

ISSN 2073-8730

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

# НАУКОВІ ПРАЦІ

ВИПУСК 44

ТОМ 1



ОДЕСА

2013



# НАУКОВІ ПРАЦІ ОНАХТ

Випуск 44, том 1, 2013

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** *Капрельяну 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.

*Ткаченко Н.А.*, д-р техн. наук, проф.

*Іоргачова К.Г.*, д-р техн. наук, проф.

*Осипова Л.А.*, д-р техн. наук, доц.

*Савенко І.І.*, д-р екон. наук, проф.

*Павлов О.І.*, д-р екон. наук, проф.

*Тележенко Л.М.*, д-р техн. наук, проф.

*Черно Н.К.*, д-р техн. наук, проф.

*Хобін В.А.*, д-р техн. наук, проф.

*Шутенко Є.І.*, канд. техн. наук, доц.

**За достовірність інформації  
відповідає автор публікації**

ББК 36.81 + 36.82

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 № 12 від 4.06.2013 р.

Мова видання:  
українська, російська, англійська

УДК 663 / 664

**Одеська національна академія харчових технологій**

Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій

Міністерство освіти і науки України. – Одеса: 2013. – Вип. 44. – Том 1. – 309 с.

**Адреса редакції:**

вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039

© Одеська національна академія харчових  
технологій, 2013 р.

РОЗДІЛ 1

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

## ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕРОБКИ ПІДГОТОВЛЕНОГО ЗЕРНА НУТУ В КРУПИ

Шутенко Є.І., канд. техн. наук, доцент, Москвіна Н.З., аспірант  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

*У статті розглянуто особливості переробки зерна нуту в крупи за двома варіантами схем та різними умовами підготовки зерна.*

*This article discusses the features of processing of grain chickpea in cereals for the two options schemes and different conditions of preparation of grain.*

Ключові слова: нут, крупи, переробка, технологічна схема.

У круп'яній промисловості України як сировину для виробництва круп сьогодні застосовують такі зернові та зернобобові культури: пшеницю, гречку, просо, овес, кукурудзу, ячмінь, рис, горох. Тому розширення асортименту продукції галузі за рахунок використання нових культур є актуальним завданням. Однією з таких культур є нут, який серед зернобобових культур за використанням у їжу посідає друге місце, а за обсягом виробництва – четверте.

Відомо, що нут має підвищену біологічну цінність, містить значну кількість макро- і мікроелементів, вітамінів, 23–27 % білка, добре збалансованого за амінокислотним складом, який за класифікацією ФАО наближається до ідеального [1].

Слід зазначити, що нут належить до найбільш посухо- та жаростійких культур і в особливо посушливі роки, які останнім часом трапляються частіше, добре конкурує за продуктивністю з горохом. Важлива також можливість вирощування нуту без застосування інсектицидів, оскільки він не має специфічних шкідників, і, отже, підвищується його привабливість як екологічно чистої продукції.

За анатомічною будовою, фізичними, структурно-механічними властивостями нут близький до гороху. Результати проведених попередніх досліджень технологічних властивостей нуту, особливостей його лущення і шліфування, впливу режимів цих процесів на зміну кількісно-якісних характеристик отримуваних фракцій продуктів [2] дали змогу визначитись з основними характеристиками технологічних схем його підготовки і переробки в крупи: нут лущений цілий і нут лущений колений.

Розроблена технологічна схема підготовки нуту до переробки передбачає вилучення домішок за розмірами, аеродинамічними, магнітними властивостями та проведення водотеплової обробки, яка полягає у пропарюванні зерна, його короткочасному відволожуванні, сушінні та охолодженні.

Переробку підготовленого зерна проводили за двома варіантами технологічних схем (рис. 1 та 2). Кожен із зазначених варіантів включає чотири системи: дві лущильні і дві шліфувальні. Кожна лущильна або шліфувальна система передбачає лущення (шліфування) продукту та його сортування. В процесі сортування продуктів лущення і шліфування нут цілий отримували сходом сит з довгастими отворами 4,5x20 мм, нут колений – проходом сита 4,5x20 мм і сходом сита 2,2x20 мм. Мучку кормову вилучали проходом сита з дрітчастої сітки № 080, а лузгу – проходом сита 2,2x20 мм та сходом сита № 080. Обидва варіанти схем передбачають по дві лущильні і дві шліфувальні системи, при цьому на шліфувальній системі № 1 обробляли нут цілий, а на шліфувальній системі № 2 – нут колений. Відмінність застосованих схем полягала в особливостях спрямування розсортованих продуктів першої лущильної системи. За варіантом схеми № 1 отримані в процесі сортування продуктів першої лущильної системи фракції цілого і коленого нуту спрямовувались відповідно на другу лущильну і другу шліфувальну систему. За варіантом схеми № 2 обидві зазначені вище фракції спрямовували на другу лущильну систему. Тобто за варіантом схеми № 2 нут колений обробляється більш інтенсивно в порівнянні з варіантом схеми № 1. Проведення попередніх досліджень показало, що сортування продуктів лущення і шліфування нуту здійснюється з більшою ефективністю при використанні для вилучення найбільш крупних фракцій сит з довгастими отворами в порівнянні з еквівалентними ситами з круглими отворами.

Результати переробки нуту в крупи лущені цілі і колені за варіантами схем № 1 і № 2 наведені в таблиці.

Аналіз результатів досліджень свідчить про наявність суттєвих відмінностей у виході готової продукції та побічних продуктів за перероблення нуту, який підлягав водотепловій обробці (ВТО). З таблиці видно, що за незмінної структури технологічного процесу проведення водотеплової обробки сприяє покращенню результатів переробки, а саме: збільшенню виходу цілих круп і зменшенню виходу круп колених. Так, при використанні варіанта схеми № 1 за проведення ВТО вихід цілих круп збільшився на



2,7 % при одночасному зменшенні круп колених на 3,1 %. Аналогічна тенденція спостерігається і для варіанта схеми № 2.

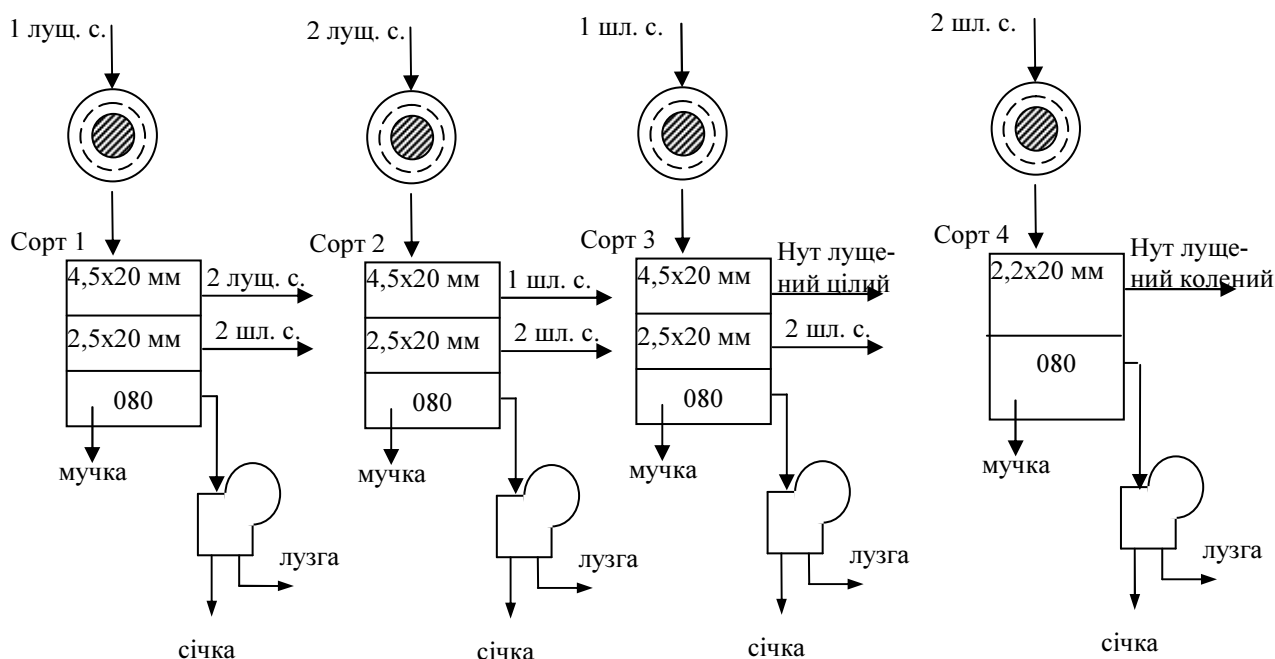


Рис. 1. – Технологічна схема переробки нуту в крупу нут лущений цілий і колений (варіант № 1)

