАХТ / Міністерство освіти України. – Одеса: 2009. – Вип. 36. – Т. 2. – С. 246 – 254.
5. Насыров А.Ш. Моделирование процесса экструдирования как объекта управления при переработке материалов растительного происхождения. – Диссер. к.т.н. – Оренбург, 2004. – 162 с.
6. Справочник по теории автоматического управления / Под ред. А.А. Красовского. – М.: Наука, 1987. – 712 с.
7. Шрейдер Ю.А., Шаров А.А. Системы и модели. – М.: Радио и связь, 1982. – 152 с.
8. Экструдеры BRONTO модели Е-150, Е-250, Е-500 и Е-1000 http://www.ekko.com.ua/?newsid=56, http://www.tradingfirm.org/ext.html
9. Егоров В.Б., Степанов М.Т., Хобин В.А. Автоматизированное рабочее место исследователя процесса экструдирования комбикормов: актуальность, функции, программно-техническая структура // Зерновые продукты и комбикорма. – Одесса, 2009. – № 1 (33). – С. 51 – 54.
10. Дьяконов В.П. Simulink 5/6/7: Самоучитель. – М.: ДМК-Пресс, 2008. – 784 с.

УДК 621.867:664.7

АНАЛИЗ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ТРАНСПОРТИРУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ НА ЗЕРНОВЫХ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ С ЦЕЛЬЮ ЕГО ДАЛЬНЕЙШЕГО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Амбарцумянц Р.В., д-р техн. наук., проф., Орлова С.С., канд. техн. наук,, асс.
Одесскаяа национальная академіия пищевых технологий, г. Одесса

В данной работе проведен анализ современного транспортного оборудования,применяемого на зерновых и перерабатывающих предприятиях, даны рекомендации по его дальнейшему усовершенствованию.

In the given work the analysis of the modern transport equipment applied at the grain and processing enterprises is carried out, recommendations about its further improvement are given.

Ключевые слова: транспортное оборудование, конвейер ленточный, скребковый, винтовой, нория.

Важную роль в развитии агропромышленного комплекса играет транспорт. Все виды транспорта общего пользования составляют единую транспортную систему. В структуре перевозимых грузов преобладают: сельскохозяйственные (в значительной мере хлебные), строительные, лесные, каменноугольные, нефтепродуктовые и т.п.

На зерновых и перерабатывающих предприятиях, при выполнении погрузочно-разгрузочных, транспортных и складских работ могут иметь место следующие 4 операции: погрузка – захват груза с постоянного или временного места хранения, перемещение и укладка на транспортное средство (также можно отнести и укладку в транспортную тару); выгрузка – захват и снятие груза с транспортного средства, перемещение и укладка груза на места постоянного или временного хранения (также можно отнести и выемку из транспортной тары); транспортировка – перемещение груза транспортными средствами от места погрузки и места выгрузки; перевалка – когда груз снимают с одного транспортного средства и укладывают на другое.

В зависимости от задач и стратегии предприятий осуществляется выбор транспорта для перемещения грузов. При этом учитывается размещение на предприятии транспорта, технико-экономические особенности различных видов транспорта, определяющие сферы их рационального использования, например, оборудование, применяемое при перевозке на одном виде транспорта, является продолжением технологической линии обработки груза на другом виде транспорта.

При решении задачи рационального выбора типа транспортирующего оборудованиия, обеспечивающего оптимальный технический и экономический эффект, необходимо учитывать следующие факторы: свойства перемещаемого груза; размещение загрузочных и разгрузочных пунктов, а также расстояние между ними; необходимую производительность машины; способ хранения груза в пункте загрузки (в бункерах, штабелях, на стеллажах и т.п.); месторасположения транспортирующей машины (на открытой площадке, в отапливаемом или не отапливаемом помещении и т.д.); размер пространства, отводимого под расположение транспортирующей машины; конфигурацию трассы и ряд факторов, вызванных спецификой транспортирующей машины на производстве (недопустимость загрязнения, шума), требования техники безопасности. Итак, транспортирующие машины характеризуются: назначением, производительностью, направлением и размерами пути перемещения груза.

Наиболее широкое распространение на сегодняшний день для транспортировки груза на предприятиях зерноперерабатывающей и пищевой промышленности получили конвейеры. Рассмотрим действующие конвейеры, изготовляемые отечественными производителями.

Одна из самых распространенных машин непрерывного транспорта с тяговым органом – ленточный конвейер. Ленточные конвейеры бывают стационарными (рис. 1) и передвижными (рис. 2), предназначены для перемещения груза горизонтально и под углом наклона (до 5…8°); трассы конвейеров могут быть горизонтальными; изогнутыми в вертикальной плоскости; горизонтально-наклонными; комбинированными из многих конвейеров; специальными. По типу тягового и рабочего органа ленточные конвейеры бывают: ленточно-канатными; ленточно-цепными (для транспортирования насыпных грузов на большие расстояния).

Конвейер ленточный (стационарный) предназначен для транспортировки зерна и других пищевых или не пищевых сыпучих грузов. В зависимости от длины, нагрузки и скорости перемещения конвейер комплектуется необходимым количеством роликов, а также мотор-редуктором импортного производства с необходимыми параметрами.



Рис. 1 – Конвейер ленточный стационарный

Конвейер состоит: секция приводная; секция натяжная; секция промежуточная; мотор-редуктор; лента (на рисунке не показана); ролик поддерживающий; роликоопора желобчатая регулируемая.

По согласованию с требованиями предприятий конвейер может быть изготовлен реверсивным (до 35 м), оснащен лентой отечественного или импортного производства и укомплектован: датчиком контроля скорости ленты; датчиком контроля схода ленты; датчиком контроля температуры подшипниковых узлов приводного и натяжного барабанов. Техническая характеристика ленточных конвейеров разных марок приведена в табл. 1.

Таблица 1 – Техническая характеристика стационарного ленточного конвейера

Характеристики	Марка конвейера					
	ТЛ-50	ТЛ-65	ТЛ-80	ТЛ-100	ТЛ-120	ТЛ-140
Ширина ленты, мм	500	650	800	1000	1200	1400
Производительность (при ρ = 0,75 т/м^3), т/ч	100	175	350	550	800	1100
Скорость движения ленты, м/с	0,5…0,3					
Длина конвейера, м	до 100					
Мощность двигателя, кВт	до 45 кВт					



Рис. 2 – Конвейер ленточный передвижной КЛП-12,0 «Буржуй»

Конвейер ленточный передвижной (рис. 2) предназначен для загрузки железнодорожного и автомобильного транспорта зернам и другими пищевыми или не пищевыми сыпучими грузами. Конвейер также возможно применять для перемещения и погрузки тарных грузов.

Конвейер состоит: станция приводная; станция натяжная; рама; мотор-редуктор; лента типа Chevron; ролик поддерживающий; роликоопора желобчатая регулируемая.

В приведенных ленточных конвейерах величина скорости ленты зависит, кроме прочего, от угла наклона рабочей ветви и ширины ленты. На наклонной части ленточного конвейера, в месте набегания ленты на ролик, фактический угол наклона превышает средний угол наклона рабочей ветви к горизонту. Вследствие этого нарушается равновесие груза на ленте, и неизбежно сбрасывание материала на пути транспортирования. Поэтому рекомендуется с увеличением угла наклона конвейера уменьшать величину скорости ленты.

Устойчивость же сыпучего материала, уложенного на ленту, зависит от ширины ленты. Чем шире лента, тем устойчивее положение материала на ленте, тем большую скорость ей можно придать. Исходя из сказанного, скорость ленты конвейера для перемещения сыпучих грузов нужно выбирать по формуле

$$\upsilon = K_\beta \cdot K_B \cdot \upsilon_M, \text{ м/с}, \qquad (1)$$

где K_β, K_B – коэффициенты, учитывающий угол наклона ленты к горизонту и ширину ленты, соответственно;

υ_M – максимальная скорость ленты, рекомендуемая заводом-изготовителем (см. табл. 1).

В качестве роликоопор, поддерживающих ленту, применяют как плоские, так и желобчатые роликовые опоры (рис. 3).

Роликоопора желобчатая регулируемая (РЖР) применяется на ленточных конвейерах для поддержки и формирования желоба ленты при перемещении грузов. Роликоопора желобчатая разработана и выполнена с возможностью регулировки угла наклона боковых роликов 30, 45 и 60° и укомплектована выносными подшипниковыми узлами с масленками, что намного упрощает возможность проведения ТО.

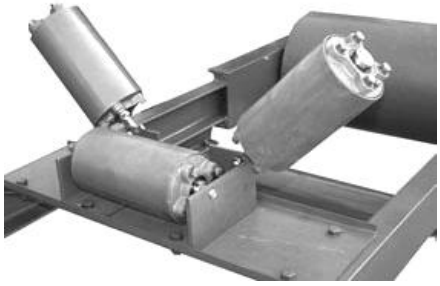


Рис. 3 – Желобчатые роликоопоры

При желобчатой форме ленты сыпучий груз образует в поперечном сечении геометрическую фигуру, состоящую из равнобочной трапеции и равнобедренного треугольника (рис. 4). Площадь ($м^2$) такой фигуры равна

$$A = A_1 + A_2 = \frac{l_1 + 2 \cdot l_2 \cdot \cos\delta}{2} + \frac{l_1 + (l_1 + 2 \cdot l_2 \cdot \cos\delta)}{2} \cdot h$$

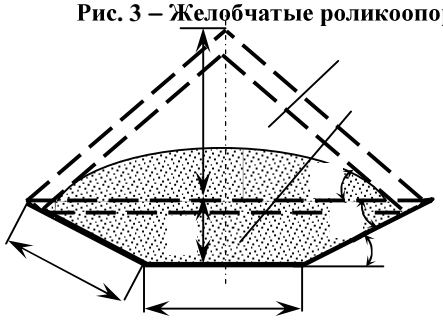


Рис. 4 – Поперечное сечение груза на ленте с желобчатыми роликоопорами

Максимальная производительность конвейера с желобчатой лентой определится по формуле

$$Q_{MAX} = 0{,}9 \cdot A \cdot B_Л^2 \cdot \upsilon \cdot \rho_M, \text{ т/ч}. \qquad (2)$$

В действительности сыпучий груз под влиянием инерционных сил, действующих на роликовых опорах, и из-за несовершенства работы загрузочных устройств занимает на ленте меньшую площадь. Кроме того, площадь поперечного сечения груза на ленте зависит от скорости движения ленты, плавности ее хода, способности ленты сохранять форму на участках между опорами, физико-механических свойств транспортируемого груза и ряда других фак-

торов. Поэтому для определения производительности ленточного транспортера вводят коэффициент загрузки ψ (для зернового материала ψ = 0,29…0,35, для штучного груза ψ = 0,35…0,42). Тогда производительность ленточных конвейеров может быть определена как:

$Q_{MAX} = 0{,}9 \cdot \psi \cdot B_{Л}^{2} \cdot \upsilon \cdot \rho_{M} \cdot tg\alpha$, т/ч – для плоской ленты,

$Q_{MAX} = 0{,}9 \cdot \psi \cdot A \cdot B_{Л}^{2} \cdot \upsilon \cdot \rho_{M}$, т/ч– для желобчатой ленты.

Наряду с ленточными широкое распространение получили цепные конвейеры. Тяговым органом в цепных конвейерах являются цепи, приводимые в движение звездочками или реже гусеничным приводом. Цепными конвейерами заменяют ленточные при больших тяговых усилиях, при перемещении абразивных и крупнокусковых материалов, при работе в условиях высоких температур. Тяговые цепи таких конвейеров дают возможность удобно и надежно крепить грузонесущие и ходовые элементы машины, обеспечивают надежную передачу тягового усилия от звездочек при сравнительно малой вытяжке под нагрузкой.

В зависимости от конструкции рабочих органов, прикрепленных к цепям, конвейеры делятся на: пластинчатые конвейеры; скребковые; ковшовые; тележечные и подвесные. На рис. 5 показан цепной скребковый конвейер, техническая характеристика разных марок которого приведена в табл. 2.

Конвейер цепной скребковый предназначен для горизонтального и наклонного до 20° транспортирования зерна и продуктов его переработки на зерноперерабатывающих предприятиях, в приемных отделениях железнодорожного и автомобильного транспорта, а также в транспортных галереях элеваторов, мельниц, крупяных, комбикормовых, маслоэкстракционных заводах и других предприятиях, связанных с приемом и переработкой зерна и маслосемян.

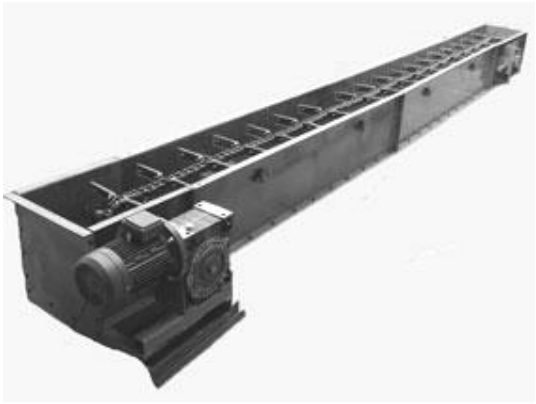


Рис. 5 – Конвейер цепной скребковый

Такие конвейеры могут применятся в разных отраслях промышленности для транспортирования насыпных грузов имеющих близкие к зерну физико - механические свойства и температуру, не превышающую температуру окружающей среды.

В зависимости от длины и нагрузки скребковый конвейер комплектуется мотор-редуктором импортного производства с необходимыми параметрами.

Конвейер состоит: секция приводная; секция натяжная; секция промежуточная; мотор-редуктор; цепь со скребками; ролик поддерживающий.

Таблица 2 – Техническая характеристика конвейера цепного скребкового

Характеристики	Марка конвейера			
	ТЦС-200	ТЦС-320	ТЦС-400	ТЦС-500
Производительность (при ρ = 0,75 т/м^3), т/ч	25	50	100	175
Максимальный угол подъема, град.	20 °			
Скорость движения цепи, м/с	0,2…0,9			
Максимальная мощность двигателя, кВт	3…4	4…7,5	7,5…15	7,5…55
Шаг скребков, мм	200…4000			
Ширина цепи, мм	180	300	380	480

Конвейеры, показанные на рис. 1, 2 и 5, просты и удобны в обслуживании. Все механизмы, в том числе и ролики, комплектуются выносными подшипниковыми узлами с масленками, что дает возможность проводить плановые технические осмотры без разборки оборудования и значительно сократить затраты человеко-часов.

Для перемещения грузов на определенную высоту служат нории, которые делятся на ковшовые (для перемещения сыпучего груза), полочные и люлечные (для перемещения штучного груза). Существуют также промежуточные нории со смешанной центробежно-гравитационной разгрузкой.



Рис. 6 – Башмак нории (машзавод «ВиК»)

Нории обладают рядом преимуществ: компактность (малые поперечные размеры); возможность подавать груз на значительную высоту (45…70 метров); большой диапазон производительности (1…600 т/ч), нет измельчения груза при транспортировании; простота и удобство загрузки и выгрузки груза. При этом нории сравнительно сложны в конструкции, чувствительны к перегрузке, требуют равномерную подачу груза.

В зависимости от типа тягового органа различают: ленточные нории и цепные. Ленточные нории обладают некоторыми преимуществами перед цепными: плавный и бесшумный ход; большие скорости и малые габариты.

На рис. 6, в качестве примера, показан башмак нории НЦ-100 разработки машзавода «ВиК», занимающегося производством норийного оборудования и норий. Башмак нории является основой нории НЦ-100 и предназначен для приема зерна и натягивания ленты. Состоит из корпуса, винтового натяжного устройства, барабана и выносных упорных подшипниковых узлов.

На сегодняшний день предприятия предпочитают в качестве рабочего орган устанавливать ковши норийные из полимерных материалов (табл. 3). Такого типа ковши применяются в нориях для перемещения зерна и продуктов его переработки на элеваторах, хлебоприёмных предприятиях, крупозаводах, мукомольных, комбикормовых, пивоваренных заводах, птицефабриках и в других отраслях, где требуется перемещение сыпучих продуктов нориями.

Эффективность применения полимерных ковшей заключается в следующем: повышают уровень взрывобезопасности нории, снижают расход электроэнергии при перемещении зерна на 15…20 % и увеличивают срок службы норийной ленты; предотвращают травмирование зерна и семян за счет эластичности кромки полимерного ковша; предотвращают налипание трудносыпучих продуктов; снижают уровень шума в производственных помещениях.

Технические характеристики: масса полимерного ковша в 1,5-2,0 раза меньше по сравнению с металлическим; температура эксплуатации от –40 °С до +60 °С; не накапливают зарядов статического электричества; срок службы – 7 лет. Ковши норийные полимерные изготавливаются в соответствии с ТУ 5141-001-17823007-99.

Для перемещения сыпучих, связанных и мелкокусковых грузов предназначен винтовой (шнековый) конвейер. Перемещение груза вдоль желоба происходит при вращении винта. Транспортируемый груз удерживается от вращения вместе с винтом силой тяжести и силой трения о стенки желоба.

Конвейер радиально-поворотный (рис. 7) предназначен для механизированной выгрузки зерна, оставшегося в металлическом силосе после истечения его самотеком через выпускную воронку в днище силоса. Конвейер состоит: шнек; кожух; мотор-редуктор; поворотный механизм.

Конвейер выгрузочный винтовой (рис. 8) предназначен для выгрузки зерна и продуктов его переработки из зернохранилищ. Применяется в металлических силосах типа МСВУ на плоском бетонном основании.

Конвейер винтовой (рис. 9) предназначен для транспортировки зерна и других пищевых или не пищевых сыпучих грузов с помощью винта в металлическом желобе или трубе.

Конвейер комплектуется импортным приводом, выносными подшипниковыми узлами и в зависимости от длины промежуточными подвесными подшипниками.

Конвейер винтовой передвижной ВПК (рис. 10) предназначен для внутри складского перемещения зерна и продуктов его переработки в линии с другим оборудованием. Применяется в помещениях складов и на открытых площадках заготовительных и перерабатывающих предприятий, а также в других отраслях промышленности.

В отличие от рассмотренных выше конвейеров к достоинствам винтовых конвейеров можно отнести: закрытый транспортный путь (возможность полной герметизации); компактность по сравнению с другими транспортными устройствами; небольшая стоимость; удобство промежуточной загрузки и разгрузки; безопасность в работе и обслуживании конвейера. Однако, у винтовых конвейеров сравнительно большой расход энергии, обусловленный интенсивностью перемешивания; при перемещении груза происхо-

дит дробление и заклинивание частиц груза, что приводит к крошению и истиранию перемещаемого груза, интенсивному износу винта и желоба.

Таблица 3 – Марки полимерных ковшей и их характеристика

Марка ковша		Ширина, мм	Высота, мм	Вылет, мм	Емкость, л	Масса, г
КН.005.002		105	70	85	0,3	55
КН.010.002		125	150	125	1,2	130
КН.020.002		150	150	125	1,5	185
КН.022.002		135	75	120	0,7	135
КН.025.002		150	85	130	0,8	165
КН.030.002		165	120	135	1	190
КН.050.002		160	150	130	1,4	240
КН.075.002	схема отсутствует	215	110	160	2,1	380
КН.100.002		260	160	150	3,7	640



Рис. 7 – Винтовой конвейер (радиально-поворотный)



Рис. 8 – Конвейер винтовой



Рис. 9 – Конвейер винтовой

Таблица 4 – Техническая характеристика конвейера выгрузочного винтового

Производительность на зерно, т/ч	50…100
Диаметр и шаг винта, мм	250…300
Частота вращения винта, мин$^{-1}$	140…340
Мощность привода, кВт	5,5…11
Длина, м	не более 10

Таблица 5 – Техническая характеристика винтового конвейера

ХарактеристикИ	Марка конвейера					
	ВК-100	ВК-160	ВК-200	ВК-250	ВК-300	ВК-400
Диаметр и шаг винта, мм	100	160	200	250	300	400
Частота вращения винта, мин$^{-1}$	45…340					
Производительность, т/ч	2…4,5	3…6,5	6…13	12,5…55	26…55	50…100
Мощность привода, кВт	0,75…11					



Рис. 10 – Конвейер винтовой передвижной

Таблица 6 – Техническая характеристика конвейера винтового передвижного

Производительность, т/ч	50…100
Диаметр и шаг винта, мм	250
Частота вращения винта, мин$^{-1}$	140…340
Мощность привода, кВт	4
Длина, мм	4000 мм
Высота сброса, мм	1800 мм

Винтовые конвейеры не пригодны для перемещения крупнокусковых, липких и влажных материалов.

Площадь поперечного сечения груза в желобе определяется по формуле

$$F = \frac{\pi \cdot D_B^2}{4} \cdot \psi, \text{ м}^2 \quad (3)$$

Скорость перемещения груза вдоль оси шнека

$$\upsilon = \frac{S_B \cdot n}{60}, \text{ м/с} \quad (4)$$

Широкая многогранность функционально-эксплуатационных и высокая производительность конвейеров способствует развитию отрасли, основными задачами которой является совершенствование производственных условий, экономия рабочих площадей, увеличение степени рационального использования ресурсного потенциала и повышению производительности.

Решая вопросы транспортирования грузов, необходимо использовать теоретические и методологические достижения в этой области. Однако важно применять не только имеющиеся достижения, но и выработать свою транспортную стратегию и определить ее главные принципы.

УДК 664.762

КОМПЛЕКСНЫЙ КРИТЕРИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ШЕЛУШЕНИЯ

Гапонюк О.И., д-р техн. наук, проф., Шевченко П.И., канд. техн. наук,
Шипко И.М., канд. техн. наук
Одесская национальная академия пищевых производств

Рассмотрены вопросы оценки эффективности шелушения фрикционно-ударным способом.
Ключевые слова: критерий эффективности, шелушение, шелушильная машина.
The effective husking with frictionary hitting is regarded.
Key words: the criterion of efficiency, flaking-off, flaking-off machine.

В результате шелушения зерна ячменя, поступающего в машину, образуются два продукта - ошелушенное зерно и отходы шелушения (лузга, мучка, включающая оболочки эндосперма, и дробленка).

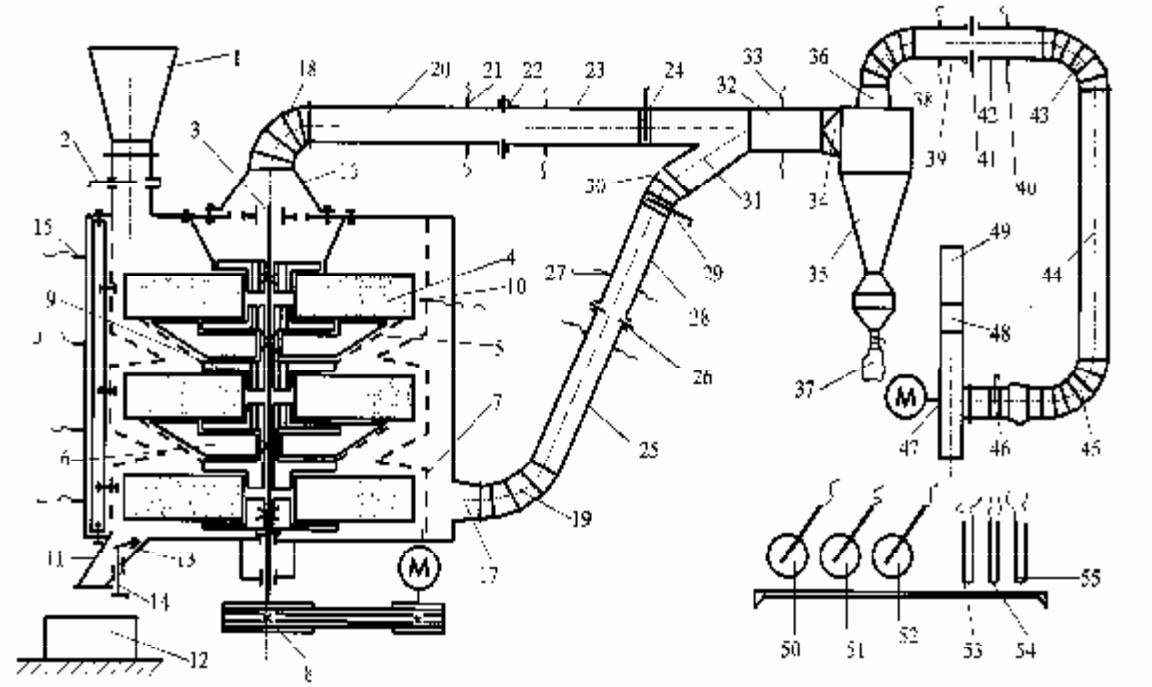
Чем больше масса отделенных оболочек, ниже содержание клетчатки в ошелушенном зерне и меньше потери эндосперма (крахмала в отходах шелушения) и дробленого ядра, тем выше эффективность процесса.

Применяемые критерии для оценки эффективности процесса шелушения, включающие относительный выход шелушенных зерен, относительное содержание целых ядер в продукте, имеют существенные недостатки, заключающиеся в том, что в качестве основы построения оценивающей системы приняты зерновки - не шелушенные и различные по крупности продукты, лишенные покровных тканей. При шелушении зерновок с прочной связью оболочек возможно отделение оболочек, которое приведенными выше критериями не может быть учтено. К тому же мучель, образующаяся в процессе шелушения, не может быть непосредственно отобрана без подсушивания продуктов обработки.

Для полной и достоверной оценки эффективности шелушения были приняты следующие непосредственно определяемые и расчетные показатели: относительный выход отходов шелушения в пересчете на абсолютно сухое вещество $C_{ош}$, %; относительный прирост массы поврежденных зерновок в продуктах обработки $\Delta Б$, %, и удельный расход энергии на процесс $N_{уд}$.

Для объективной оценки технологической эффективности шелушильных комплексов (рис. 1) нами предложен комплексный критерий, учитывающий производительность шелушильной машины Q

$$K = N_{уд}/Q \cdot C_{ош}, \quad (1)$$



1 – загрузочное устройство; 2 – задвижка регулировки степени заполнения рабочей зоны; 3 – вал ротора;
4 – абразивные диски; 5 – ситовая обечайка; 6 – выпускное устройство; 7 – клапан регулировки межзернового
давления в рабочей зоне; 8 – пневмоприемник; 9 – пневмоколонка; 10 – шлюзовой затвор; 11 – весы;
12, 13 – соответственно емкости для сбора продуктов шелушения относов; 14 – вентилятор; 15 – циклон;
16 – регулировочные задвижки; 17 – микроманометры дифференциального и стационарного вида; 18, 19, 30, 38, 43, 45 – отводы; 20, 23, 25, 28, 32, 39, 42, 44, 49 – воздуховоды; 22, 26, 41 – диафрагмы с центральным отверстием; 24, 29, 46 – задвижки; 31 – тройник; 35 – циклон; 37 – сборник отходов шелушения; 47 – вентилятор с электроприводом; 50, 51, 52 – жидкостные микроманомертры ММН–250; 53, 54, 55 – U-образные манометры

Рис. 1 – Схема экспериментальной установки абразивно-дисковой шелушильно-шлифовальной машины

В результате обработки экспериментальных данных в соответствии с целевой функцией $K = f(\alpha,\delta,\omega,f)$ получено уравнение множественной регрессии, описывающее поверхность отклика выбранного критерия оптимальности:

– для ячменя

$$K = 62{,}5643 - 0{,}4998\alpha - 0{,}9163\delta - 26{,}3863\omega - 70{,}003f + 0{,}0018\alpha^2 + 0.004\delta^2 + 3{,}9766\omega^2 + 19{,}6562f^2 + 0{,}0042\alpha\delta + 0{,}0692\alpha\omega + 0{,}3223\alpha f + 0{,}1081\delta\omega + 0{,}6637f\delta + 13{,}6562\omega f; \quad (2)$$

– для пшеницы

$$K = -46{,}9960 + 0{,}6620\alpha + 1{,}0307\delta + 52{,}0624\omega + 39{,}112f + 0{,}0005\alpha^2 + 0{,}0016\delta^2 + 7{,}6459\omega^2 + 5{,}2315f^2 + 0{,}0162\alpha\delta - 1{,}01\alpha\omega + 0{,}6258\alpha f - 1{,}9425\delta\omega + 1{,}46f\delta + 57{,}6667\omega f, \quad (3)$$

где α – угол атаки абразивного круга;

δ – характерный размер потока;

ω – угловая скорость ротора;

f – степень дросселирования потока зерна.

Численный анализ позволяет обосновать рациональные режимные параметры шелушильных машин комбинированного способа обработки зерна. Анализ показывает, что оптимальным режимом обработки является:

– для ячменя: α = 30°, δ = 15 мм, ω = 900 мин$^{-1}$, f = 85 %;
– для пшеницы: α = 20°, δ = 10 мм, ω = 1300 мин$^{-1}$, f = 85 %.

Зависимость производительности Q (а), количества битых зерен $Б$ (б), отходов шелушения $C_ш$, (в), мощности электропривода N (с) от угла основания усеченного конуса рабочей зоны a и, радиального зазора δ в шелушильной машине для ячменя ($1_я$, $2_я$) и пшеницы ($1_п$, $2_п$) приведена на рис. 2.

Анализ графических результатов, приведенных на рис. 2, 3(а) показывает, что в процессе шелушения зерна ячменя повышение радиального зазора δ в пределах 5...25 мм приводит к повышению пропускной способности машины то 0,75 до 1,5 т/ч. Однако выход отходов шелушения ячменя при этом снижается от 8 до 5,5 % при одновременном снижении количества разрушенных зерен от 3,0 до 2,5 % и снижению затрат энергии на процесс от 28 до 16 кВт.

Увеличение угла наклона образующей усеченного конуса a в пределах 20...40 град обусловило незначительное повышение пропускной способности машины от 0,7 до 0,9 т/ч. При этом съем оболочек $C_ш$, практически оставался неизменным и составлял около 7 %. Количество разрушенных зерен изменялось в пределах 2,9±0,1 %, а изменение мощности N на процесс составило 23±2,5 кВт и характеризовало стабильную работу машины. Аналогичные закономерности получены в процессе шелушения зерна пшеницы.

Анализ данных и графиков, полученных при обработке зерна пшеницы в процессе шелушения, показывает, что при увеличении радиального зазора δ производительность машины Q увеличивается до 1,2 т/ч , а выход отходов $C_ш$, снижается до 3,6 %, при общем снижении количества битых зерен $Б$ то 3,2 до 2,9 %. Однако расход энергии на процесс практически не изменялся.

Увеличение угла наклона a от 20 до 40° при обработке пшеницы привело к повышению пропускной способности машины от 1,0 до 1,1 т/ч при стабильном выходе отходов шелушения в пределах 3,8 % и снижении количества битых зерен от 3,2 до 3,0 %; при неизменном расходе энергии.

При шелушении зерна ячменя с увеличением угловой скорости вращения абразивных дисков ω производительность машины увеличивается от 0,5 до 2,8 т/ч, однако выход отходов шелушения при этом повысился с 4,5 до 8,0% при одновременном увеличении количества битых зерен от 2,0 до 3,7 %, что сопровождалось снижением расхода энергии от 30 до 12 кВт.

При открытии выпускного клапана f, при обработке ячменя, от 50 до 100 % производительность машины увеличилась от 0,5 до 1,75 т/ч при общем снижении выхода отходов шелушения, количества битых зерен и расхода энергии.

Повышение угловой скорости от 700 до 1500 мин$^{-1}$ при обработке пшеницы привело к увеличению производительности с 1,0 до 1,3 т/ч и к увеличению выхода отходов при незначительном увеличении количество битых зерен при расходе энергии до 20 кВт.

Открытие выпускного клапана f, при обработке пшеницы до 100 % привело к повышению производительности в 1,5 раза при снижении выхода отходов в 1,4 раза, незначительном снижении количества битых зерен и расхода энергии.

Выводы

Исследованиями эффективности шелушения установлено, что с изменением кольцевого зазора между поверхностями абразивных дисков и направляюще-распределительными клиновидными, усеченно-коническими устройствами и окружной скорости повышается интенсивность обработки зерна. Интенсификация, снижение удельной энергоемкости процессов шелушения достигается путем обработки зернового потока как на нижней, торцевой, так и на верхних частях абразивных дисков, что позволяет снизить удельную нагрузку на единицу полезной площади рабочих органов на 17%, обеспечить равномерное шелушение зерновок.

Литература

1. Гапонюк О.І. Експериментальне обґрунтування параметрів нових лущильно-шліфувальних машин. / О.І.Гапонюк, П.І.Шевченко // Зернові продукти і комбікорми. – 2003. – № 4. – С. 51-53.
2. Шевченко П.І. Аеродинамічні проблеми у процесах лущення. / П.І.Шевченко, О.І.Гапонюк // Зернові продукти і комбікорми. – 2004. – № 4. – С. 45-47.
3. Гапонюк О.І. Наводимо спрощений метод розрахунку лущильних машин. / О.І.Гапонюк, П.І.Шевченко, І.І.Гапонюк // Зерно і хліб. – 2004. – № 4 (36). – С. 46.

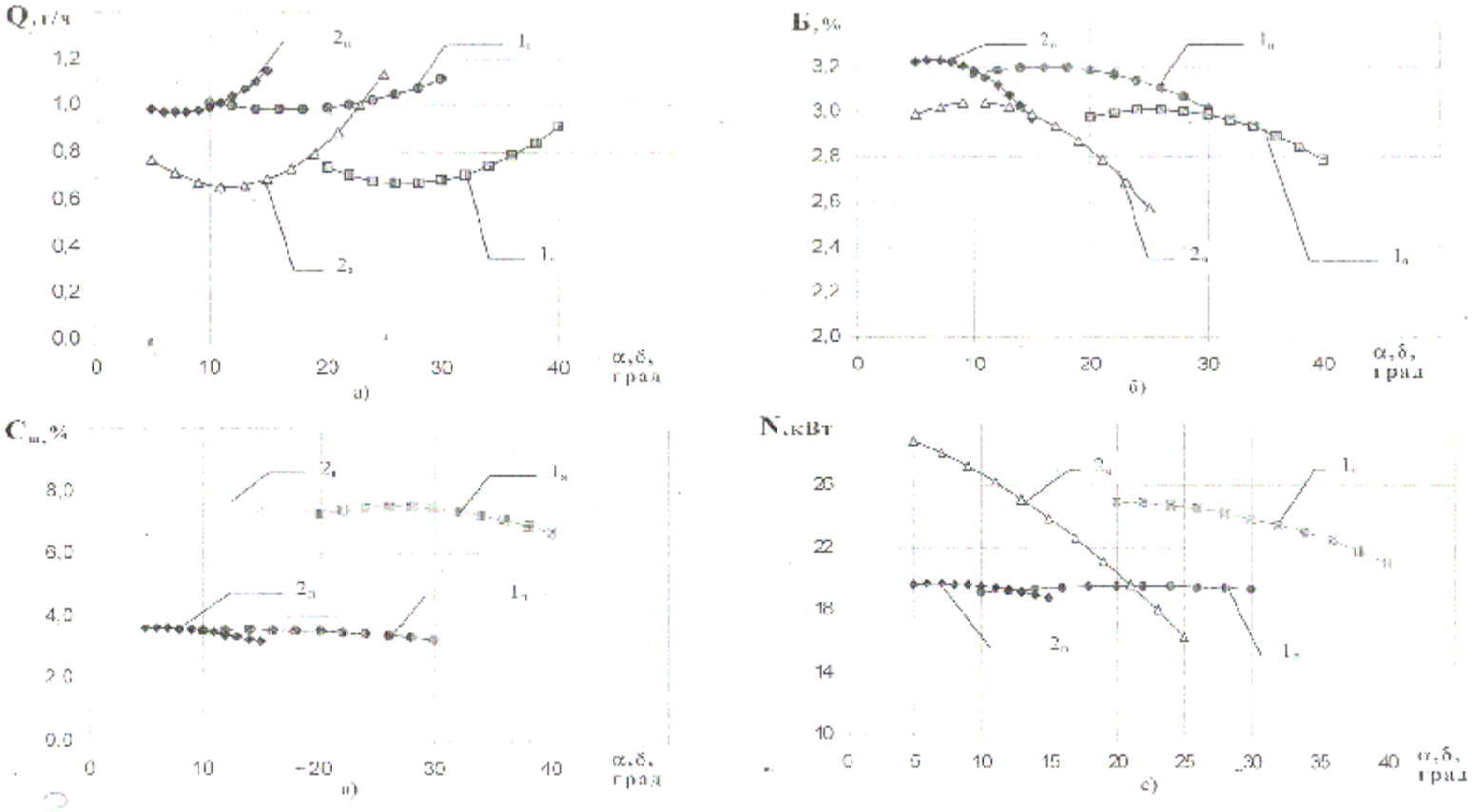


Рис. 2 – Зависимость производительности Q (а), количества битых зерен Б (б), отходов шелушения $C_ш$ (в), мощности электропривода N (с) от угла основания усеченного конуса рабочей зоны α и радиального зазора δ в шелушильной машине для ячменя ($1_я$, $2_я$) и пшеницы ($1_п$, $2_п$)