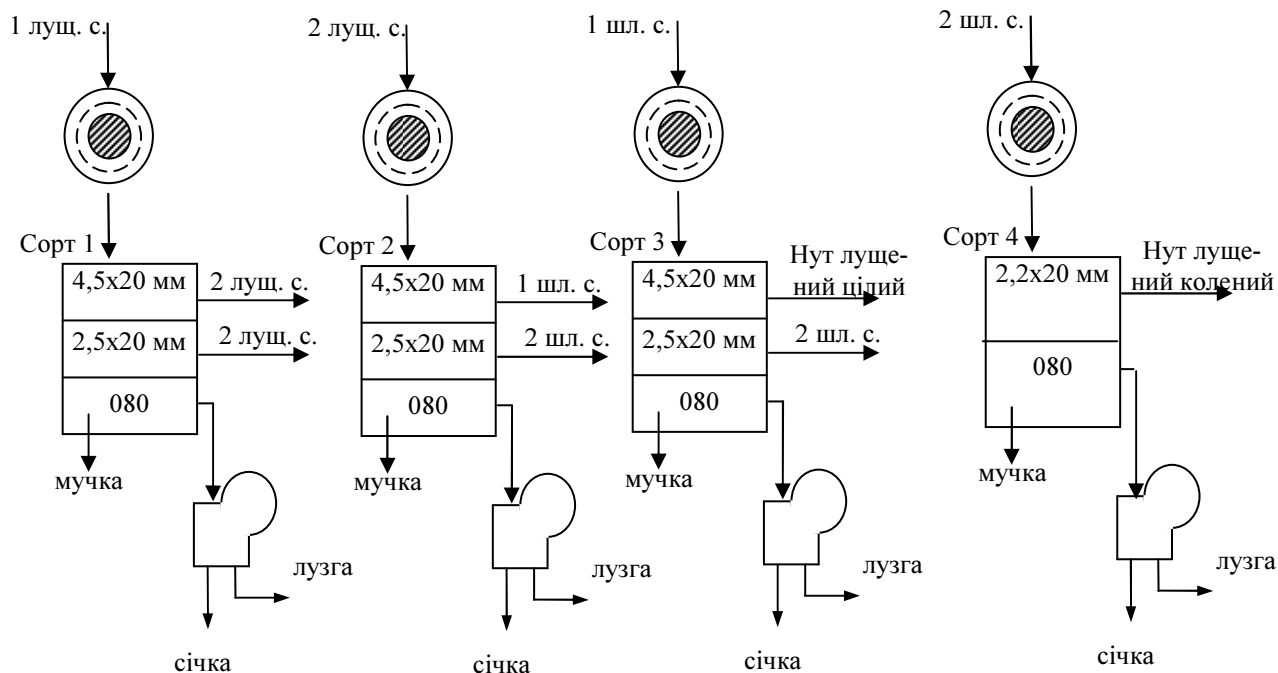


Рис. 2. – Технологічна схема переробки нуту в крупу нут лущений цілий і колений (варіант № 2)

Таблиця результатів переробки нуту в крупи за варіантами схем № 1 і № 2

| Умови підготовки зерна | Варіант схеми | Результати переробки |           |                           |           |                   |          |                           |                                                           |                   |              |       |
|------------------------|---------------|----------------------|-----------|---------------------------|-----------|-------------------|----------|---------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------|--------------|-------|
|                        |               | Режими лущення       |           |                           |           | Режими шліфування |          |                           | Вихід готової продукції, побічних продуктів і відходів, % |                   |              |       |
|                        |               | Вихід мучки, %       |           | Вихід подрібненого ядра,% |           | Вихід мучки, %    |          | Вихід подрібненого ядра,% | Крупа нут цілий                                           | Крупа нут колений | Мучка, січка | Лузга |
|                        |               | 1 лущ. с.            | 2 лущ. с. | 1 лущ. с.                 | 2 лущ. с. | 1 шл. с.          | 2 шл. с. | 1 шл. с.                  |                                                           |                   |              |       |
| Без ВТО                | №1            | 8,9                  | 6,5       | 12,1                      | 2,4       | 5,9               | 1,2      | 3,8                       | 56,8                                                      | 17,1              | 22,5         | 3,6   |
|                        | №2            | 9,7                  | 7,8       | 12,0                      | 11,8      | 5,3               | 0,5      | 3,7                       | 58,0                                                      | 15,0              | 23,3         | 3,7   |
| З ВТО                  | №1            | 5,5                  | 9,4       | 6,3                       | 4,9       | 7,8               | 1,1      | 4,2                       | 59,5                                                      | 13,9              | 23,8         | 2,8   |
|                        | №2            | 5,2                  | 11,0      | 6,2                       | 8,3       | 7,2               | 1,3      | 5,2                       | 60,0                                                      | 11,9              | 24,7         | 3,4   |

Таким чином, незалежно від прийнятого варіанта схеми переробки використання ВТО при підготовці нуту приводить до збільшення виходу цілих круп за незначного зниження сумарного виходу круп цілих і колених. При цьому спостерігається також збільшення виходу мучки на 0,6–0,9 %. Такий характер зміни виходу основних і побічних продуктів переробки можна пояснити тим, що проведення ВТО сприяє, з одного боку, зміцненню зв'язку між сім'ядолями зернівки, а з іншого боку, призводить до певного зниження міцності центральної частини і прискореної трансформації в мучку фрагментів найменш міцних зерен, що розкололися в процесі лушення чи шліфування.

З таблиці також видно, що при переробці нуту за варіантом схеми № 2 незалежно від умов його підготовки (використання чи невикористання водотеплової обробки) вихід мучки на другій лушильній системі збільшується на 1,3–1,5 %, що пояснюється збільшенням навантаження на дану систему за рахунок додаткового спрямування на неї нуту коленого з першої лушильної системи.

Аналізуючи особливості зміни величин виходів основних і побічних продуктів при використанні схем № 1 і № 2 за незмінних умов підготовки зерна, можна констатувати також деяке збільшення круп цілих при зменшенні круп колених для варіанта схеми № 2. Такі особливості можуть бути пояснені тим, що за використання варіанта схеми № 2 і спрямування частинок коленого нуту на другу лушильну систему на ній змінюються умови лушення. У процесі обробки суміші продуктів у голендрі менші за крупністю частинки коленого нуту в результаті самосортування швидше й інтенсивніше контактують з робочою поверхнею, що обертається. Це спричиняє більший ступінь їхнього подрібнення в порівнянні з цілими зернами нуту з утворенням більшої кількості мучки.

#### Висновки

1. Проведені дослідження показали можливість виробництва круп нут лушений цілий і нут лушений колений з використанням запропонованих варіантів схеми.

2. Проведення водотеплової підготовки зерна нуту сприяє збільшенню виходу круп нут лушений цілий.

#### Література

1. Скурихин, И.М. Химический состав пищевых продуктов [Текст]: справочник / И.М. Скурихин, М.Н. Волгарев. – М.: Агропромиздат, 1987. – 360 с.
2. Шутенко, Є.І. Особливості лушення насіння нуту [Текст] / Є.І. Шутенко, А.О. Донець, Н.З. Москвіна, Г.С. Литянська // Зб. наукових праць ОНАХТ. – Вип. 42. – Одеса: ОНАХТ, Т. 1. – 2012, С. 35–38.

УДК 664.785

## ВПЛИВ ВОДНОТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА НА ВИХІД І ЯКІСТЬ ЦІЛОЇ КРУПИ З ГОЛОЗЕРНОГО ВІВСА

Соц С.М., канд. техн. наук., доцент, Волошенко О.С., канд. техн. наук., доцент, Кустов І.О., асп.  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

*У цій статті наведені результати досліджень впливу різних режимів воднотеплової обробки зерна голозерного вівса при його підготовці до переробки на ефективність етапу шліфування та показники якості отриманої крупи.*

*This article describes the results of researches of influence different modes of moistening naked oat grain at its preparation to the processing on the efficiency of the polishing stage and quality indicators obtained groat.*

Ключові слова: голозерний овес, круп'яне виробництво, зволоження зерна, етап шліфування, крупи вівсяні неподрібнені.

Овес є цінною зерною культурою, яка має високу харчову цінність та завдяки своєму особливому хімічному складу використовується у різних галузях світової промисловості. У нашій країні овес переважно використовують як продовольчу та кормову культуру. Традиційними харчовими продуктами, які виробляють при переробці вівса, є крупи неподрібнені та пластівці. Вихід готової продукції при виробництві вівсяних круп і круп'яних продуктів у середньому становить 40-45 %. Низький вихід готової продукції пов'язаний з використанням як сировини звичайних плівкових сортів вівса, які відповідають нормам круп'яної промисловості. Технологічний процес переробки плівкових сортів вівса має велику протяжність, складні етапи механічної обробки поверхні зернівки, метою яких є видалення поверхневих плівок, що в свою чергу зменшує загальний вихід готової продукції. Для сучасної круп'яної промисловості такі низькі показники є недостатніми. Основною умовою для забезпечення високого сучасного рівня роботи вітчизняних круп'яних підприємств є вдосконалення існуючих технологій, що дозволить найбільш раціонально використовувати ресурси зерна, підвищити асортимент і якість продукції при зниженні витрат на виробництво. З появою на території нашої країни голозерного вівса одним з можливих напрямків підвищення ефективності вівсопереробної промисловості є його впровадження у виробництво. Основними перешкодами широкого використання у вітчизняній вівсопереробній промисловості голозерного вівса є відсутність регламенту, який би визначав його переробку в харчові продукти, що є наслідком недостатньої дослідженості нової культури.