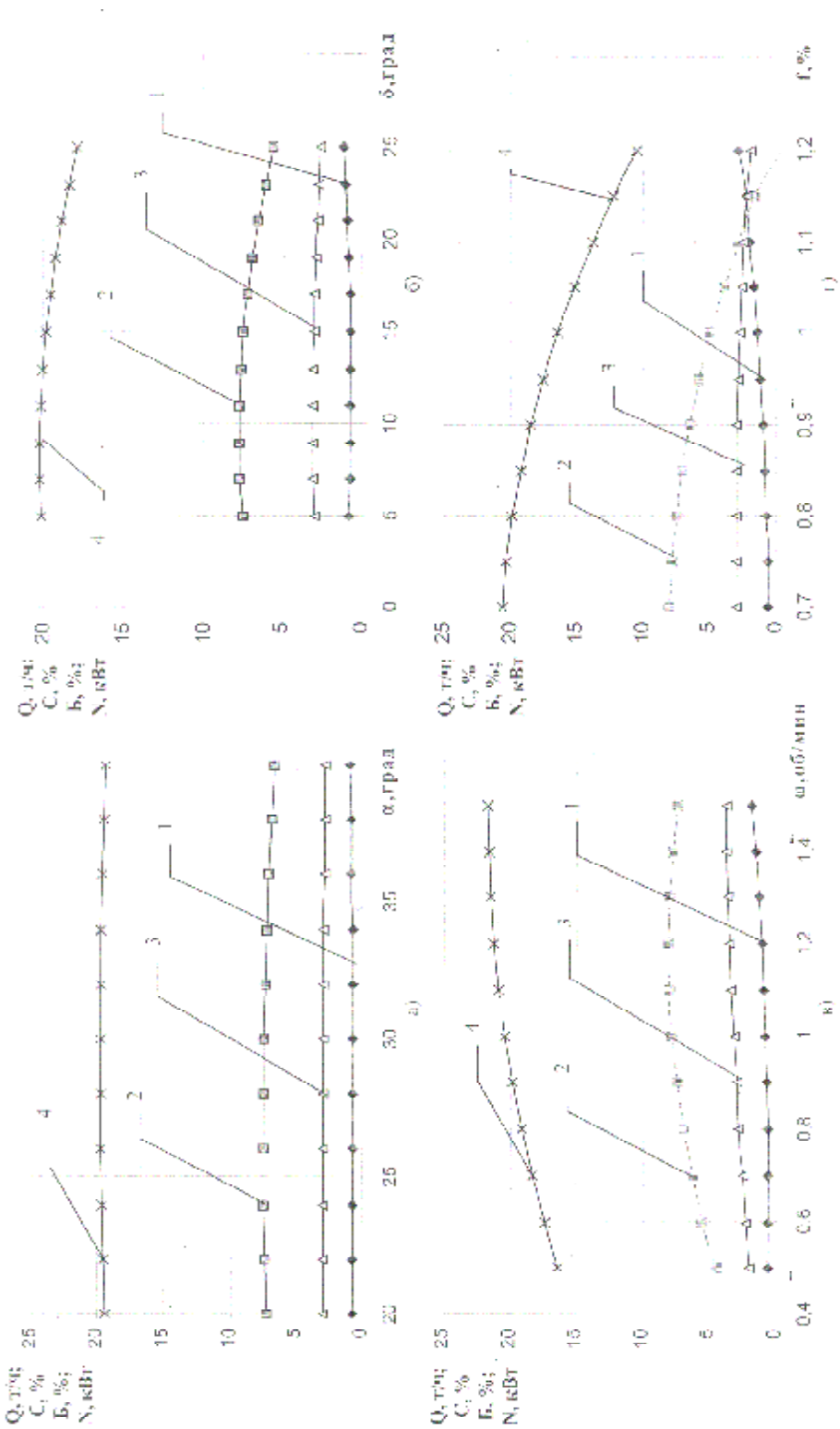


Рис. 3 – Зависимость производительности шелушильной машины (1), количества отходов (2), битых зерен (3) и мощности электропривода (4) от угла основания усеченного конуса рабочей зоны а (а) и радиального зазора 5 (б), частоты вращения рабочего вала ω (в) и открытия заслонки f (г) для ячменя

РОЗДІЛ 4

СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ЗЕРНОПЕРЕРОБНОЇ ГАЛУЗІ

УДК: 005.932:[338.439.01:664.7]

РЕАЛІЗАЦІЯ СТРАТЕГІЙ УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВ ЗЕРНОПЕРЕРОБНОЇ ГАЛУЗІ В УМОВАХ НЕСТАБІЛЬНОСТІ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Шевченко З.І., канд. екон. наук, доцент, Седікова І.О., аспірант
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

Вихід економіки з кризового стану вимагає вирішення ряду складних проблем і розробки нових підходів до управління. Метою статті є розробка методичних підходів до ефективної реалізації стратегії управління підприємств зернопереробної галузі в умовах нестабільності зовнішнього середовища. Проаналізовано стан зернопереробних підприємств та розроблені методичні підходи формування та реалізації стратегії управління з метою ефективного функціонування та виходу підприємств зернопереробної галузі з кризового стану.

The exit of economy from the crisis state requires the decision of row of thorny problems and development of the new going near a management. The purpose of the article is development of the methodical going near effective realization of strategy of management of enterprises of зернопереробної industry in the conditions of instability of external environment. The state of зернопереробних enterprises is analysed and methodical approaches of forming and realization of strategy of management with the purpose of the effective functioning and output of enterprises of зернопереробної industry are developed from the crisis state.

Ключові слова: зернопереробні підприємства, стратегія управління, організаційні структури управління підприємством, організаційно-економічна стійкість, зовнішнє середовище.

Вступ. Вихід економіки з кризового стану вимагає вирішення ряду складних проблем і розробки нових підходів до управління. На перший план виходять економічні, ринкові критерії і показники ефективності, підвищуються вимоги до гнучкості управління, до забезпечення стійкості функціонування промислового підприємства у трансформаційному періоді. Особливості сучасного стану вимагають від підприємств змінити свій підхід до вибору стратегії управління, виділити його як провідне завдання, головну мету існування і роботи підприємства. Відомо, що зернопереробні підприємства, як і будь-яка цілеспрямована система, повинні в процесі свого функціонування виконувати поставлені перед ними завдання. Для цього необхідно розробити дійову ефективну стратегію управління та забезпечити умови її виконання [1, с.61].

Метою дослідження є розробка методичних основ ефективної реалізації стратегії управління підприємств зернопереробної галузі в умовах нестабільності зовнішнього середовища. Автори проаналізували стан зернопереробних підприємств та розробили методичні підходи формування та реалізації стратегії управління з метою ефективного їх функціонування та виходу підприємств із кризового стану. Дослідження проводились для підприємств зернопереробної галузі, а саме дочірніх підприємств ДАК «Хліб України».

Предметом діяльності комбінатів хлібопродуктів є зберігання зерна Держрезерву, закупівля, реалізація, переробка зерна, а також продаж продуктів помелу: борошна, висівок, крупи манної і зерновідходів та комбікормів. З метою визначення внутрішніх та зовнішніх факторів успішності реалізації стратегії управління методом анкетування було проведено обстеження п’ятнадцяти зернопереробних підприємств Одеської, Вінницької, Житомирської, Запорізької, Львівської, Полтавської, Харківської областей, які входять до складу ДАК «Хліб України». З’ясовано, що одним із базових показників ефективного функціонування зернопереробного підприємства є організаційна стійкість. З позицій підприємств стійкість можна розглядати як здатність системи зберігати свій працездатний стан для досягнення запланованих результатів при наявності різних впливів, що її збурюють. Стійкість підприємства повинна забезпечуватися протягом запланованого періоду в будь-яких умовах і ситуаціях, що виникають у системі й у навколишньому середовищі. При цьому організаційна стійкість підприємства повинна характеризуватися наявністю регламентів і стратегічних планів у діяльності підприємства і постійним контролем за їх виконанням, а також розробки конкретного плану дій на певний термін для запобігання кризовим ситуаціям.

Результати дослідження. Організаційна стійкість, на думку авторів, робить істотний вплив на економічну і фінансову стійкість підприємства. З метою оцінки стійкості функціонування діючої системи управління зернопереробними підприємствами був проведений аналіз фінансового стану та організацій-

них структур управління. Аналіз організації управління базувався на положенні, що форма організаційної структури управління обумовлена змістом управлінської діяльності, який знаходить висвітлення у складі функцій управління та завдань, які виконують окремі працівники.

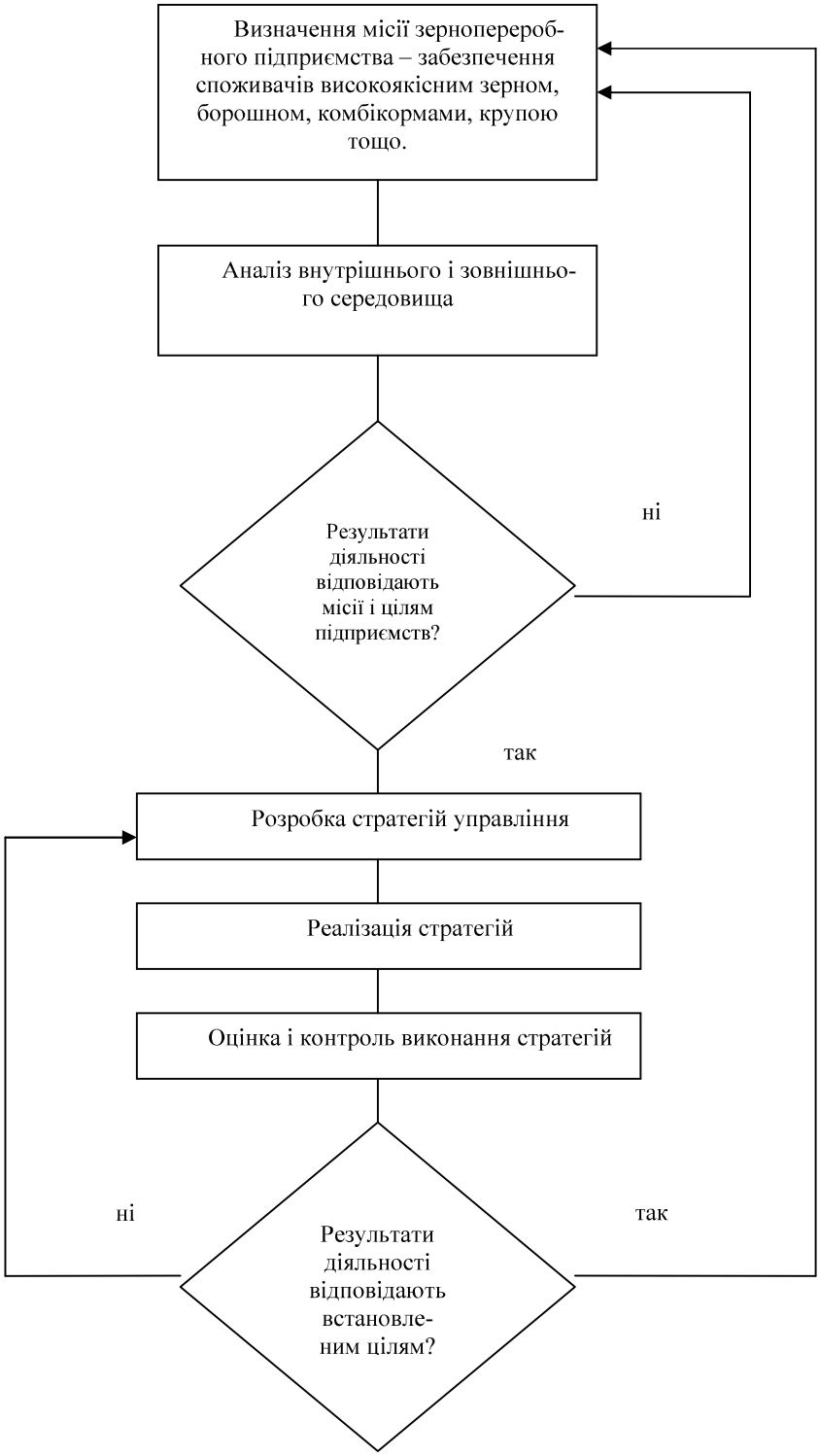


Рис.1 – Схема процесу реалізації стратегій управління зернопереробним підприємством

Результати аналізу показали також, що організаційні структури недосконалі та лише 15 % респондентів використовують логістичний підхід до управління підприємством. У результаті аналізу з'ясовано, що фінансовий стан підприємства значно залежить від факторів стабільності зовнішнього середовища. В ході дослідження зовнішнього середовища зернопереробних підприємств визначена нестабільність сировинної бази, яка негативно впливає на роботу зернопереробних підприємств і розробку й реалізацію відповідної стратегії. Сировинна база характеризується мінливою врожайністю зернових культур, скороченням посівних площ та високою залежністю від кліматичних умов. Крім того, оскільки зернопереробні підприємства є суб'єктами конкурентного ринку, то поведінку на ринку описує схема забезпечення переваг над конкурентами, що є центральним моментом у стратегічній орієнтації підприємства [2, с.400].

З'ясовано, що деякі підприємства, володіючи певною конкурентною перевагою, не роблять ніяких зусиль для того, щоб не втратити їх. Результати аналізу автори поклали в основу розробки методичного підходу до ефективної реалізації стратегій управління підприємств зернопереробної галузі. Алгоритм формування та реалізації стратегій управління наведено на рис. 1.

Визначена місія підприємства – це послання, адресоване як зовнішнім, так і внутрішнім користувачам, в якому висловлюється причина існування підприємства і характерні риси, які відрізняють його від інших фірм; це спосіб сприйняття, іміджу підприємства, визначення напрямів його діяльності та розподілу ресурсів.

Аналіз середовища вважається першим етапом стратегічного управління, оскільки він забезпечує основу для розробки стратегії. Зовнішні чинники характеризують стан об'єктів навколишнього середовища безпосередньо або опосередковано через економічні показники, що впливають на діяльність підприємств. Безпосереднє оточення аналізується, як правило, за такими компонентами як покупці, постачальники, конкуренти, ринок робочої сили. Від дослідження зовнішнього середовища необхідно переходити до аналізу внутрішнього середовища підприємства (кадри, організація управління, виробництво, фінанси, маркетинг, корпоративна культура). Для підприємства вкрай важливо підтримувати не тільки баланс між входом і виходом у процесі виробництва, але й баланс інтересів різних соціальних інститутів і груп людей, які зацікавлені у функціонуванні підприємства і впливають на нього. Після цього приходить час для вибору стратегії. Цей процес є центральним у стратегічному управлінні і полягає не тільки у визначенні генерального плану дій на довгостроковий період. Визначення стратегії як процес – це ухвалення рішення щодо того, як розвивати діяльність у цілому і окремих стратегічних зон господарювання, як протистояти конкурентам, яке місце займати на ринку тощо.

Процес реалізації стратегії є наступним у послідовності виконання місії підприємства. Виконання стратегії – це проведення стратегічних змін (удосконалень) на підприємстві, які приводять його у стан готовності перетворення стратегії в реальність. Часто підприємства не можуть виконати вибрану стратегію. Це відбувається тому, що або неправильно був проведений стратегічний аналіз і зроблені висновки, або відбулися непередбачені зміни в зовнішньому середовищі, які не були своєчасно виявлені та враховані в адаптивній частині стратегії. Часто бувають випадки, коли система управління підприємством не може своєчасно і належним чином використовувати наявні ресурси (особливо людські) для реалізації стратегії.

Таким чином, процес виконання стратегії вимагає виняткової уваги і контролю. При контролі реалізації стратегій ці завдання набувають певної специфіки, тому що стратегічний контроль спрямований на досягнення стратегічної мети підприємства за допомогою вибраної стратегії [4, с. 385].

Формування стратегій управління здійснюється на вищому рівні управління і засноване на вирішенні вищеописаних завдань. На цій стадії ухвалення рішення менеджерові необхідно оцінити альтернативні шляхи діяльності фірми і вибрати оптимальні варіанти для досягнення поставленої мети. До загального недоліку процесу розробки конкурентної стратегії можна віднести його слабку персональну орієнтацію. Часто стратегія орієнтована на протидію підприємствам-конкурентам і в меншій мірі враховує особливості управління цими підприємствами, зокрема тип поведінки їх керівників. Разом з тим освіта керівників, їх підходи до ведення бізнесу, досвід, здібності та інші персональні характеристики багато в чому визначають можливі реакції на зміну ринку. Це означає, що стратегія повинна розглядати як об'єкт суперництва не тільки підприємство, але і його апарат управління з властивим йому стилем керівництва, що дозволить точніше і адекватно реагувати на можливі контрзаходи. Крім того, необхідно пам'ятати, що боротьба з конкурентами ведеться кінець кінцем за бюджет споживачів. І тому сенс конкурентної боротьби полягає не стільки в діях проти підприємств-суперників, скільки в завоюванні конкретних споживачів, конкурентів, що користуються послугами [4, с. 389].

Розвиток зернопереробних підприємств – складний, багатофакторний процес. Ключовим пунктом у цьому процесі є забезпечення системного зв'язку між змінами у стратегії підприємства (стратегічний чинник розвитку), в ОСУ підприємства (тактичний чинник розвитку), у виробничій діяльності підприємства (оперативний або поточний чинник розвитку). Конкретна схема розробки стратегії, вибір тимчасо-

вих рамок планування, тих або інших теорій та інструментів стратегічного аналізу і планування залежить від цілого ряду особливостей бізнесу та від організаційно-правової форми виробництва. Це, перш за все, його масштаби, ступінь невизначеності розвитку ринків і галузей, глобальний або локальний характер конкуренції, темпи зміни переваг споживачів і темпи технологічних змін у галузі, час життя бізнес-архітектури і, нарешті, персональний вибір форми стратегії її засновниками й акціонерами. Схеми розробки стратегії для різних акціонерних компаній також можуть розрізнятися [3, с. 37].

Ми вважаємо, що для ДАК «Хліб України» спочатку необхідно проводити бліц-діагностику дочірніх компаній, після чого переходити до розробки корпоративної стратегії. Розробка стратегій управління для дочірніх підприємств ДАК «Хліб України» передбачає чотири види дій.

1. Дії для досягнення диверсифікації підрозділів та стратегічних зон господарювання (СЗГ) підприємства. Перша проблема диверсифікації – це проблема визначення сфери діяльності, яка зможе принести доход підприємству.

2. Кроки щодо поліпшення загальних показників роботи в тих галузях, де вже діє підприємство. Рішення приймаються стосовно посилення конкурентних позицій у довгостроковій перспективі і збільшення прибутковості підприємства.

Таблиця 1 – Перелік стратегій управління для зернопереробних підприємств

Назви стратегій в залежності від ознак	Сутність стратегій
За стадіями життєвого циклу:	
Стратегія зростання	передбачає вибір цільових сегментів, посилене інвестування, науково-дослідні розробки й інновації.
Стратегія стабілізації	передбачає комплекс дій щодо захисту своїх позицій від конкурентів, зниження витрат і цін, пошук нових ринків збуту, утримання балансу між витратами і доходами.
Стратегія виживання	передбачає комплексні дії по виживанню підприємства: активізації маркетингових зусиль, перебудова управління і фінансів.
За конкурентною позицією:	
Стратегія лідера	передбачає підтримку становища на ринку і зміцнення конкурентних позицій.
Стратегія претендента	спрямована на створення своїх власних конкурентних переваг, таких, яких немає у лідера в галузі.
Стратегія послідовника	сукупність дій, спрямованих на фокусування і диференціацію.
Стратегія новачка	намагається увійти до нового бізнесу.
За способом досягнення конкурентних переваг:	
Стратегія мінімальних витрат	полягає у прагненні досягти мінімуму сукупних витрат на одиницю продукції та отримати прибуток вищий за середній у галузі.
Стратегія диференціації	полягає у виведенні на ринок такої продукції або послуги, яка сприймається у межах певної галузі як щось унікальне, відмінне від інших пропозицій.
Стратегія концентрації	полягає у фокусуванні уваги на конкретній групі покупців, сегменті ринку, товарній номенклатурі або на географічному регіоні.
За рівнем глобалізації:	
Стратегія вузької спеціалізації	актуальна тільки для деяких з комбінатів на стадії перетворення в крупні фірми.
Стратегія диверсифікації	передбачає розвиток бізнесу в декількох сферах або галузях, пов’язаних одна з одною технологічно або не пов’язаних.

3. Знаходження шляхів отримання синергічного ефекту серед споріднених господарських підрозділів і перетворення його в конкурентну перевагу.

4. Створення інвестиційних пріоритетів і перелив ресурсів підприємства у найперспективніші сфери. Різні сфери діяльності (СЗГ) підприємства відрізняються одна від одної з погляду інвестування додаткових засобів. Керівнику підприємства необхідно ранжувати привабливість інвестування в різні сфери діяльності для розподілу засобів у найперспективніші напрямки. Для зернопереробних підприємств можна запропонувати такі стратегії управління.

Стратегія виживання	
Основні напрями діяльності	Реалізація стратегій управління
Перебудова маркетингової діяльності	
Зміна товарної політики відповідно до вимог ринку.	Розширення асортименту борошна.
Розробка нової цінової політики.	Застосування гнучкої цінової політики, яка враховує зміни ринкової ситуації.
Зміна системи каналів розподілу продукції.	Укладання довгострокових договорів з хлібозаводами, курортно-лікувальними та іншими закладами.
Просування продукції.	Проведення рекламної кампанії.
Вдосконалення системи управління	
Зміна співвідношення централізації і децентралізації в управлінні.	Стратегію розвитку ДП ДАК «Хліб України» розробляти з урахуванням стратегій головної компанії.
Впровадження логістичної служби.	Використання логістичного підходу до управління підприємством, яке передбачає системне управління всім матеріальним ланцюгом.
Вдосконалення ОСУ, впровадження нових методів управління.	Впровадження оргструктури управління проектного типу з використанням логістичного підходу.
Проведення кадрових змін.	Розробка плану підвищення кваліфікації і нового штатного розкладу.
Зміни у фінансовій діяльності	
Створення умов для жорсткої економії витрат.	Впровадження нових ресурсозбережних технологій. Вдосконалення системи обліку і контролю за витратами у виробництві.
Ліквідація збиткових виробництв і використання ресурсів.	Використовувати недіючу лінію макаронного помелу борошна для впровадження в виробництво нових сортів борошна.
Залучення банківських кредитів.	Розробка бізнес-плану виробництва нових сортів борошна для обґрунтування отримання кредиту в банку.
Централізація фінансових операцій.	Доручити керівнику проектної групи розпорядження інвестиціями.

Рис. 2 – Реалізація стратегій управління Одеського КХП

Впровадження наведеного методичного підходу розглянемо на прикладі Одеського комбінату хлібопродуктів. Одеський КХП є дочірнім підприємством Державної акціонерної компанії «Хліб України» і входить до складу диверсифікованої компанії. Це багатопрофільне зернопереробне підприємство найстаріше в Одеській області, яке має великий потенціал розвитку у виробничій, організаційній, технологічній і соціальній сферах. Аналіз фінансової стійкості показав, що підприємство є збитковим та знаходиться на стадії стагнації. Підприємство слабко залучає до співпраці нових споживачів своєї продукції, канали збуту розроблені не дуже добре. Крім того, комбінат програє своїм конкурентам в якості продукції, яку виробляє. За таких умов необхідно розробити послідовний ланцюг перетворень, які б поступово поліпшили стан підприємства. Аналіз організаційної структури проводився з позицій впливу її складників на організаційну стійкість підприємства, а саме фінансовий стан та здатність прийняття та виконання стратегічних рішень. Процес реалізації прийнятих рішень спрямований на одержання відповіді на два питання: якою мірою існуюча організаційна структура може сприяти чи заважати реалізації прийнятої стратегії управління та на які рівні в організаційній структурі повинно бути покладене розв'язання визначених завдань у процесі здійснення прийнятих стратегічних рішень?

З'ясовано, що вибір організаційної структури залежить від: розміру підприємства і різноманітності його діяльності; географічного розміщення; ставлення до підприємства з боку керівників і співробітни-

ків; системи управління; динамізму зовнішнього середовища; стратегії, яку реалізує підприємство; технології, яку використовує. Результати досліджень показали, що система управління є недосконалою і потребує поліпшення. Загальний напрямок розвитку підприємства, його місія і цілі не сформульовані, не представлені співробітникам, що свідчить про роз'єднаність інтересів колективу і відсутність з їх боку підтримки. Вивченням ринку займається відділ виробництва та збуту, покращенням споживчих якостей продукції головний технолог, отриману інформацію аналізують за допомогою керівництва, тим самим відсутні скоординовані дії і прийняття об'єктивних рішень про асортимент і номенклатуру продукції, що виробляється. Підприємство повільно реагує на зміни зовнішнього середовища і проводить політику „послідовника" в питаннях свого розвитку. Рух за конкурентами в галузі змушує підприємство тільки реагувати на зміни на ринку зернових, не здійснюючи самостійної політики і формування власних сегментів ринку. В такій ситуації для Одеського КХП ефективною буде стратегія виживання. Можливі різні лінії поведінки – зниження цін і активізація маркетингових зусиль з метою продовження життєвого циклу або припинення інвестування і реалізація стратегії „збирання врожаю". За конкурентною позицією підприємству слід прийняти стратегію послідовника, оскільки підприємство не є лідером у галузі і не намагається завоювати цю позицію. Це переважно сукупність дій, спрямованих на фокусування і диференціацію. Фірми-послідовники не намагаються виграти конкурентну боротьбу у лідера, вони прагнуть тільки потрапити в ті сфери, на які у лідерів не вистачає ресурсів або які не належать до сфери їх стратегічних пріоритетів. Напрями реалізації цієї стратегії зазначені на рис.2. Для ефективної реалізації стратегій управління необхідно вдосконалити технологію управління та реформувати структуру управління підприємством. Запропоновані заходи дали можливість розробити принципово нову організаційну структуру управління для Одеського КХП та запропонувати ввести в організаційну структуру управління логістичний відділ із централізованою організацією, з метою реалізації логістичних функцій, координації дії підсистем підприємства з точки зору логістики, розподілу відповідальності за реалізацію головних цілей і забезпечення безперервності та ритмічності матеріального потоку, зниження витрат. Директор підприємства повинен визначати генеральну мету та формулювати місію, що стосується довгострокової орієнтації діяльності підприємства. Для досягнення поставленої мети потрібно довести її зміст до кожного рівня управління та виконавця, визначити внесок кожного з працівників у стратегічний успіх підприємства взагалі.

Висновки. В результаті дослідження були розроблені методичні основи ефективної реалізації стратегій управління підприємств зернопереробної галузі в умовах нестабільності зовнішнього середовища які містять такі основні положення.

1. ДАК «Хліб України» спочатку необхідно проводити бліц-діагностику умов та ефективності функціонування дочірніх підприємств, після чого переходити до розробки корпоративної стратегії.

2. Зернопереробні підприємства при розробці стратегічних планів діяльності повинні досягти синергічного ефекту серед споріднених господарських підрозділів і перетворити його в конкурентну перевагу. Рішення приймаються стосовно посилення конкурентних позицій у довгостроковій перспективі і прибутковості підприємства.

3. Зернопереробні підприємства повинні враховувати фактор нестабільності зовнішнього середовища, що вимагає нових підходів до розробки стратегій управління.

4. Для ефективної реалізації стратегій управління необхідно вдосконалити технологію управління та провести реорганізацію структури управління підприємством.

Література

1. Седікова І.О. Логістика як інструмент підвищення ефективності зернопереробних підприємств /І.О. Седікова, З.І. Шевченко // Вісник Хмельницького національного університету (Науковий журнал). Випуск 3. т. 2 (152) – Хмельницький, 2010. – С. 60–64.
2. Седікова І.О. Логістичні організаційні структури управління на підприємствах зернопереробної галузі / І.О. Седікова // Маркетинг та логістика в системі менеджменту: Тези доповідей VII Міжнародної науково-практичної конференції (Львів, 6–8 листопада 2008 р.). / Відп. за вип. Є.В. Крикавський. – Львів: Видавництво Національного університету „Львівська політехніка", 2008. – С. 400–402.
3. Шевченко З.І., Седікова І.О. Підвищення організаційної стійкості підприємств зернопереробної галузі / З.І. Шевченко, І.О. Седікова // Економіка харчової промисловості. – Одеса, 2010. – 1 (5). – С. 30–35.
4. Ансофф И. Стратегическое управление / И. Ансофф; пер. с англ. научн. ред. и авт. предисл. Л.И. Евенко.– М.: Экономика, 1989. – 519 с.
5. Вітлінський В.В. Антикризове управління: підручник [для студ. вищ. навч. заклад.] / В.В. Вітлінський, С.І. Наконечний, О.Д. Шарапов – К: КНЕУ, 2000. – 354 с.

УДК.657.922

КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Котлик С.В., к.т.н., доц. , Малых Е.С., бакалавр
Одесская национальная академия пищевых технологий

Рассмотрены методы повышения эффективности инновационной деятельности, предложены критерии характеристики новых технических решений в машиностроении.

The methods of increase of efficiency of innovative activity are considered, the criteria of description of new technical decisions are offered in manufacturing.

Ключевые слова: инновации, технологии, оценивание, интеллектуальная собственность.

***Цель**: разработка критериев готовности объектов интеллектуальной собственности к внедрению.*

***Методы исследования**: аналитическое оценивание объектов промышленной собственности и сравнительная сопоставимость основных характеристик новых технических решений.*

Необходимость структурно-инновационной перестройки экономики Украины остается актуальной проблемой для всех отраслей народного хозяйства. Однако ее решение в условиях финансово-экономического кризиса дополнительно осложняется дефицитом финансовых средств как в госбюджете, так и у отечественных производителей. Период кризиса в Украине по оптимистическим сценариям финансовых аналитиков составит 2-3 года.

Основой конкурентоспособных технологий в мире являются инновации в виде новых технологий, оборудования и организационно-технических производственного, коммерческого или иного характера, которые существенно повышают качество продукции, снижают издержки на ее производство, либо на ее производство на внутреннем или внешнем рынках.

В создании инновационных продуктов важнейшую роль играют национальные университеты и институты НАН Украины, которые работают по государственным научно-техническим программам и финансируются из госбюджета. Несмотря на крайне низкий уровень указанного финансирования в сравнении с аналогичными показателями промышленно-развитых стран мира, его распределение весьма слабо обосновано экономически из-за отсутствия механизмов оценивания эффективности государственных научно-технических программ, преимущественного финансирования организаций, а не приоритетных направлений научной деятельности; отсутствия инновационной инфраструктуры и механизмов коммерциализации результатов законченных НИОКР [1].

В Украине разработаны прогрессивные законы «О приоритетных направлениях инновационной деятельности на Украине» [2, 3]. Однако, в формулировках, провозглашенных законом о приоритетах в количестве 8, а фактически 16 направлений (по количеству объектов НИОКР) на 2003-2013 гг. по данным ЦИНТН НАН Украины много субъективизма [4]. Закон Украины об инновационной деятельности не работает с 2003 г. из-за приостановки Верховной Радой его основной «экономической» статьи № 21, касающейся предоставления налоговых льгот предприятиям0инноваторам.

Таким образом, разработка критериев объективного оценивания эффективности инновационных технологий и их государственного финансирования научных организаций по результатам исполнения программ, является весьма актуальной.

В законе Украины «О приоритетных направлениях инновационной деятельности на Украине, принятого – 16 января 2003 г., определены следующие направления НИОКР:

- модернизация электростанций; новые и возобновляемые источники энергии; новейшие энергосберегающие технологии;
- машиностроение и приборостроение как основа высокотехнологического обновления всех отраслей производства; развитие высококачественной металлургии;
- нанотехнологии, микроэлектроника, информационные технологии, телекоммуникации;
- усовершенствование химических технологий, новые материалы, развитие биотехнологий;
- высокотехнологическое развитие сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности;
- транспортные системы: строительство и реконструкция;
- охрана и оздоровление человека и окружающей среды;
- развитие инновационной культуры общества.

В период 2010-2013 гг. представляется экономически целесообразным направить финансирование на НИОКР, которые можно коммерциализировать в указанный период. Для выявления законченных разработок и научных организаций, которые создали конкурентоспособные технические (технологические)

объекты, МОН Украины рекомендуется провести анализ результатов научной деятельности подведомственных организаций за 2003-2008 гг. с использованием следующих критерий (табл. 1).

Таблица 1 – Критерии готовности объектов НИОКР к промышленному использованию

Наименование				Критерии готовности конкурентоспособности объекта				
Научной организации (университета, института)	Научного направления	Темы НИОКР и ее №	Объекта НИОКР (технология, оборудование, материал)	Готовность образца (образцов), объекта и акты его испытаний	Показатели объекта соответствуют лучшим иностранным аналогам (или превышают)	Объект содержит основополагающее изобретение и защищен патентом	Бізнес план	Наличие инвестора для освоения в производстве

Показателем эффективности госбюджетного финансирования научного направления, например, за период 2003-2008 г. может быть выявлен по формуле 1.

$$\Sigma П_Э = \frac{\sum_{i=1}^{T} П_Р}{\sum_{i=1}^{T} З}$$

где $\Sigma П_Э$ – показатель эффективности госбюджетного финансирования научного направления НИОКР, ед.;

$\Sigma П_Р$ – суммарная расчетная прибыль по объектам (машины, технология, материалы), завершенным за период Т, грн.;

Т – период оценивания эффективности финансирования научного направления, год;

$\Sigma З$ – суммарные затраты из госбюджета по объектам, завершенным в период Т, грн.

Украина как «средняя страна» по численности населения и «малая» по объему затрат на НИОКР. Поэтому она не в силах организовать достаточного финансирования широкого фронта НИОКР, например, по приоритетным научным направлениям, указанным в законе [2]. По опыту «малых стран» (Финляндия, Израиль и др.) конкурентоспособности продукции можно достигнуть, если коммерчески удачно позиционировать себя в достаточно узкой, но активно расширяющейся области рынка [5]. В выбранном направлении страна должна иметь готовые к освоению образцы конкурентоспособных продуктов, патенты и производственную базу.

Аналитическое исследование рыночной коньюктуры, которая является частью бизнес-плана и использование готовых к промышленному освоению продуктов НИОКР созданных за период 2003-2008 гг. в Украине, позволит освоить в период 2010-2013 гг. конкурентоспособные и востребованные на рынке товары. Количество приоритетных научных направлений, финансируемых в период кризиса из госбюджета, должно существенно сократиться и перераспределено без уменьшения общей суммы финансирования НИОКР.

По нашему мнению, особо значимыми для экономики Украины на среднесрочную перспективу 2010-2013 гг. в условиях кризиса являются:

— использование энергосберегающих технологий и оборудования;

— освоение ресурсосберегающих технологий и оборудования для производства изделий из металлических, неметаллических и композиционных материалов с высокими физико-химическими свойствами взамен углеродистой стали и серого чугуна;

— освоение новых видов и расширение экспорта продукции сельского хозяйства, и в том числе экологически чистых пищевых продуктов.

Вследствие ограниченности финансовых средств у предприятий на приобретение современного технологического оборудования в условиях кризиса, инновационным коммерческим подходам для Украины может стать использование лизинга [6]. Использование лизинга позволяет предприятию-производителю

при не хватки собственных или ссудных финансовых средств получить высокотехнологическое оборудование, которое лизингодатель дает с рассрочкой платежей на несколько лет с правом выкупа оборудования по остаточной стоимости. Если в Украине доля лизинга оборудования в общем объеме инвестиций в промышленности составляет ~ 0,51 %, то в промышленно развитых странах мира в лизинге находится до 45 % всего промышленного оборудования, а 89 % новых видов продукции изготовляется на оборудовании полученных в лизинг. Использование предлагаемых критериев и методологических подходов позволяет объективно оценить эффективность среднесрочных научных приоритетов, перераспределить финансирование из госбюджета научных организаций на освоение конкурентоспособной продукции и ускорить вовлечение в хозяйственный оборот готовых к промышленному использованию новых технологий, оборудования и материалов в условиях кризиса.