На кафедрі технології переробки зерна Одеської національної академії харчових технологій проводяться дослідження голозерних сортів вівса, метою яких є їх впровадження у вітчизняне круп'яне виробництво.

При попередніх дослідженнях було встановлено основні технологічні показники голозерного вівса сорту «Соломон», на основі яких розроблено схему очищення і підготовки зерна до переробки в крупи та круп'яні продукти, розроблено структуру переробки голозерного вівса в крупи вівсяні неподрібнені. Дослідженнями процесу підготовки голозерного вівса до переробки було встановлено оптимальну температуру води 60 °С для зволоження зерна перед переробкою. Воднотеплова обробка голозерного вівса полягає в цілеспрямованій дії вологи та тепла на зерно для направленої зміни технологічних властивостей. Відсутність на поверхні зерна голозерного вівса плівок обумовлює при його підготовці до переробки застосування методу холодного кондиціювання зерна за схемою зволоження–відволоження зерна.

Метою даного дослідження є визначення впливу ступеня зволоження зерна при його підготовці на ефективність етапу шліфування.

Існуюча класична технологія переробки звичайного плівкового вівса передбачає шліфування ядра як заключну операцію обробки поверхні зернівки, яка проводиться після лушення. Шліфування проводять на одній шліфувальній системі, використовуючи для цього, як правило, шліфувальні посади. «Правилами ведення технологічного процесу на круп'яних заводах» передбачено можливість виключення з технологічної схеми процесу шліфування, за умови, якщо лушення буде проводитися у лушильних посадах та застосовуватиметься у схемі пневматичний транспорт для транспортування продуктів переробки. За таких умов більш інтенсивна обробка зерна при лушенні у лушильних посадах та тертя у стінках продуктопроводу забезпечить таку ж саму обробку зерна, що і шліфувальна система. Середня вологість зерна плівкового вівса, яке надходить на переробку, в залежності від установлених на етапі лушення машин становить 10,0-14,0 %.

При переробці голозерного вівса, у якого на поверхні зернівки відсутні плівки, шліфування є єдиною й основною операцією з обробки поверхні зернівки, проведення якої буде забезпечувати видалення плодкових, насінневих оболонок і частково зародка. На етапі шліфування здійснюється очищення поверхні зерна, в результаті чого зменшується мікробіологічне обсіменіння, знижується зольність, поліпшуються його смакові якості, і оскільки частково віддаляється зародок, в якому міститься велика кількість жиру, це також збільшує стійкість отриманих круп, подовжуючи термін їх зберігання.

Для визначення впливу ступеня зволоження на ефективність шліфування зерна очищене від характерних домішок зерно голозерного вівса сорту «Соломон» з вихідною вологістю 10 % врожаю 2011 та 2012 років зволожували до заданої вологості 12 і 14 %, після чого направляли на переробку. Кількість води, необхідну для зволоження зерна, розраховували за формулою:

$$B = 3 \cdot \left( \frac{100 - A}{100 - B} - 1 \right),$$

де B – кількість води для зволоження зерна;

3 – маса зволожуваного зерна;

A – початкова вологість зерна;

B – кінцева вологість зерна.

Для рівномірного розподілення води в зерні його відволожували у спеціальній герметичній теплоізованій ємності протягом 12 годин. Дослідження процесу шліфування зерна проводили на голендрі – лабораторній лушильно-шліфувальній машині. Зразки зерна голозерного вівса з різною вологістю шліфували від 30 до 300 с з інтервалом 30 с. Суміш продуктів шліфування направляли на сепарування, де проводили видалення борошени та дрібки. Технологічну ефективність процесу оцінювали за загальним виходом, зольністю та кольором виробленої круп. Результати проведених досліджень наведені на рис. 1-4.

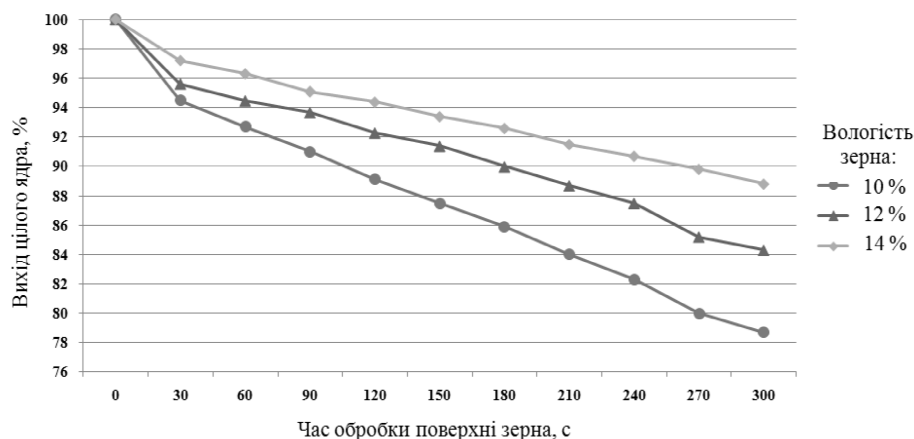


Рис. 1 – Залежність виходу цілого ядра від ступеня зволоження та часу обробки зерна врожаю 2011 року

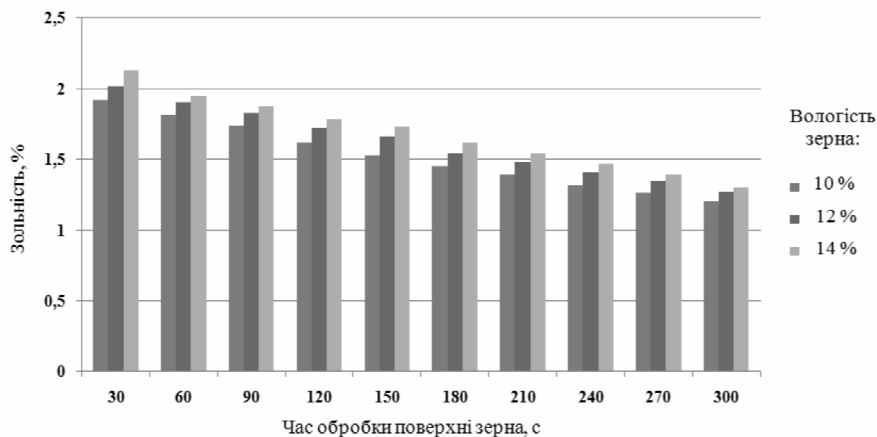


Рис. 2 – Вплив часу обробки поверхні зерна на зольність цілої круп, отриманої із зерна врожаю 2011 року

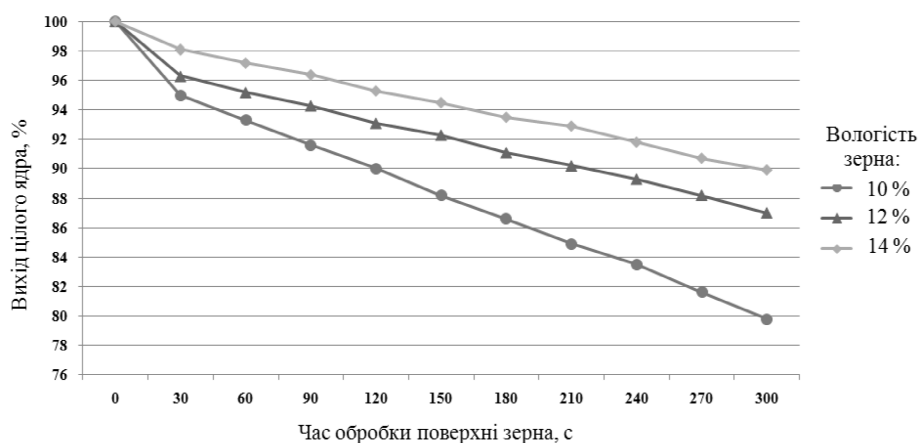


Рис. 3 – Залежність виходу цілого ядра від ступеня зволоження та часу обробки зерна врожаю 2012 року

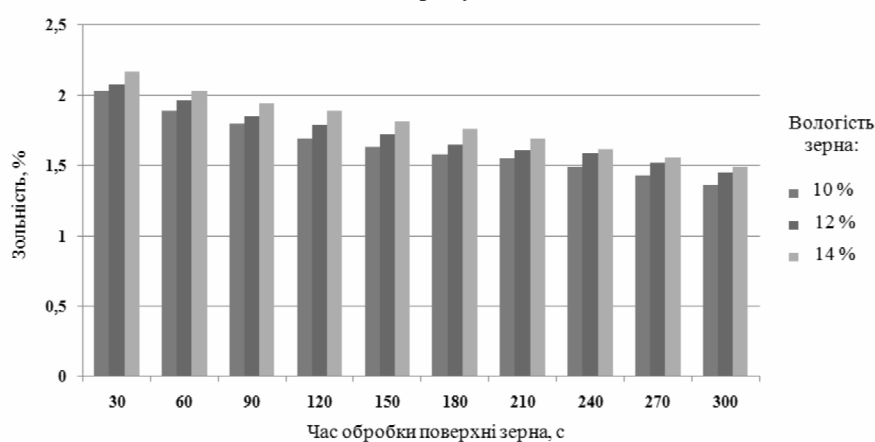


Рис. 4 – Вплив часу обробки поверхні зерна на зольність цілої крупи, отриманої із зерна врожаю 2012 року

У ході проведення досліджень було доведено можливість використання голозерного вівса як сировини при виробництві круп вівсяних неподрібнених зі стандартними показниками якості. Метою проведення цього етапу було визначення параметрів обробки зерна, які забезпечать максимальний загальний вихід готової продукції з найбільш близькими до установлених стандартом показниками якості.