Выводы. Низкая прибыльность в украинской промышленности в целом ориентирована на расширение производства продукции с недостаточной конкурентоспособностью и использование устаревшей технико-технологической базы требует разработки новых подходов в оценивании объектов интеллектуальной промышленной собственности. Для расширения области применения новых технических решений во всех областях машиностроения необходима разработка критериев оценки их эффективности.

Литература

1. Немченко В.В. Проблемы становления механизма инновационной модели развития Украины /Сб. «Проблемы становления финансового механизма инновационно-инвестиционной модели развития Украины» МФУ, УГУЭФ, – Одесса, 2006. С.5-6.
2. Закон Украины «О приоритетных направлениях инновационной деятельности на Украине» от 16.января 2003 г., №433-IV, ВВР, 2003, №13, С.354-358.
3. Закон Украины «Об инновационной деятельности от 4 июля 2002 г., №40-IV, ВВР, 2002, №36, ст. 266.
4. Соловьев В.В. Современные тенденции формирования инновационного законодательства в Украине. Инновации. С. Петербург, 2004, №9, С.18.
5. Завлин П.Н. Некоторые проблемы инновационного развития. Инновации. С. Петербург, 2003, №5, С.48.
6. Малых С.В., Радинский А.А. Лизинг оборудования и рыночное стимулирование инновационного продукта. МОН Украины, ОНПУ, - Одесса: Полиграф-Атлант, – 2006.С.67, 232-261.

УДК 330.341.44:664.61

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ІНТЕГРАЦІЇ ТА КОНЦЕНТРАЦІЇ В ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

Скопенко Н.С., канд. екон. наук, доцент, Стретович О.А., канд. екон. наук, доцент
Національний університет харчових технологій, м. Київ

Розглянуто сучасні тенденції інтеграції та концентрації виробництва на ринку хлібопродуктів України. Встановлено, що для консолідації факторів зовнішнього і внутрішнього середовища функціонування підприємств найбільш ефективним є використання механізму інтеграції та створення інтегрованих об'єднань.

The modern tendencies of integration and concentration of production are considered at the market of bread of Ukraine. It is set that for consolidation of factors of external and internal environment of functioning of enterprises most effective is the use of mechanism of integration and creation of computer-integrated associations.

Ключові слова: концентрація, інтеграція, об'єднання, хлібопекарська галузь.

Одним із найважливіших напрямів виходу вітчизняної економіки з кризи є формування та розвиток інтегрованих структур у формі різноманітних об'єднань. Інтегровані корпоративні структури, що виникають на основі масштабної концентрації виробництва та капіталу, є сьогодні найважливішими суб'єктами економіки. Без формування та зміцнення подібних структур вітчизняній економіці не подолати спеціалізації у світовому розподілі праці, технологічного відставання. Створення такого типу об'єднань сприяє консолідації зусиль виробників, активізує потенційні можливості щодо більш ефективного використання всіх наявних ресурсів, підвищує відповідальність і ефективність дій кожної ланки інтегрованої системи.

Мета статті. Сучасні об'єктивні умови розвитку вітчизняної економіки вимагають поглиблення теоретичних і практичних доробок щодо ефективності взаємодії учасників об'єднань у контексті інтеграційних процесів в економічному середовищі України. Основну увагу необхідно приділити питанням створення, організації діяльності та особливостям функціонування інтегрованих об'єднань у хлібопекарській галузі харчової промисловості України.

Виклад основного матеріалу. Важливо зазначити, що хлібопекарська галузь є однією з провідних галузей харчової промисловості України, призначення якої – безперебійне забезпечення виробництва хліба, хлібобулочних та інших борошняних виробів у обсягах, які відповідають державній продовольчій безпеці.

Специфіка хлібопекарського ринку України полягає в тому, що він на 99 % представлений продукцією вітчизняного виробництва.

Висока конкуренція в галузі сприяє її розвитку. В хлібопекарській галузі України діють близько 1000 хлібозаводів різної потужності. Попит сільського населення на хліб та хлібобулочні вироби забезпечується невеликими хлібозаводами споживчої кооперації, приватними пекарнями та населенням самотужки. На сьогодні практично всі, в минулому державні, хлібозаводи функціонують у формі відкритих акціонерних товариств, які були приватизовані у середині 90-х років минулого століття.

Щорічно в Україні виробляється близько 2,5 млн. тонн хліба та хлібобулочних виробів, понад 70 % від загального обсягу випікають великі промислові підприємства, 5 % – підприємства колишньої системи Укркоопспілки, як правило, невеликої потужності для обслуговування сільського населення; 1,5 % хліба припадає на частку підприємств Укрпродспілки; решта представлена пекарнями агропідприємств, приватними та міні-пекарнями, мережею торгівлі, великими супермаркетами та іншими виробниками [1].

Відповідно до офіційної статистики динаміка обсягів виробництва хліба та хлібобулочних виробів в Україні має стійку тенденцію до спаду виробництва хліба (якщо у 2003 році було виготовлено 2335 тис. т, то у 2008 році тільки 1978 тис. т, а у 2009 році – 1754 тис. т) [10, 13]. Таким чином, за 2009 рік виробництво хліба на 1 особу склало лише 38,1 кг, що менше 40 % від затверджених норм споживання (101 кг) [11].

Однак, необхідно врахувати, що значна частина хліба та хлібобулочних виробів виробляється малими підприємствами, які працюють на єдиному фіксованому податку та не звітують перед статистичними органами про кількість виробленої продукції. У сільській місцевості значна частина населення випікає хліб у домашніх умовах.

В останні роки потужності підприємств з виробництва хліба та хлібобулочних виробів використовуються лише на 30-35 % (крім м. Києва та окремих обласних хлібокомбінатів). Це говорить про те, що хлібопекарська галузь забезпечена потужностями, які здатні щоденно виробляти близько 300 г хлібобулочних виробів (відповідно до норм споживання) в розрахунку на одного мешканця країни, і має можливість повністю забезпечити потреби населення в цій продукції. Разом з тим, значна частина матеріально-технічної бази спеціалізованих хлібопекарських підприємств морально застаріла та фізично зношена (зношеність основного технологічного обладнання становить 60-80 %) [2].

Зростання витрат на сировину, матеріали та енергоресурси, брак оборотних коштів не дає змоги оновлювати матеріальну базу підприємств сучасним прогресивним устаткуванням та впроваджувати сучасні технології (виробництво заморожених напівфабрикатів, їх вакуумна упаковка, нарізання та пакування готових виробів тощо).

Для того щоб успішно працювати в умовах ринкової конкуренції та реалізовувати значні фінансово-промислові проекти, підприємствам уже недостатньо функціонування в рамках окремих розрізнених господарських товариств, і тому вони прагнуть об'єднуватись у групи підприємств за галузевим, територіальним чи іншим принципом.

Головною особливістю розвитку ринку хлібобулочних виробів в останні роки є збереження тенденції концентрації та укрупнення виробництва. Створення інтегрованих об'єднань дозволяє виробникам розширити ринки збуту та/або сировини, оптимізувати логістику, прискорити реконструкцію підприємств за рахунок консолідації капіталу, знизити собівартість продукції і тим самим підвищити прибутковість виробництва.

Тобто, об'єднання створюються для успішного вирішення підприємствами завдань, пов'язаних із розширенням можливостей у виробничому та соціальному розвитку, підвищенням ефективності використання матеріальних, фінансових та інших ресурсів на основі організації спільної діяльності, розподілу праці та кооперації, об'єднання зусиль та засобів у науково-технічному, виробничому та соціальному розвитку. На сьогодні інтеграція є актуальною стратегією розвитку більшості підприємств для підвищення ефективності виробництва та стійкості їхнього функціонування. Підприємства використовують інтеграційні стратегії для підвищення своєї рентабельності шляхом контролювання певних стратегічно важливих для них ланок у виробничому ланцюгу та ланцюгу продажу товару. Для одних компаній − це шлях завоювання ринку, для інших − доступ до фінансових ресурсів.

В залежності від ініціатора (інтегратора) та мети інтеграції розрізняють види, характер, форми, напрями, стратегії та масштаби інтеграційних процесів (горизонтальна, вертикальна, конгломератна, пряма та зворотна, технологічна, виробнича, продуктова, ринкова, фінансово-кредитна та інші), довжину інтеграційного ланцюга та форму нового об'єднання. Різноманітність економічних умов діяльності підприємств зумовлює існування різних типів інтеграції − вертикальної, горизонтальної, діагональної або змішаної.

Горизонтальна інтеграція дозволяє мінімізувати втрачену вигоду, а іноді свідчить про монопольні прагнення її учасників.

Наприклад, Відкрите акціонерне товариство "Київхліб", яке створене на базі державного підприємства "Київхліб" у 1996 р., контролює до 15 % ринку хлібобулочних виробів. Нині це одне з найбільших хлібопекарських підприємств України, до складу якого входять 17 хлібопекарських підприємств (дев'ять у м. Києві та вісім − у Київській області), ремонтно-монтажний комбінат, інформаційно-обчислювальний та навчальний центри, підприємство матеріально-технічного постачання "Київхлібпостач". На сьогодні потужність ВАТ "Київхліб" становить понад 1700 т на добу хлібобулочних і 12,6 тис. т на рік кондитерських виробів, а асортимент налічує 470 найменувань хлібобулочних і 460 найменувань кондитерських виробів, більшість з яких розроблені спеціалістами акціонерного товариства [7].

Також яскравим прикладом інтегрованого об'єднання є ТОВ «Концерн «Хлібпром», який підсилює свої позиції в п'ятьох областях – Львівській, Рівненській, Івано-Франківській, Вінницькій і Черкаській. «Концерн «Хлібпром» – провідна компанія з виробництва хліба, яка об'єднує чотирнадцять переробних підприємств України і входить до групи лідерів серед національних виробників хлібобулочної продукції. Продукція Концерну – це понад півтисячі найменувань хліба, здобних, кондитерських та макаронних виробів. Левову частку становлять унікальні вироби, виготовлені за власними рецептурними розробками заводів. Діяльність компанії має завершений інтегрований цикл.

Протягом 2009 року «Концерн Хлібпром» виготовив 135,26 тис. тонн хлібобулочної та кондитерської продукції на суму 464,79 млн. грн. Протягом трьох перших місяців 2010 р. компанія виготовила 31,5 тис. тонн хліба, хлібобулочної, кондитерської продукції та напівфабрикатів на суму 116,2 млн. грн. Валовий дохід компанії в порівнянні з аналогічним періодом у 2009 році збільшився на 35 % і склав 179,18 млн. грн. Концерн планує нарощувати до 1 % частки ринку в рік за рахунок розвитку існуючих виробництв, брендів, торгової мережі та мати 8-10 % національного ринку [8].

Окрім цього, поряд із концентрацією виробництва на ринку хлібопродуктів, відслідковується тенденція створення вертикально інтегрованих компаній із замкнутим циклом виробництва – від вирощування зерна, виробництва борошна до випуску та реалізації хлібобулочних виробів.

Так, у 1999 році відбулося створення групи компаній «Укрзернопром», яка почала свою діяльність з купівлі елеваторів в Одеській та Миколаївській областях та вирощування сільськогосподарських культур у цих областях. Із придбанням млинів і хлібозаводів здійснилася вертикальна інтеграція. В результаті був успішно побудований вертикально інтегрований холдинг, що включає вирощування зерна та інших сільськогосподарських культур, переробку зерна, виробництво хліба і хлібобулочних виробів [5].

У 2004 році на базі ВАТ «Київмлин» і ВАТ «Київхліб» було створено вертикально інтегроване об'єднання – ЗАТ «Хліб Києва», яке діє на ринках борошна, хліба і хлібобулочних виробів у межах м. Києва і Київської області [7].

У 2003 році було створено холдинг «Хлібні інвестиції» (місто Київ, виробництво борошна, круп, хлібобулочних і макаронних виробів – частка ринку України від 4 до 10 % за різними джерелами). Цей холдинг об'єднує 7 регіональних хлібозаводів: компанію «Хліб» (м. Луцьк), Івано-Франківський хлібокомбінат, Бердичівський хлібозавод, хлібозавод «Алексєєвський» (м. Харків), ДП «Цар хліб» (м. Севастополь), Чернівецький хлібокомбінат, «Хлібозавод № 4» (м. Миколаїв). На частку холдингу «Хлібні інвестиції» припадає майже 80 % ринку хлібобулочних виробів міст: Севастопіль, Чернівці, Івано-Франківськ і Луцьк. Цією компанією було придбано Білогірський комбінат, Новоукраїнський КХП (Кіровоградська обл.) та цілісний майновий комплекс «Новопетрівський хлібозавод» (Київська обл.) [9].

Об'єднання «Хлібні інвестиції» лідирує за кількістю і якістю вкладених інвестицій у підприємства серед усіх хлібних компаній. Залучивши в модернізацію основних засобів близько 3 млн. дол. США холдинг «Хлібні інвестиції» збільшив свої виробничі потужності до 90 тонн хлібобулочних виробів на добу та планує зайняти не менше 10 – 15 % київського ринку хлібобулочних виробів у натуральному вираженні, понад 90 % якого припадає на найбільшого виробника в Україні – ВАТ «Київхліб» [3].

До найбільших операторів на ринку хліба і борошна в Україні належить також Закрите акціонерне товариство «Холдинг «Т і С», яке є типовим вертикальним інтегрованим об'єднанням. Сьогодні компанія управляє потужними підприємствами з виробництва хлібобулочних і кондитерських виробів, переробки зерна в південних регіонах країни. Зокрема, ЗАТ «Холдинг «ТіС» володіє контрольними пакетами акцій ВАТ «Кримхліб», до складу якого входять 7 хлібокомбінатів, ВАТ «Одеський коровай», зернопереробного підприємства ЗАТ «Сімферопольський КХП». Компанія управляє ТОВ «Білгород-Дністровська паляниця»,

ТОВ «Котовський хлібокомбінат». Загальна потужність підприємств ЗАТ «Холдинг «Т і С» з виробництва хліба складає до 500 тонн борошна та до 700 тонн хліба і булочних виробів за добу. Частка підприємств «Холдингу «Т і С» у загальнонаціональному виробництві хліба становить більше ніж 6 % [6].

Отже, на сьогоднішній день у хлібопекарській галузі сконцентровано 6 найбільших хлібних холдингів (див. таблицю 1), які виробляють ідентичну продукцію та контролюють ринок хлібобулочних виробів певних регіонів. У 2009 році більше ніж 40 % хлібобулочних виробів в Україні було вироблено цими холдингами.

Таблиця 1 – Найбільші хлібні холдинги хлібопекарної галузі та їх концентрація на території України

Холдинги	Частка ринку в 2009 р.	Територіальна концентрація	Ступінь охоплення
«Київхліб»	13,5 %	м. Київ Київська обл.. Полтавська обл. Чернігівська обл.	повністю повністю обмежено частково
«Донбасхліб»	10,5 %	Донецька обл.	повністю
«Холдинг «Т і С»	6,2 %	Одеська обл. АР Крим м. Київ Миколаївська обл. Херсонська обл. Вінницька обл. Кіровоградська обл. Черкаська обл.	повністю повністю обмежено обмежено обмежено обмежено обмежено обмежено
Холдинги	Частка ринку в 2009 р.	Територіальна концентрація	Ступінь охоплення
«Хлібні інвестиції»	5,9 %	Волинська обл. Івано-Франківська обл. Чернівецька обл. Житомирська обл. Миколаївська обл. Харківська обл. м. Київ АР Крим	повністю повністю повністю обмежено обмежено обмежено обмежено обмежено
«Хлібпром»	5,8 %	Львівська обл. Рівненська обл. Вінницька обл.	повністю повністю повністю
«Укрзернопром»	5,7 %	Чернігівська обл. Дніпропетровська обл. Полтавська обл.	повністю повністю обмежено
ВАТ «Каравай»	4 %	Луганська обл.	повністю
Міні пекарні	7,8 %	Усі області	частково
Частка інших виробників	40,6 %	х	х

Джерело: складено авторами на основі офіційної статистики України та офіційних сайтів холдингів [4-10].

Висновки. Слід зазначити, що хлібопекарська галузь України має необхідний виробничий та економічний потенціал для виробництва хлібних виробів у потрібній кількості й асортименті з метою забезпечення населення якісними продуктами харчування. Порівняно з іншими галузями харчової промисловості, робота хлібопекарських підприємств та їх об'єднань характеризується відносною стабільністю та меншим ступенем ризикованості. Для консолідації факторів зовнішнього і внутрішнього середовища функціонування підприємств найбільш ефективним є використання ними механізму інтеграції, що сприяє побудові закінчених технологічних ланцюгів, забезпеченню координації обсягу продажів, зниженню затрат на одиницю продукції, зростанню продуктивності праці тощо. Інтеграція водночас впливає на підвищення життєстійкості підприємств, отримання ними фінансової стабільності, зниження рівня невизна-

ченості у постачанні та збуті продукції, зміцнення позицій об'єднання підприємств на ринку даного виду товарів і послуг, диверсифікацію виробництва для зниження ризиків.

Необхідно зазначити, що у хлібопекарській галузі найчастіше ініціатором інтеграції виступають:

— по-перше, хлібопекарській підприємства (горизонтальна інтеграція – для посилення ринкової влади, захоплення та/або утримання ринків збуту; вертикальна інтеграція – з метою доступу до ринків агросировини та/або ринків збуту);

— по-друге, борошномельні підприємства (вертикальна інтеграція для розширення ринку збуту продукції (борошно), вихід на ринок хліба та хлібобулочних виробів);

— по-третє, сільгоспвиробники зерна (вертикальна інтеграція – з метою розширення ринку збуту сільгоспсировини, вихід на ринок хліба та хлібобулочних виробів).

Об'єктивними умовами формування інтегрованих об'єднань є потреби економіки та можливість отримувати високі прибутки внаслідок функціонування консолідованих капіталів. Джерелом стратегічних переваг для учасників інтегрованих об'єднань є конкурентні переваги, значною мірою у сфері технологічного розвитку, забезпечення ресурсами, завоювання ринку тощо. Інтеграція має значну кількість мотивів та переваг, як з погляду виробника, так і з погляду споживача. Проте досвід показує, що на практиці складно розмежувати тенденцію до інтеграції, яка обумовлена техніко-технологічними причинами та націлена на зниження витрат, з одного боку, і монополістичними прагненнями до владних позицій на ринку − з іншого.

У зв'язку з цим виникає необхідність стимулювання інтеграційних процесів в економіці, заохочення концентрації капіталу, що проявляється у господарській практиці при виникненні великих структур, які функціонують як єдина складна економічна система. Саме тут з'являється можливість мобілізації всіх видів ресурсів і налагодження механізму їх ефективного використання.

Література

1. Артемова О. Хліб і на ноги поставить, і з ніг звалить // Агропрофі [Електронний ресурс]: Режим доступу: http://www.agroprofi.com.ua/content/view/53/40/
2. Галузева програма розвитку хлібопекарської галузі на період до 2015 року [Електронний ресурс]: Режим доступу: http://www.minagro.gov.ua/page/?8010
3. Голубева А. Нет хлебу единому. Монополия «Киевхлеба» на рынке столицы подходит к концу [Текст] // Коммерсант Украина. – 2007. – № 37. – С. 36.
4. Державний комітет статистики України [Електронний ресурс]: Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/
5. Офіційний сайт «Укрзернопром» [Електронний ресурс]: Режим доступу: http://www.uzp-agro.com.ua/ru/about
6. Офіційний сайт ЗАТ «Холдинг «Т і С» [Електронний ресурс]: Режим доступу: http://holding-tic.com.ua/about.html
7. Офіційний сайт ВАТ «Київхліб» [Електронний ресурс]: Режим доступу: http://www.kyivkhlib.ua/ua/about/
8. Офіційний сайт ВАТ «Концерн Хлібпром» [Електронний ресурс]: Режим доступу: http://www.hlibprom.com.ua/ua/news/
9. Офіційний сайт ВАТ «Холдингова компанія «Хлібні інвестиції» http://hlebinvest.com.ua/uk/about/hlibniinvesticii/
10. Підсумки роботи промисловості України за січень–грудень 2009 року [Електронний ресурс]: Держ. ком. статистики України / Режим доступу: http://www.minagro.gov.ua/page/?8346
11. Постанова Кабінету Міністрів України від 14 квітня 2000 року N 656 «Про затвердження наборів продуктів харчування, наборів непродовольчих товарів та наборів послуг для основних соціальних і демографічних груп населення» [Електронний ресурс]: Режим доступу: http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=656-2000-%EF
12. Свежая выпечка каждый день [Текст] // Продукты питания. – 2007. – № 2 – С. 17.
13. Статистичний щорічник України за 2008 рік [під ред. О.Г. Осауленка]. – К. – 2009. – 566 с.

УДК 330.341

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ КАПІТАЛ ЯК ТРАНСФОРМОВАНИЙ РЕСУРС ІННОВАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ

Федулова І.В., д-р екон. наук, доцент
Національний університет харчових технологій, м. Київ

У статті розглядаються основні теоретичні положення визначення сутності інтелектуального капіталу, його структурних компонентів. Інтелектуальний капітал розглядається як оцінені в грошах інтелектуальні ресурси, які отримують додаткову вартість, а інтелектуальний потенціал – всі інтелектуальні ресурси, які можуть отримувати додаткову вартість. Інтелектуальний капітал виступає основою для визначення інноваційного потенціалу підприємства.

The substantive theoretical provisions of determination of essence of intellectual capital are examined in the article, his structural components. An intellectual capital is examined as the intellectual resources, which get a value-added, and intellectual potential - all intellectual resources which can get a value-added, appraised in money. An intellectual capital comes forward basis for determination of innovative potential of enterprise.

Ключові слова: інтелектуальний капітал, інтелектуальна власність, інтелектуальні ресурси, інноваційні ресурси, інноваційний потенціал.

Вступ. Для того щоб ключові компетенції виступили джерелом переваги й ефективності, вони повинні бути відмінними, складними для імітації, стійкими і адаптивними. Знання фірми, які отримані внаслідок специфічного досвіду, мають тенденцію до унікальності. Здібності, які засновані на знаннях, мають більш стійкий і тривалий характер, оскільки для конкурентів вони ускладнені при їх визначенні, розумінні та копіюванні. Відповідно, знання можуть складати найбільш важливий ресурс організації, а властивість отримувати, інтегрувати, нагромаджувати, зберігати і використовувати їх виступає як найбільш важливий спосіб створення конкурентної переваги.

Постановка проблеми. Окремі аспекти управління інтелектуальним капіталом на рівні підприємства досліджували такі відомі фахівці, як Т. Стюарт, Л. Едвінсон і М. Мелоун, Е. Брукінг, Я. Берсуцький і О.Кендюхов, О. Бутник-Сіверський, І. Булєєв, Л. Саломатіна, А. Кабанов, В. Нейєнбург та Ю. Драчук, М. Бендіков та Є. Джамай, А. Воронкова та Р. Вечерковски, О. Бандирська, О. Пікуз, А. Ступницький, Є. Панченко, Н. Казакова, І. Калюжний. Однак залишаються невирішеними основні завдання: дослідження структури інтелектуального капіталу; система управління інтелектуальним капіталом; методи оцінки інтелектуального капіталу і оцінка ефективності управління цим ресурсом.

Цілі статті. Дослідження структури інтелектуального капіталу, інтелектуальних ресурсів, що формують його, і визначення його взаємозв'язку з інноваційним потенціалом підприємства.

Викладення основних результатів дослідження. Узагальнення теоретичного надбання з досліджуваної проблематики дозволило виділити три підходи щодо формулювання визначення інтелектуального капіталу [1, с. 129]: структурний; функціонально-структурний; термінологічний.

Перший підхід є найбільш розповсюдженим. Його сутність полягає у визначенні інтелектуального капіталу через розкриття його структури.

Одним із перших термін „інтелектуальний капітал" використав Т. Стюарт у своїй роботі «Інтелектуальний капітал», де він визначив його як суму знань всіх працівників компанії, яка забезпечує її конкурентоспроможність [2, с. 7]. Таким чином, на перший погляд, зміст понять «знання» і «інтелектуальний капітал» здається однаковим. Однак Т. Стюарт й інші дослідники даної проблеми правильно зазначають, що лише знань працівників ще недостатньо для підвищення прибутковості. Окрім знань потрібні відповідна організація праці, інфраструктурна підтримка (системи передачі й зберігання інформації), наявність попиту на знання, що є в наявності в компанії. Т. Стюарт виокремив дві іпостасі існування інтелектуального капіталу. «Насамперед, це напівпостійна сукупність знань, що виростає навколо деякої задачі, людини або організації, і інструменти, за допомогою яких можна збільшити сукупність знань» [2, с. 119-120].

Використовуючи даний підхід, Т. Стюарт виділив три складники інтелектуального капіталу: людський капітал, структурний капітал, споживчий капітал.

Людський капітал – це «властивість пропонувати клієнтам рішення» [2, с. 126], тобто, по-перше, наявність знань і, по-друге, уміння використовувати їх для задоволення потреб клієнтів.

Структурний капітал – це форми, методи, структури, які дозволяють ефективно здійснювати збір, тестування, організацію, фільтрацію, зберігання і розподіл існуючого знання. Т. Стюарт дозволяє привести

знання співробітників у систему і використовувати їх найбільш ефективно, робити знання окремих співробітників доступними для всіх, зберігати і передавати інформацію з необхідною швидкістю, досягати синергетичного ефекту від спільної діяльності. Він визначає структурний капітал як «організаційні здібності організації відповідати потребам ринку» [2, с. 127]. На відміну від людського капіталу – знань, які належать кожному співробітнику, – структурний капітал належить організації в цілому. В його склад включаються технології, винаходи, бази даних, публікації, процеси тощо, які можуть бути документально оформлені і юридично захищені. Всі перелічені та інші елементи структурного капіталу поділяються на дві групи: електронні і соціальні (виростають із особистого спілкування людей – норми відносин, взаємозбагачення життєвим досвідом). Основна задача управління структурним капіталом – це зробити знання співробітників власністю компанії і зберегти їх у цій якості.

Споживчий капітал у Т. Стюарта – це відносини організації зі споживачами її продукції. Це важлива частина інтелектуального капіталу, оскільки саме в цих відносинах інтелектуальний капітал перетворюється в гроші і приносить реальний дохід. Ці відносини можна оцінити за допомогою динаміки фінансових показників компанії і тих показників, які можна зв'язати з цією динамікою – задоволення клієнтів або споживча прихильність, вигода від співробітництва між клієнтом і виробником, ціна вірності клієнта (кількість наступних покупок і доходи від них). Т. Стюарт протягом всього дослідження інтелектуального капіталу підкреслює важливість оптимального балансу між всіма його окремими складниками, тобто гіпертрофований розвиток окремих складників може призвести до протилежних результатів.

У 1993 році з'явився звіт шведської страхової і фінансової компанії Scandia AFS, складений Л. Едвінсоном і М. Мелоуном, в якому була зроблена спроба вперше поряд із вартістю реальних активів оцінити вартість і роль інтелектуального капіталу [3]. Вони запропонували на відміну від Т. Стюарта розглядати інтелектуальний капітал за такими складниками: людський і структурний капітал (технічне і програмне забезпечення, організаційна структура, патенти, торгові марки і все те, що дозволяє працівникам компанії реалізувати свій виробничий потенціал, а також відносини, які склалися між компанією і її крупними клієнтами). В цьому разі структурний капітал поділяється на організаційний капітал та капітал взаємовідносин від замовників.

У визначенні фахівців компанії «Scandia» інтелектуальний капітал складається із структурного та людського капіталу, враховує можливості майбутніх доходів з точки зору внеску людини, її здатності постійно створювати ще більшу додану вартість. Людський капітал – загальний обсяг інвестицій в освіту, здібності та майбутнє співробітників. Структурний капітал – це бази даних, дані про споживачів, організаційна структура та торгові марки. Організаційний капітал – це компетентність і системи, що дозволяють реалізувати можливості компанії до освоєння інвестицій, а також організаційні здібності до створення капіталу.

Капітал відносин підприємства з постачальниками та споживачами його продукції або послуг – це впевненість у тому, що клієнти підприємства будуть і надалі віддавати йому перевагу. Саме тому клієнтський капітал називають іще «капіталом відносин» або «ринковим капіталом». З нашої точки зору, між клієнтським та людським капіталом існує декілька спільних рис: по-перше, клієнтський капітал також не є власністю підприємства, але кошти та зусилля менеджменту, що вкладаються в нього, дають не меншу віддачу; по-друге, він не має будь-якого матеріального відображення, при цьому є запорукою розуміння споживачів і постачальників. Стабільні відносини з постачальниками та споживачами, їх прихильність до товарів певного підприємства чи торгової марки, тісне співробітництво між ними є джерелом додаткового доходу [3].

Інноваційний капітал – інтелектуальна власність, яка виражає здатність компанії до оновлення, тобто захищена комерційним правом, а також інші нематеріальні активи та цінності [3]. Процесовий капітал – сукупна вартість процесів, що створюють або не створюють вартість [3].

Розглянута модель була розроблена у 1991-1996 роках, коли концепція інтелектуального капіталу тільки набувала розвитку в науковому середовищі розвинених держав, її сутність стосується таких положень: організаційний капітал розглядається як компетентність співробітників, але це більше стосується людського капіталу; людський капітал визначається кількістю інвестицій у навчання, але це звужує уявлення про природу людського капіталу; організаційний капітал розглядається як здатність компанії здійснювати інвестиції, а також здібності до створення капіталу, що відповідно до сучасних підходів логічно розглядати у складі людського капіталу; визначення організаційного капіталу як суми інноваційного і процесового капіталів не розкриває його сутності і не показує відмінностей між цими складниками організаційного капіталу; процесовий капітал визначається за змістом як частина матеріальних активів, які не можуть виступати частиною інтелектуального капіталу.

Незважаючи на деякі методологічні суперечності цієї моделі, вона дала поштовх до розвитку теорії інтелектуального капіталу багатьом зарубіжним та вітчизняним науковцям.

Окремі автори [4; 5; 6] дотримуються визначення інтелектуального капіталу, яке дав Л. Едвінсон, відповідно до якого інтелектуальний капітал складається з трьох складників: людського капіталу, організаційного (структурного) капіталу та клієнтського капіталу, кожний з яких може бути як позиковим, так і власним.

Людський капітал, на думку цих вчених, являє собою знання, вміння, навички і досвід конкретних фізичних осіб як єдину економічну цінність певного об'єкта бізнесу. Цей капітал є невідчужуваним від його власників.

Структурний капітал – все те, що залишається на підприємстві після того, як персонал закінчує роботу. Сюди відносять інтелектуальну власність, систему відносин, інформаційні системи, комунікації, інструкції, положення, стандарти, нагороди, що одержало підприємство.

Клієнтський капітал – це система надійних, довгострокових довірчих і взаємовигідних відносин підприємства зі своїми постачальниками і споживачами. За змістом клієнтський капітал розглядається як нематеріальний актив. Сюди відносяться бренди, торгові марки, фірмове найменування, канали збуту і постачання, клієнтура, ліцензійні та інші договори.

Підходи Л. Едвінсона та М. Мелоуна і Т. Стюарта дуже близькі один до одного і в окремих положеннях збігаються. Однак підхід Стюарта вважається більш детальним і адаптованим до умов ринкової економіки. По-перше, він виділяє відносини зі споживачами як окрему і важливу частину інтелектуального капіталу, оскільки саме в цих відносинах інтелектуальний капітал приносить реальний дохід. Крім того, таке виділення підкреслює, що відносини зі споживачами носять двосторонній характер – як з боку організації, так і з боку споживачів, і залежать не лише від організації. Л. Едвінсон і М. Мелоун у своєму трактуванні структурного капіталу об'єднують дві різнорідні його частини: внутрішні елементи – організаційну структуру, торгові марки, патенти і елементи, що пов'язані із зовнішнім середовищем – відносини з клієнтами. Також, на думку В. Зінова і Н. Казакової, більш правомірно віднести культуру праці і моральні цінності компанії до структурного капіталу, ніж до людського, оскільки основа цих компонентів – підвищення продуктивності й ефективності індивідуальної праці співробітників за рахунок створення синергетичного ефекту, а завдання людського капіталу – безпосереднє створення цінностей [7; 8]. Клієнтський капітал у Л. Едвінсона і споживчий у Т. Стюарта за змістом збігаються, а відмінності в назві стосуються неточностей різних перекладів.

Британський дослідник Е. Брукінг виділяє в інтелектуальному капіталі чотири складові частини: ринкові активи, людські активи, інтелектуальна власність як актив, інфраструктурні активи [9, с. 131].

Ринкові активи – це той потенціал, який забезпечується нематеріальними активами, що пов'язані з ринковими операціями (марки товарів, споживча прихильність, корпоративне ім'я, портфель замовлень тощо).

Інтелектуальна власність як актив являє собою узаконений інструмент для захисту різних корпоративних активів і включає ноу-хау, патенти, авторські права, виробничі і торгові секрети тощо.

Людські активи – це сукупність колективних знань співробітників підприємства, їх творчих здібностей, управлінських і підприємницьких якостей, поведінки в різних ситуаціях.

Інфраструктурні активи – це технології, методи і процеси, які роблять роботу підприємства можливою, а саме: корпоративна культура, методи оцінки ризику, фінансова структура, бази даних тощо.

Наведена класифікація інтелектуального капіталу по Е. Брукінгу більш детальна ніж інші, описані вище. Вона чітко розрізняє активи, які мають ринкову орієнтацію – марки товарів, канали розподілу та інші, й активи, які виступають результатом висококваліфікованої інтелектуальної праці.

У. Букович і Р. Уільямс описують модель інтелектуального капіталу, згідно з якою для створення вартості організація повинна одночасно управляти різними типами інтелектуального капіталу [10]:

— людським капіталом – властивістю індивідуумів і команд задовольняти потреби клієнтів, компетентністю і направленням думок індивідуумів;

— капіталом клієнта – міцністю зв'язків з клієнтом, вартістю, що передається клієнту, зростанням впливу клієнта в прийнятті рішень;

— організаційним капіталом – здібностями організації, що виходять із кодифікованих знань, які знаходяться в таких джерелах, як різні бази знань, ділові процеси, технологічна інфраструктура або організаційна культура, цінності і норми;

— інтелектуальним капіталом – відношенням між людським капіталом, капіталом клієнта і організаційним капіталом, які розширюють можливості організації створювати вартість.

На думку І. А. Іванюка [11, с. 5], інтелектуальний капітал являє собою сукупність таких складників: інтелектуальний потенціал (людський капітал), інтелектуальна власність або інтелектуальна активність (структурний капітал), ринкові та інфраструктурні активи (клієнтський капітал). Він зазначає, що «сутність інтелектуального капіталу як економічної категорії можна визначити як систему економічних відносин, що виникають на рівні індивідуального відтворення капіталу між суб'єктами господарювання з приводу виробництва, обміну, розподілу і споживання інтелектуального продукту» [11, с. 12].

О. Бервено [12, с. 9] зазначає, що до структури інтелектуального капіталу потрібно включити нематеріальні активи підприємства та засоби інтелектуальної діяльності, оскільки нематеріальні активи підприємства є сукупністю двох складників: інтелекту працівника та знакових форм відчуження інтелекту (статичної та динамічної інтелектуальної власності). Засоби інтелектуальної діяльності за підходом О. В. Бервено можна ототожнити зі структурним капіталом, а людський капітал окремо взагалі не розглядається.

Знання та інформація як головні ресурси проявляються у зростанні людського капіталу та нової технології, що знаходить відображення у збільшенні технологічного капіталу. Особливістю людського капіталу є те, що він не може бути власністю підприємства: людей можна найняти, але їх не можна придбати у власність. У зв'язку з цим людський капітал не може бути відображений у статтях активів підприємства – він може вважатися тимчасово залученим засобом, який належить до пасивів, подібно до боргових зобов'язань і випущених акцій, і не може піддаватися вартісним оцінкам. Людський капітал не може бути скопійований або відтворений у жодному іншому підприємстві.