Із наведених результатів видно, що для досліджуваних зразків голозерного вівса ступінь шліфування змінювався залежно від вологості. Збільшення вмісту вологи в зерні призводило до зменшення ступеня шліфування, що пояснювалося структурно-механічними властивостями зволоженого зерна: більш вологе зерно мало вищу міцність та в'язкість, і як наслідок збільшувалася його стійкість до механічної обробки. Найменший вихід цілого ядра 78,7-79,8 % мало зерно з вихідною вологістю 10 % при часі обробки зерна у шліфувальній машині 300 с, найбільший вихід – 97,2-98,1% спостерігався у зерна з вологістю 14 %, при найменшому часі обробки поверхні 30 с, що в 1,7...2,1 рази перевищує загальний вихід цілої крупи в порівнянні з переробкою плівкових сортів вівса базисних кондицій.

Якісним показником готової продукції, який характеризує загальний вміст мінеральних речовин, є зольність зерна. Для цілої вівсяної крупи діючими нормами зольність не регламентована, але для пластівців зольність регламентована і повинна бути не більшою за 1,9 % при виробництві пластівців «Пелюсткові» і не більшою за 2,1 % для пластівців «Геркулес» і «Екстра», вихідною сировиною для вироблення яких є ціла вівсяна крупа. У ході дослідження було встановлено, що зольність досліджуваних зразків голозерного вівса змінювалася в залежності від часу шліфування. Найменші показники зольності 1,20-1,36 % були зафіксовані при максимальному часі обробки зерна 300 с з вологістю 10 %, найбільші показники зольності 2,13-2,17 % при найменшому часі шліфування 30 с зерна з вологістю 14 %.

#### Література

1. Правила організації і ведення технологічного процесу на круп'яних заводах. – К., 1998. – 164 с.

2. Шутенко Є.І. Технологія круп'яного виробництва: навч. посібник / Є.І. Шутенко, С.М. Соц. – К.: Освіта України, 2010. – 272 с.
3. Мерко І.Т. Наукові основи і технологія переробки зерна / І.Т. Мерко, В.О. Моргун. – Підручник. – Одеса: Друк, 2001. – 348 с.
4. Мельников, Е. М. Влияние режимов гидротермической обработки на технологические свойства голозерного овса / Е. М. Мельников, Л. А. Касьянова, С. Н. Байтова // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2005. – № 11. – С. 55-56.
5. Соц С.М. Технологічні властивості вітчизняного зерна голозерного вівса / С.М. Соц, І.О. Кустов // Хранение и переработка зерна. – 2012. – № 4. – С. 47 – 48.
6. Голозерный овес – новая крупяная культура/ С.М. Соц, Д.А. Жигунов, И.А. Кустов // Вузовская наука Северо-Кавказскому федеральному округу. Материалы Всероссийской научно-практической конференции 9-10 апреля 2013 года. Секция с международным участием «Инновационные направления в пищевых технологиях». Том 3 – Технические науки. – Пятигорск: РИА-КМВ. – 2013. – С. 57-60.

УДК 633.11:631.547.1

## ВИВЧЕННЯ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ПЛАСТІВЦІВ ІЗ ПРОРОЩЕНОГО ЗЕРНА ПШЕНИЦІ

Фоміна І.М., канд. техн. наук, доцент, Івахненко О.О., аспірант  
Харківській національний технічний університет сільського господарства  
ім. Петра Василенка, м. Харків

*У статті показано зміну вмісту вітаміну С та поліфенольних сполук у зерні пшениці під час пророщування та вивчено їхню збереженість у технології зернових пластівців.*

*The change of content of vitamin C and poliphenol compounds in wheat grain during the sprouting were shown in the article. And their preservation in the technology of cereal flakes was studied.*

Ключові слова: пророщене зерно пшениці, пластівці, вітамін С, поліфенольні речовини.

Виробництво традиційних круп не є достатнім для задоволення фізіологічних потреб населення, оскільки в технологічному процесі всі крупини проходять надмірну обробку і в результаті втрачають велику частину біологічно-активних речовин. Крім того, змінилися вимоги сучасної людини до енергетичної та харчової цінності круп. На перший план виходять завдання збільшення вмісту біологічно активних речовин у продуктах повсякденного споживання.

У літературі є інформація про те, що одним із таких фізіологічних підходів до вирішення проблеми є біотрансформація сполук сировини, а саме: пророщування зерна. У результаті пророщування підсилюється дія ферментів зерна, починаються процеси розчинення відкладених у ендоспермі складових речовин до більш простих. Крохмаль перетворюється у декстрини і мальтозу, а білки – у амінокислоти. Таким чином, процес пророщування супроводжується виключним зростанням активності ферментів і розщеплення складних запасних речовин на більш прості, що є більш розчинними та сприяють розвитку зародка [1]. Під час пророщення в зерні накопичуються біологічно-активні речовини вітаміни, поліфенольні сполуки тощо.

Відомим є виробництво пластівців із пророщеного зерна пшениці, отриманих плющенням зерна і подальшою сушкою. Харчовий продукт легко перетравлюється, має високу харчову цінність та дієтичні й лікувально-профілактичні властивості. Харчова цінність пластівців характеризується високим вмістом амінокислот, моносахарів, ліпідів, вітамінів (групи В, Н, РР, Е), мінеральних речовин (К, Mg, Р, Na, Са, Fe), антиоксидантів, клітковини [2].

Пророслі зерна злаків мають у своєму складі практично всі незамінні амінокислоти, а вміст вітамінів (А, В, Е, В, РР, Н та інші) збільшується в 5-10 і більше разів. У сухому зерні пшениці вміст вітаміну С досягає 1,07 мг/100 г. А у зерні, що проростало 1 добу, збільшується до 1,91 мг/100 г [3,4].

Показано зростання вмісту поліфенолів в зерні пшениці під час його пророщування. Загальна кількість поліфенольних сполук за три доби збільшується на 100-130 %. За першу добу пророщування цей показник зростає на 6-8 %, на другу добу – на 50-60 %. [5,6]

Але не наведено збереженість цих компонентів у технології харчових продуктів, а саме пластівців зернових, та не встановлено їхньої кількості, яка доходить безпосередньо до споживача.

Метою роботи було простежити утворення та збереження біологічно-активних речовин, а саме вітамінів та поліфенольних сполук у технології пластівців із пророщеного зерна пшениці. Зміну вмісту вітамінів вивчали на прикладі вітаміну С як термолабільного компоненту.

Дослідження проводили в лабораторії кафедри технологій переробних і харчових виробництв Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка.

Об'єктом дослідження було зерно ярої пшениці, характеристику якого наведено в таблиці 1. Для визначення зміни та накопичення біологічно-активних речовин у зерні пшениці пророщування проводили протягом трьох діб. Для виготовлення пластівців із пророщеного зерна пшениці пророщення проводили протягом доби.

Визначення вітаміну С проводили методом візуального титрування по кількісному окисненню аскорбінової кислоти розчином 2,6-діхлорфеноліндофенолята натрію [6].

Кількість поліфенольних сполук визначали колориметричним методом Фоліна – Чокальтеу. В основі методу окиснення фенолів сумішшю фосфорно-вольфрамової та фосфорно-молібденової кислот з утворенням розчину з блакитним забарвленням, інтенсивність якого залежить від кількості поліфенольних сполук [5].

Таблиця 1 – Характеристика зразків, що досліджувалися

| Показник                     |              | Зразок     |
|------------------------------|--------------|------------|
| Рік врожаю                   |              | 2012       |
| Тип                          |              | яра, м'яка |
| Вологість, %                 |              | 12,8       |
| Натура, г/л                  |              | 785        |
| Скловидність, %              |              | 57,5       |
| Характеристика<br>клейковини | вміст, %     | 35,6       |
|                              | показник ІДК | 86         |

Під час пророщування зерна пшениці протягом трьох діб спостерігається поступове зростання вмісту вітаміну С та загальної кількості поліфенольних сполук (рис.1). Так, за три доби пророщування відбувається збільшення вмісту загальної кількості вітаміну С на 58 % і досягає 0,54 мг/на 100г продукту в перерахунку на суху речовину порівняно з 0,34 мг/на 100г продукту в сухому зерні. Вже на першу добу пророщування кількості вітаміну С в зерні збільшується на 29 %, а на другу добу – на 44 %.