У той час як людський капітал є джерелом технологій та представляє те, що можна комерціалізувати, інші елементи інтелектуального капіталу визначають напрями розвитку підприємства, його перспективу: мету, вартість, зміст діяльності. Складники інтелектуального капіталу підприємства доповнюють один одного та формують його в процесі комерціалізації. Майже для всіх підприємств характерно, що комерційні знання та навички бізнесу, перелік постачальників та покупців, збутова мережа, здатність забезпечити сервісне обслуговування та організаторські можливості (клієнтський капітал) доповнюють технічні інновації, що створені людським капіталом. Їх можна вважати сполучною компонентою між технологією та покупцем.

Складником технологічного капіталу є інтелектуальна власність – загальнолюдські інтелектуальні надбання та новації, втілені у наукових, технічних і технологічних об'єктах. Особливість відносин інтелектуальної власності полягає у тому, що вони складаються з результатів інтелектуальної праці, тобто є наслідком творчої діяльності людини. Саме елементи творчості як складники інтелектуальної праці визначають індивідуальний характер її продуктів і становлять якісний критерій відмінності інтелектуальної діяльності. Результатом взаємодії людського капіталу та інформаційних технологій є інтелектуальні продукти, під якими слід розуміти результати інтелектуальної, розумової, духовної та творчої діяльності, втілені у відкриттях, винаходах, патентах, наукових звітах і доповідях, проектах, раціоналізаторських пропозиціях, творах літератури, мистецтва, музики та ін.

Представники функціонально-структурного підходу [1; 6; 7; 8] до визначення інтелектуального капіталу, окрім виокремлення його структурних складників, розглядають також основні моменти управління ним через визначення окремих функцій.

В. Г. Зінов зазначає, що інтелектуальний капітал виступає не тільки як сукупність інтелектуальних ресурсів організації, але і як система відношень між економічними суб'єктами з приводу виробництва, розповсюдження і використання інтелектуальних ресурсів і знань, що необхідні для їх ефективного функціонування [7, с. 121].

Н. В. Казакова розглядає інтелектуальний капітал у чотирьох аспектах: як цінність, як систему, як процес і як результат [8, с. 167-168].

Значний методологічний внесок у теорію інтелектуального капіталу зробив вітчизняний вчений О. Кендюхов, який запропонував авторське бачення цього поняття та представив науково обґрунтовану класифікацію інтелектуального капіталу [1]. За типами інтелектуальний капітал він поділяє на: персоніфікований (пов'язані з роботою знання й уміння, творчі здібності, освіта, професійна кваліфікація, лояльність, ціннісні та психометричні настанови персоналу); інфраструктурний (інформаційні технології, організаційна структура, філософія управління, корпоративна культура і ділове співробітництво); клієнтський (відносини з покупцями, контракти, портфель замовлень, франшизи та ліцензійні замовлення); марочний (торгові марки, товарні знаки, корпоративна марка і марки обслуговування); формалізована інтелектуальна власність (патенти, авторське право, виробничі секрети, оригінальне програмне забезпечення, ноу-хау, права на дизайн і бази даних). Дана класифікація створює наукову базу для розробки методичних положень з таких проблем, як формування системи управління інтелектуальним капіталом підприємства, його оцінки і потенціал розвитку.

О. Кендюхов також провів гносеологічний аналіз досліджуваної категорії і розглянув такі базові у даному випадку поняття, як «капітал» і «інтелект», а також їх синтез. Капітал (нім. kapital, лат. capitalis – головний) – «у широкому значенні – це все, що може приносити дохід, або ресурси, які створені людьми для ефективного виробництва товарів і послуг. У вузькому значенні – це засоби виробництва, які вкладені у діло з метою отримання доходу» [13, с. 146]. Капітал у фундаментальній економічній науці розглядається як вартість, яка приносить нову вартість (дохід, прибуток).

У філософському розумінні інтелект (лат. intellectus – розум) – «розум, здатність мислити, проникливість, сукупність тих розумових функцій (порівняння, абстракції, утворення понять, судження, висновків

тощо), які перетворюють сприйняття у знання або критично переглядають чи аналізують уже наявні знання» [14, с. 181].

Інтелектуальні ресурси підприємства включають інтелектуальний капітал, інтелектуальну працю та інтелектуальні продукти, які у свою чергу також можуть бути використані як засоби виробництва. Таким чином, інтелектуальні ресурси трансформуються в інтелектуальний капітал, який, в свою чергу, виступає інтелектуальним ресурсом для нового обороту капіталу. Інтелектуальні ресурси виступають основою для визначення інтелектуального потенціалу.

Економічна категорія "технічний капітал" («фізичний капітал») є загальноприйнятою та використовуваною, до неї відносять обладнання, устаткування, будівлі, споруди, тобто все те, що має матеріальне вираження, може бути чітко підраховано. До фінансового капіталу відносять грошові та прирівняні до них кошти. Інформаційні технології, в свою чергу, мають як матеріальне, так і нематеріальне вираження. За допомогою баз даних, програмного забезпечення, технічних засобів, тобто матеріального вираження інтелектуальних технологій співробітники створюють певні продукти інтелектуальної діяльності. Для здійснення ефективного управління як всім підприємством, так і інтелектуальним капіталом зокрема, не менш важлива нематеріальна частина інтелектуальних технологій: культура, філософія та етика управління, організаційна структура.

Висновки. Здійснений огляд наукових поглядів на визначення інтелектуального капіталу дав можливість під ним розуміти інтелектуальні ресурси, що втілені у сукупності наукових та загальних знань працівників, їх досвіді, знаннях, вміннях і навичках, які створюють продукти інтелектуальної діяльності, що можуть належати як його власнику, так і іншим суб'єктам господарювання, та дозволяють отримувати додаткову вартість. Інтелектуальний капітал підприємства варто відрізняти від інтелектуального потенціалу, хоча окремі дослідники [15, с. 45; 16, с. 67] ці поняття ототожнюють. Інтелектуальний потенціал підприємства – це можливості, які надані інтелектуальними ресурсами в часі і просторі, що можуть бути використані для розв'язання поставленої задачі. Зовсім не означає, що ці можливості будуть будь-коли реалізовані. Інтелектуальний капітал – це оцінені в грошах інтелектуальні ресурси, які отримують додаткову вартість, а інтелектуальний потенціал – всі інтелектуальні ресурси, які можуть отримувати додаткову вартість. Інтелектуальна власність характеризує правовий аспект володіння інтелектуальними ресурсами без урахування того, чи несуть у собі об'єкти інтелектуальної власності функцію капіталу чи ні. Тільки у такому аспекті інтелектуальна власність розглядається як чинник виробництва.

На рис. 1 подано процес формування інноваційного потенціалу, який показує його структурні навантаження.

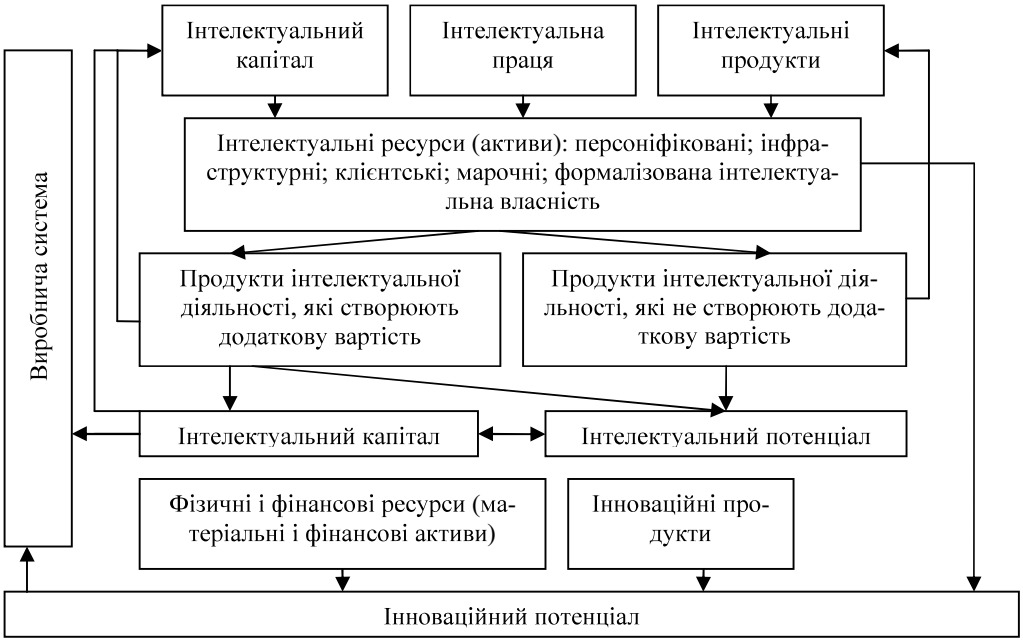


Рис. 1 – Процес формування інноваційного потенціалу

Інтелектуальний потенціал можна розглядати як основу для визначення інноваційного потенціалу підприємства разом із фізичним і фінансовим капіталом, які в сукупності створюють унікальні можливо-

сті ведення інноваційної діяльності для кожного конкретного підприємства. З огляду на це відмінності понять «інтелектуальні ресурси» та «інноваційні ресурси» полягають у наступному. Інтелектуальні ресурси підприємства – це сукупність наукових та загальних знань працівників, їх досвід, знання, вміння і навички, які створюють продукти інтелектуальної діяльності, разом з інтелектуальною працею вони виступають основою для створення інтелектуального капіталу. Інтелектуальні продукти також можуть бути використані як засоби виробництва, оскільки вони є результатом інтелектуальної праці і виступають інтелектуальним ресурсом для нового обороту капіталу. А інноваційні ресурси включають перелік фізичних і фінансових активів, інтелектуальних ресурсів підприємства та інноваційні продукти, які можуть виступати як засоби виробництва і сприяють інноваційній діяльності.

Таким чином знання трансформуються в інтелектуальні ресурси (інтелектуальні активи), які, в свою чергу, трансформуються в інтелектуальний капітал. Інтелектуальний капітал разом з інтелектуальною працею і інтелектуальними продуктами виступає інтелектуальним ресурсом для наступного обороту капіталу у процесі виробництва і створює новий інтелектуальний капітал. Інноваційний потенціал виражає міру готовності до здійснення ефективної інноваційної діяльності і спрямований на впровадження у виробництво інноваційної продукції з метою задоволення потреб і отримання прибутку. Для цього, окрім матеріальних і фінансових ресурсів, використовуються інтелектуальні ресурси, які виступають як засоби виробництва. В системі оцінки інноваційного потенціалу інтелектуальні ресурси, як і фізичні та фінансові активи трансформуються із вартісної оцінки в кількісну. Інтегральний критерій оцінки і розвитку інноваційного потенціалу повинен давати можливість оцінювати всі види інноваційних перетворень на підприємстві.

Література

1. Кендюхов А. В. Интеллектуальный капитал как новая экономическая категория / О.Кендюхов // Економіка промисловості. – 2002. – № 3. – С. 129 – 133.
2. Stewart T.A.TheIntellectual Capital. The New Wealth of Organizations. N.-Y.-L., 1997. – 270 p.
3. Эдвинсон Л. Интеллектуальный капитал: определение истинной стоимости компаний / Л. Эдвинсон, М. Мэлоун //Новая постиндустриальная волна на Западе; под ред. В. Иноземцева. – М.: Academia, 1999. – 640 с.
4. Бендиков М.А. Интеллектуальный капитал развивающейся фирмы: проблемы идентификации и измерения / М. А. Бендиков, Е. В. Джамай // Менеджмент в России и за рубежом. – 2001. – № 4. – С. 3-24.
5. Козырев А. Н. Интеллектуальный капитал предприятий и политика государства в области интеллектуальной собственности / А. Н. Козырев. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http: //www. cemi. rssi.ru/aist/publ/docl/docl. htm.
6. Леонтьев Б. Б. Цена интеллекта. Интеллектуальный капитал в российском бизнесе: Научное издание / Б. Б. Леонтьев. – М. : Акционер, 2002. – 194 с.
7. Зинов В. Г. Менеджмент инноваций: кадровое обеспепечение : [учеб. пособие] / В. Г. Зинов. – М. : Дело, 2005. – 496 с.
8. Казакова Н. В. Некоторые подходы к управлению знаниями и интеллектуальным капиталом в современной экономике / Н. В. Казакова // Инновации. – 2003. – № 1. – С. 54-60.
9. Брукинг Э. Интеллектуальный капитал / Э. Брукинг; пер. с англ. – СПб. : Питер, 2001. – 288 с.
10. Bukowitz W.R. and Williams R.L. The Knowledge Management Fieldbook//Financial Times, Prentice Hall. 2000. p.3.
11. Иванюк И. А. Воспроизводство интеллектуального капитала в современных маркетинг-системах / И. А. Иванюк // Журнал депонированных рукописей. 2002. – № 6 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http: // www. cis 2000. ru/publish/books/book_44/index.shtml.
12. Бервено О. В. Інтелектуальний капітал: економічний зміст і особливості формування в транзитивному суспільстві : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. екон. наук : спец. 08.00.04 «Економіка та управління підприємствами» / О. В. Бервено. – Харків, 2002. – 19 с.
13. Современный экономический словарь : [4-е изд., перераб. и доп.] / Сост. Б. А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева. — М.: ИНФРА-М, 2005. – 386 с.
14. Философский энциклопедический словарь. – М. : ИНФРА-М, 1997. – 576 с.
15. Вовканич С. Социогуманистический контекст наукоемкой экономики инновационного общества / С. Вовканич // Экономика Украины. – 2005. – № 3. – С. 42-28.
16. Нестеренко А. Интеллектуальный потенциал украинского общества / А. Нестеренко // Экономика Украины. – 2003. – № 10. – С. 65-71.

УДК [664.7 : 338.439.02] (477)

РОЛЬ ЗЕРНОВОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ

Басюркіна Н.Й., канд.екон.наук, доц.
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

В роботі розкрито вплив ефективної діяльності зернового господарства України на забезпечення продовольчої безпеки, висвітлено причини продовольчої кризи

In article influence of effective activity of corn economy of Ukraine is exposed on providing of food safety, reasons of food crisis are reflected

Ключові слова: продовольча безпека, зернове господарство, продовольче забезпечення, агропромисловий комплекс

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями

Останнє десятиріччя характеризується загостренням проблеми забезпечення продовольчої безпеки України, виникненням загрози продовольчої кризи, і, як наслідок, загрозою економічній безпеці країни і здоров'ю майбутніх поколінь.

Особливу і цілком обґрунтовану тривогу викликає стан зернового господарства України, яке традиційно є основою продовольчого забезпечення країни і визначає її продовольчу безпеку. Саме на прикладі зернового господарства можна достатньо чітко бачити, як безсистемний і поспішний перехід на ринкові відносини, суттєво підірвав не тільки продуктивні сили цієї галузі, але і продовольчу безпеку країни.

Україна має в своєму розпорядженні великий потенціал з вирощування і переробки зерна, в недалекому минулому виробництво зерна на душу населення було на рівні середньосвітового, але в порівняно короткий період ринкових перетворень 90-х років виробництво зерна катастрофічно впало. Досить відзначити, що в 1998 р. площа зернових культур відповідала рівню військових років і була менше, ніж коли-небудь за період починаючи з 1913 р. Така ситуація з виробництвом зерна з'явилася наслідком багатьох причин, які давно накопичилися в зерновому господарстві країни, але найгостріше виявилися у зв'язку з поспішним і непідготовленим проведенням його реформування, стихійністю розвитку зернового ринку, ігноруванням тієї особливої ролі зерна, яка об'єктивно йому належить в забезпеченні підвищення життєвого рівня населення і продовольчої безпеки країни. Саме цим можна пояснити спад у виробництві зерна, економічний і соціальний збиток від провального стану зернового господарства, який з урахуванням мультиплікативної дії перевищує негативні наслідки від падіння виробництва в інших галузях сільського господарства країни.

Зернове господарство стимулює або стримує розвиток багатьох інших зв'язаних з ним галузей економіки, продуктових і сировинних ринків. Рівень його розвитку характеризує надійність хлібофуражного постачання, економічну і соціально-політичну стабільність в країні, її продовольчу безпеку, є своєрідним індикатором економічною благополуччя держави. По рівню абсолютного і душового виробництва, розмірам перехідних запасів, наявності резервних фондів, стану ринку зерна характеризують не тільки ефективність функціонування агропромислового комплексу і його окремих галузей, але і рівень життя населення, економічну і геополітичну могутність самої держави. В зв'язку з цим, роль зернового господарства в економіці країни необхідно розглядати і оцінювати, виходячи з його багатоцільового призначення в економічній, соціально-політичній, екологічній і міжнародній сферах. Тому ефективність функціонування зернового господарства — це не тільки сугубо галузева, але і складна макроекономічна проблема, оскільки його динамічний розвиток визначається макроекономічними, інституційними і структурними перебудовами, що відбуваються в економіці взагалі і в агропромисловому комплексі зокрема.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми

Питаннями вирішення продовольчої безпеки, а також регіональної політики і ефективності продовольчого сектору займалась потужна когорта вчених-аграрників, які внесли посильний вклад у розробку теоретико-методичних основ та прикладних аспектів цієї проблеми, серед яких можна виділити П.П. Борщевського, О.Д. Гудзинського, О.І. Гойчук, Б.М. Данилишина, М.І. Долішнього, С.І. Дорогунцова, Р.А. Івануха, А.С. Лисецького, І.І. Лукінова, М.М. Паламарчука, Б.І. Пасхавера, М.Д. Пістуна, Д.К. Прейгера, П.Т. Саблука, М.Й. Хорунжого, В.І. Власова, О.М. Шпичака, Л.Г. Чернюк, М.Г. Чумаченко, В.В. Юрчишина та інших. Серед зарубіжних науковців слід відзначити А. Алтухова,

В. Агаєва, Л. Абалкіна, І. Богданова, А. Богомолова, А. Жученко, З. Іл'їну, Е. Крилатих, Б. Кумахова, І. Ушачева та інших. Проте дослідження проблем продовольчої безпеки, з позицій регіонального аспекту, в контексті виведення даної проблеми на рівень світових стандартів, зокрема, в нових економічних умовах, не можна назвати вичерпаними. Також недостатньо повно висвітлено роль зернового та інших окремих господарств у забезпеченні продовольчої безпеки і стійкого постачання продовольства. Вищеозначене визначило коло розглянутих в роботі питань.