Аналогічна залежність спостерігається і в накопиченні поліфенольних сполук. Загальна кількість поліфенольних сполук зростає на 24 % за першу добу і досягає позначки 2,18 мг/на 100г продукту в перерахунку на суху речовину, на другу добу – на 50 % (2,63 мг/на 100г) , на третю добу – на 68 % ( 2,95 мг/на 100г продукту).

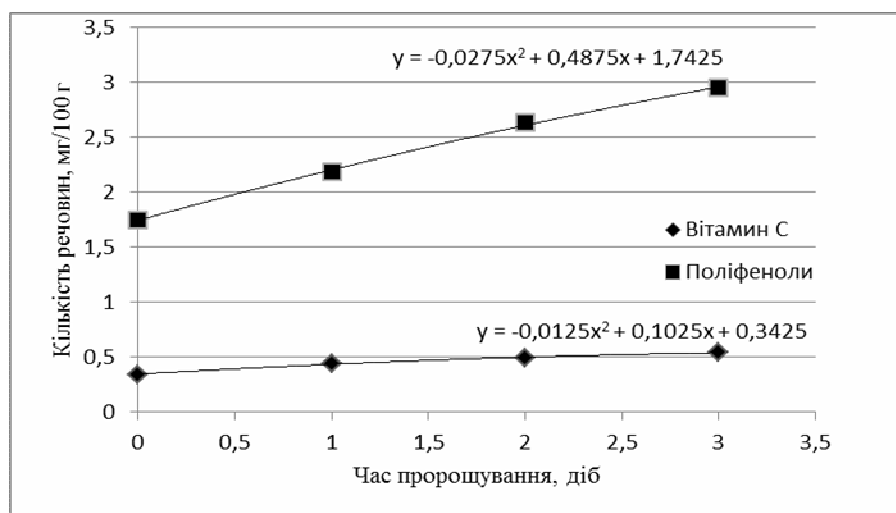
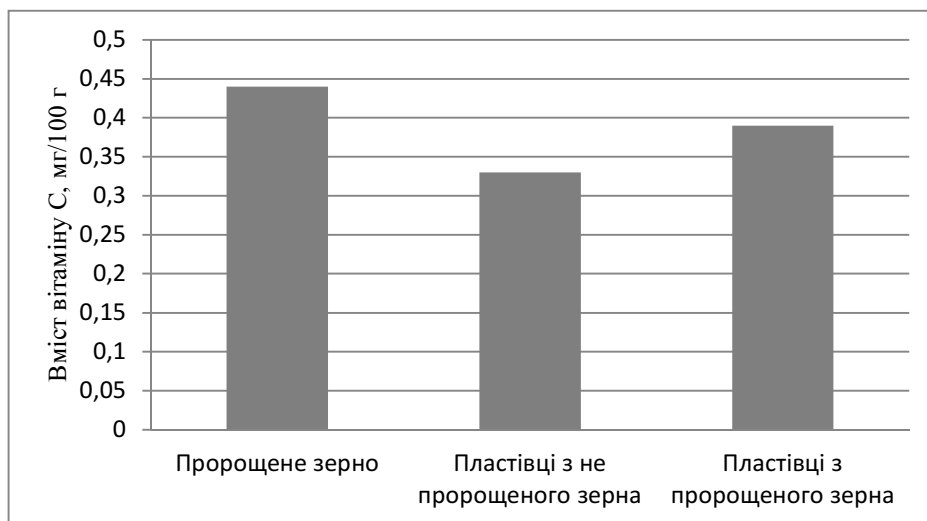


Рис.1 – Зміна вмісту вітаміну С та поліфенолів у зерні пшениці під час пророщування

Аналіз збереження вітаміну С та поліфенольних сполук проводили в пластівцях, виготовлених із пророщеного зерна, для порівняння використовували пластівці зернові за традиційною технологією. Традиційною технологією передбачається виробництво пластівців із лущеного зерна пшениці. Послідовність технологічного процесу виробництва пшеничних пластівців включає такі технологічні операції: зважування зерна пшениці, очищення зерна від легких домішок, вилучення мінеральних та металоманітних домішок, зволоження зерна до вологості 15 – 16%, відволоження протягом 3 годин, зволоження до вологості 18 – 20 %, відволоження протягом 2 годин, пропарювання протягом 5 хвилин, релаксація 20 – 30 хвилин, підсушка до вологості 19 – 20 %, плющення за допомогою мікрошорохуватих вальців, сушка до показника вологості виробів 13 %, охолодження до температури 25 – 30 °С, упаковка.

Технологія виробництва пластівців із пророщеного зерна пшениці включає такі етапи: зважування зерна пшениці, очищення зерна від легких домішок, вилучення мінеральних та металоманітних домішок, замочування зерна у воді до вологості 28-30 %, пророщування, підсушка до вологості 19 – 20 %, плющення за допомогою мікрошорохуватих вальців, сушка до показника вологості виробів 13 %, охолодження до температури 25 – 30 °С, упаковка.

За результатами досліджень встановлено, що вміст вітаміну С в зерні, підготовленому до виробництва пластівців, а саме пророщеному одну добу складає 0,44 мг/100 г продукту в перерахунку на суху речовину. Під час технологічної обробки з метою виготовлення пластівців 11-12 % вітаміну С руйнується (рис.2). Але загальна кількість вітаміну С в готовому продукті з пророщеного зерна перебільшує його вміст у зернових пластівцях, виготовлених за традиційною технологією на 18 % і складає 0,39 мг/100 г продукту в перерахунку на суху речовину.



**Рис. 2 – Кількість вітаміну С в зерні та пластівцях, виготовлених з не пророщеного та пророщеного зерна пшениці**

Під час спостереження за зміною загального вмісту поліфенольних сполук у пластівцях із пророщеного зерна за технологічною обробкою встановлено незначне зниження цього показника, яке складає 1,5-2 % (рис.3). Кількість поліфенольних сполук у пророслому зерні пшениці становить 2,18 мг/100 г продукту в перерахунку на суху речовину, а в пластівцях, виготовлених із цього пророщеного зерна, вона складала 2,15 мг/100 г продукту в перерахунку на суху речовину. При цьому вміст поліфенолів у пластівцях із не пророщеного зерна складала 1,7 мг/100 г продукту в перерахунку на суху речовину. Отже, пластівці з пророщеного зерна пшениці збагачені поліфенольними сполуками, які, у свою чергу, майже повністю зберігаються при переробці зерна. У процесі переробки зерна зберігається 98 % вмісту поліфенольних сполук у пластівцях.

#### **Висновок**

За результатами вимірювання встановлено, що під час пророщення пшениці відбувається зростання вмісту вітаміну С та поліфенольних сполук. Так, за три доби пророщування спостерігається збільшення вмісту загальної кількості вітаміну С на 158 %, а поліфенолів на 168 %. Під час технологічного процесу переробки зерна у пластівці кількість вітаміну С зберігається на 88 %, кількість поліфенолів – на 98 %.



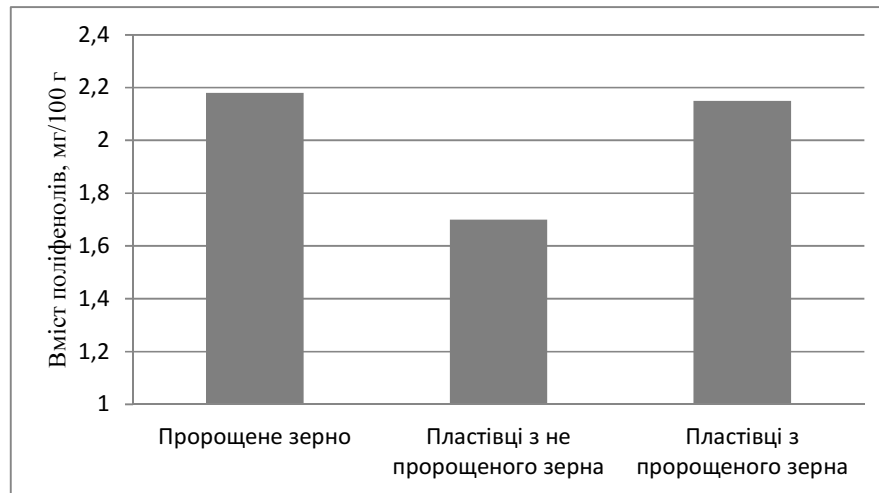


Рис.3 – Кількість поліфенолів в зерні та пластівцях, виготовлених з не пророщеного та пророщеного зерна пшениці

#### Література

1. Тележенко, Л.М., Атанасова В.В. Вплив пророщування сочевиці на зміну технологічних властивостей та хімічного складу продукту [Текст] / Технологія і безпека продуктів харчування. 2010. – № 4, – С. 70-72.
2. Пат. 2122332 Российская Федерация, A23L1/185, C12C1/00, A61K35/78. Пищевой продукт [Текст] / Наконечный В.И.; заявитель и патентообладатель Наконечный В.И. – № 97102888/13; заяв. 26.02.1997; опубл. 27.11.1998. – 3 с.
3. Овчаров, К.Е. Физиология формирования и прорастания семян [Текст] – М.: «Колос», 1976. – 254с.
4. [Электронный ресурс]./ – Зерно пшеницы – Режим доступа: <http://www.gabris.ru/gabris/health/wheat/seed.php>
5. John D., Folts Ph. D.// Biofactors (Abstr.). 1995. – Vol. 5, – № 1. – Р. 48-49.
6. Фомина І.М., Івахненко О.О. Визначення поліфенольних сполук в зерні пшениці під час пророщення методом Фоліна-Чокальтеу // Збірник наукових праць ХНТУСГ ім. П.Василенка. 2012.
7. Цыганов А.Р., Сучкова И.В., Ковальова И.В. Органическая и биологическая химия // Методические указания. – Г. 2003, – С. 9-11.

УДК 664:613.2:006.015.8

## ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ, КАК СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ РАЗМОЛА ЗЕРНА

Афонасенко К.В., аспирант, Панкратов Г.Н., д-р техн. наук  
Московский государственный университет пищевых производств, г. Москва, Россия

*В данной работе ставилась задача показать целесообразность использования процесса предварительного измельчения (дробления, плющения) зерна, с целью повышения выхода и качества муки в процессе сортового помола ржи*

*In this work task was to show the feasibility of using the process of pre-grinding (crushing, flattening) of grain, in order to increase the yield and quality of the flour in the process of high-quality grinding rye.*

Ключевые слова: рожь, предварительное плющение, предварительное дробление

**Введение.** Современное состояние зерноперерабатывающей промышленности характеризуется постоянным изменением в ассортименте выпускаемой продукции, что сказывается на повышении ее качества [1]. Производители стремятся вырабатывать продукцию высшего сорта, заданного состава и свойств.

Данный подход, в свою очередь, требует умения управлять процессами подготовки и производства, вот почему целью исследования является выяснение наиболее рационального метода использования зерна (в данном случае это предварительное плюшение и дробление ржи), который бы позволил повысить не только выход продукции, но и ее качество [5].

Процесс предварительного плюшения, который использовался для некоторых помолов ржи, применялся с целью снижения прочности зерна ржи и воздействия на морфологические особенности, связанные с морщинистой неровной поверхностью и, в виду этого, большого содержания поверхностных загрязнений [3, 4]. Отделяемая в процессе плюшения мучка (1-2 %) позволяла повысить качество сеяной муки с I др. системы. Использовались гладкие вальцы с соотношением окружных скоростей 1:1.

Использование рифленых вальцов, с отношением окружных скоростей 1:1,5, так же позволяет осуществить предварительное измельчение зерна.

Целесообразность использования данных систем фиксируется возможностью увеличения производительности и извлечения продуктов первичного дробления в виде разрушенных частиц оболочек из фракций промежуточных продуктов и муки, получаемой уже на I др. системе [4].

С целью подтверждения вышесказанного был поставлен ряд опытов, результаты которых приведены ниже.

#### Результаты исследований.

Таблица 1 – Анализ показателей качества образца ржи

| Показатель       | Значение |
|------------------|----------|
| Влажность        | 11 %     |
| Натура           | 754 г/л  |
| Зерновая примесь | 0,5 г    |
| Сорная примесь   | 0,0      |
| ЧП               | 190      |

Исследуемый образец ржи по всем показателям соответствует второму классу и, следовательно, может быть использован для выработки сеяной и обдирной муки [2].

Дробление проводилось на обойном станке при максимально разведенных вальцах (зазор 1,8 мм), извлечение – проход сита 0,8. При выбранном зазоре 1,8 мм извлечение через указанное сито составило 1,03 %.

Плюшение проводилось на плющильном станке. При выбранном зазоре 1,2мм извлечение через указанное сито составило 0,1 %.

Помол ржи проводился на лабораторной мельничной установке «Нагема».

Схема 2-х сортного помола ржи.

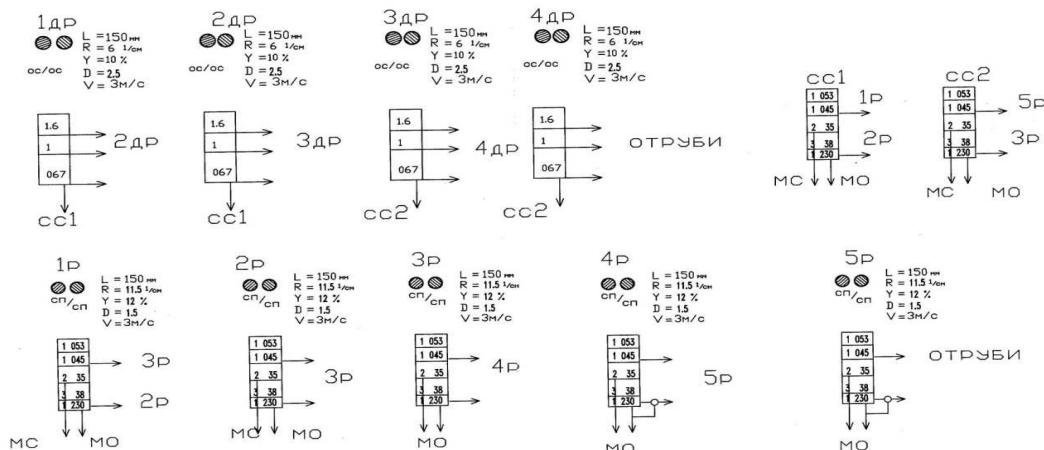


Рис 1 – Схема 2-х сортного помола ржи на мельнице «Нагема»

В результате помолов были получены следующие данные:

общий выход муки в варианте без предварительного измельчения составил 87,3 %, из них сеяной муки – 45,1 %, а обдирной – 42,2 %. Средняя белизна сеяной муки  $БМ_{MC}=58,9$  ед.пр.

общий выход муки в варианте с предварительным дроблением составил 82,4 %, из них сеяной муки – 47,7 %, а обдирной – 34,7 %. Средняя белизна сеяной муки  $БМ_{мс}=59,9$  ед.пр.

общий выход муки в варианте с предварительным дроблением составил 81,2 %, из них сеяной муки – 46,1 %, а обдирной – 35,1 %. Средняя белизна сеяной муки  $БМ_{мс}=59,6$  ед.пр.

По результатам помолов были получены уравнения для определения выхода муки при заданном показателе белизны:

1. С предварительным дроблением.

$$БМ=72,4-0,33 \times И$$

$$R=0,9$$

2. Без предварительного измельчения зерна.

$$БМ=72,1-0,38 \times И;$$

где БМ – белизна муки, И – извлечение, R – коэффициент корреляции.

$$R=0,95$$

3. С предварительным плющением.

$$БМ=74,3-0,41 \times И$$

$$R=0,9$$

Коэффициент корреляции во всех случаях  $\geq 0,9$ , что говорит о высокой степени зависимости белизны муки от выхода.

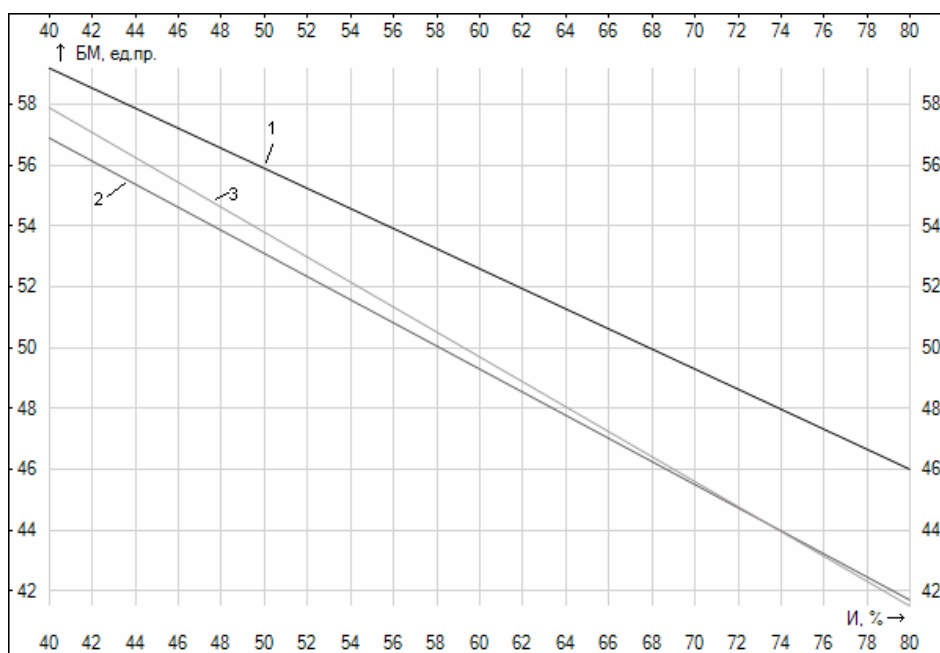


Рис 2 – Зависимость выхода муки от показателя качества (белизна)

При анализе графиков было установлено, что для ржи предпочтительным является предварительное дробление, которое позволяет получить больший выход муки при высоких значениях белизны.