Проблеми продовольчої безпеки потрапили в поле зору представників вітчизняної економічної науки порівняно недавно. Чинником виникнення та постійного посилення уваги до цих проблем є трансформаційна криза української економіки, яка охопила всі сфери і стала суттєвою перешкодою на шляху забезпечення сталого розвитку економіки і суспільства. Тому питання встановлення рівня продовольчої безпеки територій, з метою забезпечення розвитку і передбачуваного регулювання економіки агропромислового комплексу, може розглядатися як один із найважливіших національних пріоритетів, який вимагає посиленої уваги науковців, систематизації цього поняття як наукової категорії.

Фундаментальні праці вчених цього напрямку В.І. Бойко, В.М. Геєця, С.І. Дем'яненка, М.Ф. Кропивка, М.В. Кузубова, В.Я. Месель-Веселяка, Г.М. Підлісецького, П.Т. Саблука та інших, визначили основні шляхи оцінки і методологію обліку впливу різних чинників, які формують продовольчу безпеку території, на розвиток сільського господарства, але питання управління розвитком сільського господарства та економіки АПК за прогнозованими рівнями продовольчої безпеки території ще повністю не розкрите.

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Метою даної роботи є розкриття ролі зернового господарства України у вирішенні проблеми забезпечення продовольчої безпеки і висвітлення причин продовольчої кризи.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

На глобальному рівні для оцінки рівня продовольчої безпеки використовується спеціальна методична база, яка спирається на сім основних показників. Найбільш відомий з них показник, який характеризує відношення світових запасів зерна до його загальносвітового споживання. Безпечним вважається рівень перехідних запасів, відповідних 60 дням світового споживання зерна, або приблизно 17 % від всього обсягу його споживання за рік. Решта показників характеризує стан із зерном для основних країн-експортерів і країн-імпортерів. Стосовно країн-експортерів продовольства оцінюються відношеннями пропозиції зерна п'яти головних його світових експортерів (Аргентина, Австралія, ЄС, Канада, США) до необхідної кількості, а також частка перехідних запасів до загального споживання в цих країнах – загального і диференційованого по видах: пшениця, кормове зерно, рис (В'єтнам, Китай, Пакистан, США,Таїланд). Стосовно країн-імпортерів продовольства визначаються зміни у виробництві зерна: в Індії, Китаї і СНД, в країнах-імпортерах зерна, які розвиваються, а також в країнах-імпортерах зерна, які розвиваються, за винятком Китаю і Індії. Останнім показником ФАО для оцінки глобальної продовольчої безпеки є середньорічні експортні ціни, які відстежуються по пшениці, кукурудзі і рису.

Показник запасів зерна, рівний обсягу його двомісячної потреби, використовується як критична межа втрати продовольчої безпеки і є оцінкою для окремої країни. Крім цього показника, в світовій практиці застосовується і інша критична межа — «критерій імпортної небезпеки», рівний 0,3. Він означає критичну частку імпортного продовольства на внутрішньому ринку.

Крім показників критичної межі продовольчої безпеки країни її рівень може характеризуватися іншими взаємозв'язаними показниками. До їх числа можна віднести: самозабезпечення країни продовольством, незалежність продовольчого постачання країни і ресурсного забезпечення агропромислового комплексу від імпортних постачань; розміри стратегічних і оперативних продовольчих запасів відповідно до нормативних потреб; рівень виробництва продуктів харчування, особливо базових їх видів, з розрахунку на душу населення; рівень споживання найбільш життєво важливих продуктів харчування; рівень фізичної і економічної доступності продовольства для різних категорій населення; стабільність і доступність цін на основні види продовольства; якість і екологічність продуктів харчування.

Використання вищеназваних показників для оцінки рівня продовольчої безпеки України дозволяє внести до них окремі уточнення. Це стосується необхідної наявності двомісячного запасу перехідних залишків зерна як показника критичної межі продовольчої безпеки країни. Встановлюючи такий норматив, ФАО виходило з високого рівня розвитку транспортної інфраструктури світового продовольчого ринку, можливості швидкої доставки продовольства в бідні країни. Враховуючи відсутність в повному обсязі таких можливостей в Україні, нерозвиненість ринкової і особливо транспортної інфраструктури, рівень запасів зерна в країні повинен бути вище в 1,2—1,3 рази при 75 % рівні надійності.

Основні причини продовольчої кризи в світі зведені до наступного [1, с.145]:

— відносно швидкий економічний ріст і приріст населення в країнах, які розвиваються;

— поглиблення кризової ситуації із забезпеченням населення продовольством;

— розповсюдження природних катаклізмів, погіршення стану природного середовища;

— прискорення розвитку виробництва і використання біопалива в країнах-експортерах;

— знецінення американського долару поряд зі зниженими короткостроковими банківськими ставками і підвищеними кредитними ризиками, нестабільністю фондових ринків;

— скорочення рівня світових запасів продовольства, і в першу чергу, запасів зерна;

— низька ефективність міжнародної продовольчої допомоги бідним країнам і верствам населення через обмеженість фінансових коштів ФАО, яких не вистачає на створення необхідних запасів продовольства, в першу чергу зерна;

— перехід багатьох економічно розвинутих країн на виробництво екологічно чистої продукції, що призводить до скорочення загальносвітового обсягу сільськогосподарської продукції, сировини і продовольства та їх подорожчанню, оскільки екологічно чисті продукти на 10 — 40 % дорожче звичайних;

— постійне підвищення цін на енергоресурси може призвести до ліквідації неконкурентоздатних сільськогосподарських підприємств і зменшенню товарних ресурсів сільськогосподарської продукції, сировини і продовольства, перш за все в країнах, які розвиваються, де населення витрачає на їжу більш половини доходів;

— обмеження на торгівлю продовольчими товарами на світовому агропродовольчому ринку, розповсюджені воєнні конфлікти, нестабільність внутрішньополітичної ситуації в деяких країнах.

Зернове господарство — це багатоцільовий сектор економіки, який об'єднує ряд функцій життєзабезпечення, і одночасно базова галузь АПК, яка історично утворює основу стійкого функціонування всього національного агропродовольчого комплексу. Оскільки майже 40 % агропромислового виробництва прямо або непрямо зв'язано з використанням зернових ресурсів, то динамічний розвиток зернового господарства безпосередньо впливає на подолання загальної системної кризи в агропромисловому комплексі і суттєве поліпшення продовольчого забезпечення країни за рахунок мобілізації потенціалу вітчизняного виробництва.

Не дивлячись на переважання звуженого типу відтворення, яке склалось за роки ринкових перетворень, зернове господарство зберегло різноманітні зв'язки з галузями національної економіки. Одне робоче місце при виробництві зерна створює основу для діяльності 7—10 чоловік в інших галузях економіки. Мультиплікативний ефект від розвитку зернового господарства, навіть мінімально оцінений на рівні 3—4, перевищує в 1,5—2 рази величину сільського господарства, що мультиплікує, в розвитку української економіки, дає можливість одночасно вирішувати безліч різних загальноекономічних, міжгалузевих, організаційних, наукових, техніко-технологічних, інноваційних, галузевих, екологічних і соціальних питань [2, с. 147]. От чому в сучасних нестабільних економічних умовах зернове господарство може стати ключовою ланкою в механізмі виведення всього АПК із затяжної кризи на основі використання системи взаємопов'язаних і скоординованих стратегічних і тактичних заходів. Це важливо зробити тому, що завдання стійкого забезпечення країни зерном переростає в складні міжгалузеві проблеми, рішення яких з позиції тільки розвитку одного зернового господарства явно недостатньо.

Раціональне поєднання зернового господарства з іншими галузями агропромислового комплексу створює відносно сприятливі умови для ефективного використання їх виробничих ресурсів і нарощування сільськогосподарської продукції, сировини і продовольства. Навіть не дивлячись на те, що поки існує тенденція скорочення вирощування зерна, під ним зайнято майже 40 % площі ріллі і понад половина посівів сільськогосподарських культур. Частка зерна стійко складає близько 30 % вартості валової і понад половини товарної продукції рослинництва, а також майже одну третину всіх кормів для тваринництва. На зернове господарство доводиться майже одна п'ята всіх витрат сільськогосподарського виробництва, але понад 60—90 % його прибутку [3]. Стабільне виробництво зерна служить важливою складовою частиною формування прибуткової частини бюджету від надходження податків від його переробки і реалізації, використання як сировина в харчовій і переробній промисловості, розвитку експорту.

Місце і роль зернового господарства в економіці АПК і країни в цілому визначаються також значущістю споживної вартості продуктів харчування із зерна. Особливо важлива оцінка зернового виробництва з погляду його соціальної важливості для країни, надійного забезпечення її населення хлібом і хлібобулочними виробами, їх специфічною роллю як нічим не замінимих, достатніх, економічно і фізично доступних і життєво необхідних продуктів харчування стійкого повсякденного попиту, а також продовольством, проведеним з використанням зерна і продуктів його переробки, які за своєю природою складають основу життєдіяльності кожної людини, першою умовою життя безпосередніх виробників зерна і виробництва взагалі. Порівняно висока енергетична, білкова, мінеральна і вітамінна цінність зерна і продуктів його переробки дозволяє людині, постійно вживаючи їх, задовольняти не тільки значну частину своїх фізіологічних потреб, але і робити це при мінімальних грошових витратах, які складають 14,4—18,5 % від загальних витрат домашніх господарств на продовольство.

У раціон харчування українців традиційно завжди входили зернові злаки, що дають практично все необхідні елементи для підтримки нормальної повсякденної життєдіяльності організму людини. Досить відзначити, що останніми роками за рахунок споживання хлібопродуктів задовольняється 40—42 % денній потребі людини в їжі, від 40 до 50 % в білку і вуглеводах. З урахуванням витрат зерна на виробництво продуктів тваринництва його питома вага в енергетичному змісті харчового раціону населення країни складає не менше 50—60 %. Крім того, 2—3 % обсягу внутрішнього споживання зерна переробляється в харчоконцентратній, кондитерській, крохмалопаточній, спиртовій промисловості і пивоварінні. Оскільки розвиток зернового виробництва економічно стимулює діяльність і багатьох інших галузей економіки, то в забезпеченні продовольчої безпеки країни зерно і продукти його переробки мають особливу важливість як відносно дешеве продовольство повсякденного і одночасно стратегічного значення, будучи одним з основних чинників стійкого функціонування і динамічного зростання її економіки. Тому без неухильного нарощування виробництва дефіцитних видів зерна, збереження вирощеного урожаю, раціонального використання зернових ресурсів на насіння і особливо на кормові цілі важко розраховувати на надійне забезпечення населення продовольством і підняти престиж України в світі.

Пріоритетне значення зерна в продовольчому забезпеченні визначається також технологічною можливістю створення його резервних фондів для гарантованого хлібофуражного постачання країни, оперативного регулювання цін на внутрішньому зерновому ринку. В період соціально-економічних потрясінь, нестійкості функціонування економіки зерно стабільно є високоліквідним товаром, свого роду твердою «валютою», а також порівняно поширеним бартерним товаром.

Ціни на зерно значною мірою змінюють і визначають рівень цін на продукцію зв'язаних із зерновим господарством галузей вітчизняного АПК. Більш того, на цінові сигнали зернового ринку досить чуйно реагують не тільки інші продуктові ринки, але навіть сировинні і промислові ринки країни. Запобігання швидким змінам цін — найважливіше завдання соціально-економічної політики української держави.

Порівняно низькі показники трудомісткості, енергоємності, фондомісткості і матеріаломісткості у поєднанні з більшою сприйнятливістю до досягнень науково-технічного прогресу і передової практики, а також інвестиційною привабливістю дають можливість підвищувати ефективність виробництва зерна навіть в регіонах і господарствах з відносно невисоким біокліматичним потенціалом і незначним рівнем забезпеченості виробничими ресурсами.

Унікальність економічної ситуації, що склалася, полягає в тому, що першочергове рішення численних проблем розвитку безпосередньо самого зернового господарства створюватиме необхідні умови для динамічного зростання не тільки сільського господарства і АПК, але і економіки в цілому.

Зернове господарство — це одна з небагатьох галузей сільськогосподарського виробництва з швидкою окупністю витрат, що підтверджується багаторічною практикою ведення зернового господарства в сільськогосподарських підприємствах. Саме у більшості цих виробничих господарств практично будь-яке нововведення в зерновому виробництві відповідає технічній і технологічній здійсненності, організаційній виправданості, економічній допустимості, екологічній доцільності і постійному відтворенню ґрунтової родючості.

Зернове господарство є також однією з небагатьох галузей сільського господарства, в якій підвищення ефективності виробництва зерна частково можливо безпосередньо в рамках розвитку самої зернової галузі за рахунок поліпшення адаптивного розміщення посівів зернових культур та їх раціонального видового і сортового поєднання, поглиблення спеціалізації і посилення концентрації виробництва зерна в регіонах і господарствах, які мають в своєму розпорядженні сприятливіші природні і економічні умови для обробки зернових культур, залишаючись важливим чинником ефективного функціонування зернового господарства при його низькій державній підтримці.

Посіви зернових культур при дотриманні сівозмін сприяють збереженню родючості ґрунтів і частковому відтворенню цього найважливішого і нічим не замінимого виробничого ресурсу в зерновому господарстві. Особливо велике в цьому відношенні значення зернобобових культур, які в умовах багаторічної хронічної нестачі і високої вартості внесення органічних і мінеральних добрив можуть суттєво заповнити не тільки їх значний дефіцит в ґрунті і поліпшити її структуру, але і здешевити виробництво рослинницької і тваринницької продукції взагалі і зерна зокрема. До того ж добра транспортабельність зерна і здатність до тривалого зберігання з відносно низькими кількісними і якісними витратами є основою для створення різного роду його запасів і резервів, які забезпечують надійне хлібофуражне постачання, стабільність і вирівнювання цін на зерно по регіонах країни, її продовольчу безпеку.

На відміну від багатьох видів вітчизняної сільськогосподарської продукції зерно, в основному пшениці, ячменю і іржі, конкурентно на зовнішньому зерновому ринку. У сучасній світовій економіці експорт зерна порівняно з першою половиною минулого століття розглядається не як характеристика відсталості і аграрної спеціалізації країни, а як показник її економічної потужності, реальної можливості і здатності не тільки забезпечити гідний рівень харчування власного населення і національну продовольчу

безпеку, але і стабільно поставляти значні обсяг продовольства на зовнішній ринок, використовуючи їх як своєрідний, але достатньо могутній економічний і політичний важіль тиску на інші країни з метою зміцнення і розширення своїх геополітичних інтересів. Ринок зерна є одночасно особливою сферою стратегічних інтересів і держав, і крупних транснаціональних і національних корпорацій. Це підтверджується багаторічною практикою США, держав Європейського союзу, Канади, Австралії, що традиційно є найбільшими світовими експортерами зерна і зерноємної продукції тваринницьких галузей — м'яса птиці і свинини. 75 % світової торгівлі зерном контролюють 5 транснаціональних корпорацій [2, с.154].

Розвивати експорт українського зерна слід без втрати обмеження його внутрішнього споживання, в першу чергу, на кормові цілі, забезпечення продовольчої безпеки країни та її національних інтересів. На відміну від газу і нафти зерно — постійно заповнюваний експортний ресурс і високоліквідний товар, який забезпечує значну притоку валюти в країну. Доцільно використання сприятливих чинників розвитку українського зернового експорту в сукупності з певною організаційною роботою держави навіть при невисокому рівні економічної підтримки з її боку.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку

Стан зернового ринку є важливим показником якості економічних реформ, що проводяться в країні, реалізації агропродовольчої політики. Він включає практично всі елементи ринкових відносин. Розвиток зернового ринку зачіпає не тільки широкий спектр питань, що стосуються функціонування безпосередньо самого зернового господарства, але і всього агропродовольчого комплексу країни. З урахуванням масштабів і повноти елементів економічних відносин зерновий ринок може служити як своєрідна модель розвитку для інших ринків сільськогосподарської продукції, сировини і продовольства. Разом з тим, зернове господарство вимагає пріоритетної уваги до свого розвитку з боку держави. В зв'язку з цим активнішою повинна бути державна політика регулювання через взаємопов'язану і скоординовану систему економічних, організаційних, інноваційних, правових і інших видів діяльності, створення ефективних і прозорих інструментів регулювання зернового ринку на державному і регіональних рівнях.

У сучасних умовах динамічний і ефективний розвиток зернового господарства і ринку зерна є не тільки економічною передумовою рішення більшості накопичених за період ринкових перетворень фінансових, виробничих і інших проблем, але і способом системного узгодження цільових установок в масштабах всієї економіки на суттєве збільшення і стійкий ріст валового внутрішнього продукту. Зернове господарство не є замкнутою самодостатньою системою, а розвивається за законами динамічно змінної ринкової економіки. Численні фінансові потоки, масштаби чинників виробництва і обсяг зернообігу настільки великі і розгалужені, що раціонально збудована національна зернова політика здатна перетворити країну на потужну європейську зернову державу. Інакше її зернове господарство може стати звичайною, другорядною галуззю АПК, навіть нездібною повною мірою задовольнити першочергові внутрішні потреби держави. Без поступового відновлення місця зернового господарства в міжгалузевих економічних відносинах, відповідно його ролі в економіці і забезпеченні продовольчої безпеки країни, важко розраховувати на стійкий і динамічний розвиток зернового господарства, своєчасне виконання ним в повному обсязі всіх своїх численних народногосподарських функцій.

Величезний потенціал зернового господарства країни слід розглядати і оцінювати як народне надбання, постійне величезне джерело національного багатства, при раціональному використанні якого можуть бути вирішені практично всі численні питання надійного забезпечення населення продовольством, стійко розвивати експорт зерна, реально перетворивши його на сильний важіль ефективного функціонування безпосередньо самої зернової галузі, яка мультиплікативно зробить значний позитивний вплив на всю економіку України, її економічний і геополітичний стан в світі. Крім того, маючи в своєму розпорядженні чорноземні ґрунти і ресурси зернових колосових культур, розвиваючи зернове господарство на основі ефективних ресурсозберігаючих технологій, вона може повністю забезпечити продовольством не тільки своє населення, але і зробити гідний внесок до вирішення світової продовольчої проблеми.

Література

1. Алтухов А.І. Мировой продовольственный кризис: причины возникновения и проблемы преодоления. — Економіка АПК, 2010 р. —№6. — С. 145—154.
2. Алтухов А.І. Национальная продовольственная безопасность: проблемы и пути их решения.
3. Сільське господарство України. Статистичний збірник. — К.: «Інформаційне аналітичне агентство», 2009. — 370 с.