**Выводы.** Данные исследования подтверждают целесообразность использования систем предварительного измельчения ржи в сортовых помолах. Использование данных систем позволяет получать больше муки высших сортов, а также позволяет увеличивать нагрузку на вальцевые станки первых дражных систем или же увеличить производительность мельницы, что в свою очередь может позволить сократить технологическую схему переработки зерна в муку, тем самым снизив затраты на оборудование. Так же система предварительного измельчения может положительно повлиять на изменение потребления электроэнергии в процессе производства муки.

#### Литература

1. Вашкевич В.В., Горнец О.Б., Ильичев Г.Н. Технология производства муки на промышленных и малых мельницах. – Барнаул, – 1999, – 215 с.
2. Козьмина Н.П., Любарский Л.Н. Зерно и оценка его качества. – М.: СЕЛЬХОЗИЗДАТ, –1962, – 152 с.

3. Любарский Л.Н. Рожь. – М.: ХЛЕБОИЗДАТ, – 1956, – 266 с.
4. Наумов И.А. Совершенствование кондиционирования и измельчения пшеницы и ржи. – М.: КОЛОС, – 1975, – 178 с.
5. Хусид С.Д. Измельчение зерна. – М.: ХЛЕБОИЗДАТ, – 1958, – 250 с.

УДК 664.715.016.8

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ, ВЫРАЩЕННОЙ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Кошак Ж.В., канд. техн. наук, доцент, Минина Е.М., ст. преподаватель

Кошак А.Э., канд. техн. наук, доцент

УО «Гродненский государственный аграрный университет», г. Гродно, Республика Беларусь

*В статье проводится оценка физико-химических показателей качества твердой пшеницы белорусской селекции. Определяется натура, масса 1000 зерен, стекловидность, зольность, содержание клейковины, содержание белка, крахмала и клетчатки. В статье рассматривается возможность использования твердой пшеницы для производства макаронной муки.*

*The article assesses the physical and chemical indicators of the quality of durum wheat of Belarusian selection. Determined by the nature, weight of 1000 grains, glass, ash, gluten, protein, starch and fiber. The article discusses the use of durum wheat flour for pasta production.*

Ключевые слова: твердая пшеница, стекловидность, содержание клейковины, содержание белка, содержание крахмала, макаронная мука, крупка.

В Республике Беларусь остро стоит проблема производства импортозамещающей продукции. До настоящего времени макаронные изделия производились в основном из мягкой высокостекловидной пшеницы. Однако в настоящее время в Республике Беларусь районированы твердые пшеницы, поэтому необходимо изучить возможность их использования при производстве макаронной муки.

Твердая пшеница по содержанию белка, незаменимых аминокислот, крахмала, декстринов, сахаров, витаминов группы В, Е, РР и минералов превосходит зерно мягкой пшеницы. По питательной ценности белок твердой пшеницы приближается к молочному, что позволяет широко использовать зерно этой культуры для приготовления продуктов детского и диетического питания. Твердая пшеница является единственным сырьем для изготовления макаронных изделий самого высшего качества, характеризующихся высокой прочностью, янтарно-желтой окраской, низкой развариваемостью, незначительной потерей веществ при варке, приятным вкусом и питательной ценностью. Макароны из твердой пшеницы относятся к продуктам, снижающим сердечно – сосудистые заболевания и обладающим противораковыми свойствами. Биологическая и питательная ценность макарон из мягкой пшеницы значительно уступает макаронам из твердой пшеницы. Неслучайно поэтому в ряде европейских стран изготовление макарон из зерна мягкой пшеницы запрещено [1].

На рисунке 1 представлен внешний вид зерна мягкой и твердой пшеницы.



Мягкая пшеница



Твердая пшеница

Рис. 1 – Внешний вид зерна

На рисунке 1 видно, что зерно мягкой пшеницы овально-округлой формы, с хорошо заметной бороздкой, белого цвета или с красным оттенком. Зерно твердой пшеницы узкое, ребристое, плотное, янтарно-желтого цвета, бороздка почти незаметна.

В ходе исследований были решены следующие задачи: определены технологические показатели качества твердой пшеницы (натура, масса 1000 зерен, стекловидность, содержание клейковины, зольность), химический состав зерна (содержание белка, крахмала и клетчатки) и определены перспективы использования сортов твердой пшеницы.

Были изучены твердые сорта пшеницы урожая 2011 и 2012 годов «Вероника» и «Розалия», урожая 2010 и 2011 годов «Елена» и сорт «Славица» урожая 2010-2012 годов.

Показатели качества исследованных сортов зерна сравнивались с ГОСТ 9353-90 «Пшеница. Требования при заготовках и поставках» [2]. Влажность всех исследованных образцов была примерно одинаковой – 10,0 %.

Натура зерна взаимосвязана с выполненностью и формой зерна. Зерно с высоким натурным весом обладает хорошими мукомольными качествами и имеет высокий выход макаронной муки хорошего качества.

Масса 1000 зерен характеризует крупность зерна. Более крупное зерно имеет и более высокую массу 1000 зерен. В нем количество оболочек и масса зародыша по отношению к ядру наименьшие. Крупное зерно повышает выход макаронной муки (крупки) при помоле. Сочетание высоких значений массы 1000 зерен и натуры зерна усиливает положительное действие этих признаков на выход макаронной муки и ее качество [1].

Натура зерна твердой пшеницы в соответствии с ограничительными нормами ГОСТ 9353 – 90 в зависимости от класса изменяется от 710 г/л до 770 г/л. Ограничений при заготовке твердой пшеницы по массе 1000 зерен нет.

На рисунке 2 представлена зависимость натуры зерна от сорта твердой пшеницы.

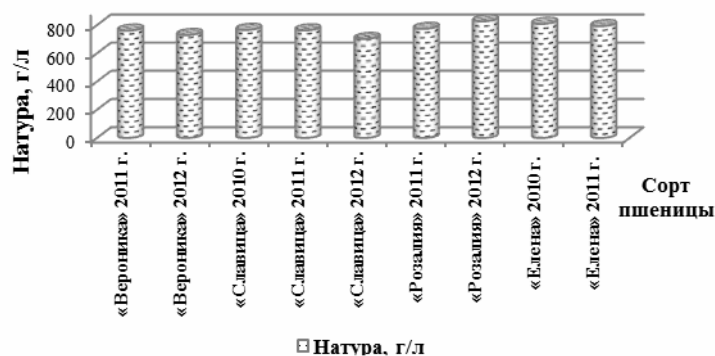


Рис. 2 – Зависимость натуры зерна от сорта твердой пшеницы

На диаграмме (рисунок 2) видно, что зерно сорта «Славица» 2012 года низконатурное и не удовлетворяет требованиям ГОСТ 9353 -90. Все остальные сорта пшеницы соответствуют требованиям, предъявляемым к твердой пшенице, при этом сорта «Елена» 2010 – 2011 годов и «Розалия» 2012 года являются высоконатурными и имеют натуру более 785 г/л.

На рисунке 3 представлена зависимость массы 1000 зерен от сорта твердой пшеницы.

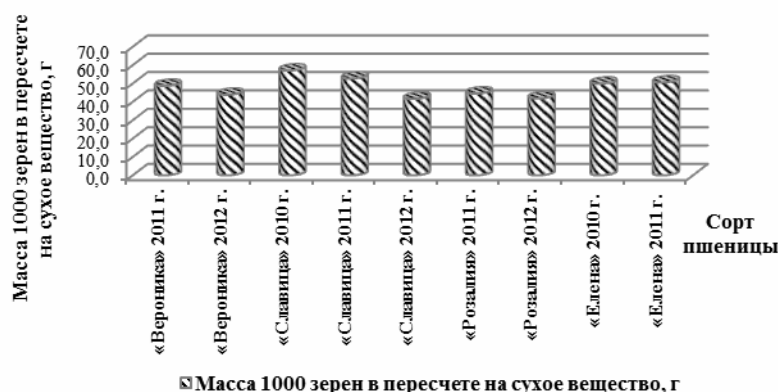


Рис. 3 – Зависимость массы 1000 зерен от сорта твердой пшеницы

Наиболее качественным зерном для получения высокого выхода макаронной муки является зерно твердой пшеницы с массой 1000 зерен не менее 30 г [3]. На диаграмме (рис. 3) видно, что наиболее низкая масса 1000 зерен на сухое вещество наблюдалась у сортов твердой пшеницы 2012 года – «Вероника», «Розалия» и «Славица», при этом масса 1000 зерен находилась в диапазоне 41,6 – 3,9 г. Масса 1000 зерен в сортах урожая 2010 – 2011 годов находилась в диапазоне 44,5 – 57,1 г на сухое вещество. Из получен-

ных данных можно сделать вывод, что зерно всех сортов, кроме «Славица» 2012 года, является крупным и выполненным и обладают хорошими мукомольными качествами.

Стекловидность отражает структуру внутренних тканей зерна. Для мучнистого эндосперма характерна слабая связь крахмальных зерен с белком, а в стекловидном эндосперме эта связь очень прочная. Стекловидность эндосперма имеет большое значение для оценки мукомольных свойств зерна пшеницы, так как стекловидный эндосперм обладает большей механической прочностью и в процессе размола в муку эндосперм образует большое количество крупок, что дает возможность получить макаронную муку крупитчатой структуры [3].

На рисунке 4 представлен внешний вид стекловидного, мучнистого и частично стекловидного зерна.

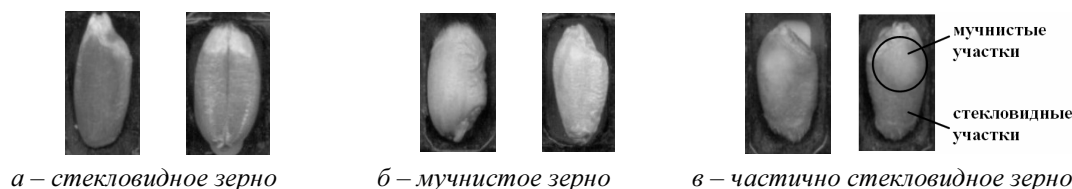


Рис. 4 – Внешний вид зерна

На рисунке 4 видно, что стекловидное зерно янтарного цвета и прозрачное на свету, мучнистое зерно имеет белую непрозрачную структуру, а частично стекловидное зерно имеет белые включения, соответствующие мучнистым участкам.

На рисунке 5 представлена зависимость стекловидности зерна и содержания крахмала от сорта твердой пшеницы.

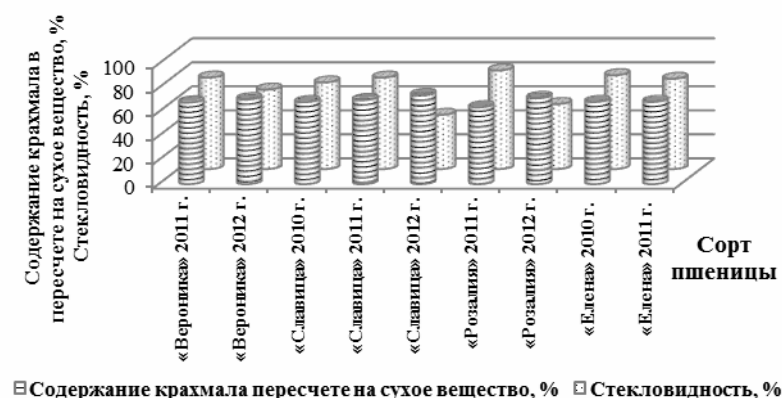


Рис. 5 – Зависимость стекловидности зерна и содержания крахмала от сорта твердой пшеницы

На диаграмме (рисунок 5) видно, что стекловидность зерна твердой пшеницы изменяется от 45 % до 82 %. Согласно ограничительным нормам ГОСТ 9353 – 90, стекловидность зерна твердой пшеницы в зависимости от класса должна находиться в пределах от 70 % до 85 % [2]. Этим требованиям не соответствуют сорта «Вероника», «Розалия» и «Славица» урожая 2012 года, стекловидность которых находится в пределах от 45 % до 66 %. Этим же сортам урожая 2012 года и соответствует высокие значения содержания крахмала на сухое вещество – от 70,67 % до 74,23 %. Из этого следует, что стекловидность зерна находится в обратно пропорциональной зависимости от содержания крахмала: с увеличением стекловидности содержание крахмала уменьшается и максимальная стекловидность (82 %) при содержании крахмала на сухое вещество 63,97 % наблюдается у сорта «Розалия» урожая 2011 года.

Для производства макаронных изделий необходимо высокое содержание белка и сырой клейковины, однако для макаронных изделий содержание белка не является строго лимитирующим фактором. По данным ряда исследователей, уровень белка 12-15 % (при базовой влажности 14 %) вполне достаточен для производства макаронной муки [1].

Одним из важнейших показателей качества при производстве макаронной муки является содержание клейковины. Пищевая ценность и качество макаронных изделий тем лучше, чем больше клейковины в муке. Наибольшей прочностью тесто обладает при содержании в муке 25-28 % сырой клейковины. Липкая, сильно тянущаяся клейковина также увеличивает пластичность и снижает прочность и упругость сырых изделий. Нормальными варочными свойствами обладают макаронные изделия при содержании

сырой клейковины в муке 25 – 40 %. С уменьшением количества клейковины в муке уменьшается продолжительность варки до готовности и прочность сваренных изделий, возрастает объем поглощенной воды и количество сухих веществ, перешедших в варочную воду, увеличивается степень слипаемости сваренных изделий [4].

Массовая доля клейковины для твердых сортов пшеницы должна находиться в пределах от 18 % до 28 % и не ниже II группы качества согласно требованиям ГОСТ 9353 – 90 [2].

На рисунке 6 представлена зависимость содержания белка и количества клейковины зерна от сорта твердой пшеницы.

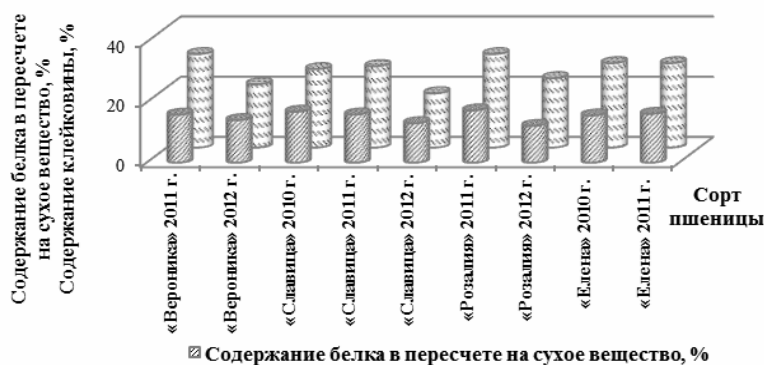


Рис. 6 – Зависимость содержания белка и количества клейковины зерна от сорта твердой пшеницы

На диаграмме (рисунок 6) видно, что количество клейковины зерна твердой пшеницы изменяется от 18 % до 31 %. Ограничительным нормам ГОСТ 9353 – 90 соответствуют все исследованные сорта. Однако, как было сказано выше, хорошим качеством обладают макаронные изделия изготовленные из макаронной муки с содержанием клейковины не ниже 25 %. Сорта «Вероника», «Розалия» и «Славица» урожая 2012 года содержат клейковины в пределах от 18 % до 23 %. Этим же сортам урожая 2012 года и соответствует низкие значения содержания белка на сухое вещество – от 12,18 % до 14,09 %. Можно сделать вывод, что содержание клейковины зерна находится в прямой зависимости от содержания белка: с увеличением содержания клейковины содержание белка увеличивается и максимальное содержание белка на сухое вещество (17,33 %) при содержании клейковины 31 % наблюдается у сорта «Розалия» урожая 2011 года.

Зольность имеет большое значение для контроля отделения оболочек от эндосперма и оценки качества муки. Составные части зерна имеют различную зольность, при этом наибольшая зольность (около 60 % всей золы) наблюдается в алейроновом слое. Зольность зерна твердой пшеницы находится в пределах от 1,44 % до 2,03 %. Зольность муки зависит не только от зольности эндосперма, а и от зольности оболочек и алейронового слоя. В зерне твердой пшеницы алейроновый слой более хрупкий и при переработке он и попадает в муку, что приводит к повышению ее зольности. При этом отруби имеют пониженную зольность [5].

Содержание клетчатки в пшенице тесно связано с количеством имеющихся в ней отрубных оболочек, а выход муки находится в обратной зависимости от них. Мелкое и щуплое зерно обычно содержит больше отрубных частиц и соответственно больше клетчатки, поэтому выход муки из такого зерна меньше, чем из крупного и хорошо выполненного. Содержание сырой клетчатки в зерне пшеницы составляет в среднем 2,4 % при колебаниях от 2,08 до 3,0 % [6].

На рисунке 7 представлена зависимость зольности зерна и содержания клетчатки от сорта твердой пшеницы.

На диаграмме (рисунок 7) видно, что зольность зерна твердой пшеницы на сухое вещество изменяется от 2,0 % до 2,5 %. Наибольшие значения зольности наблюдаются в сортах «Славица» и «Елена» 2010 года и в сорте «Розалия» 2011 и 2012 годов. Однако судить о непригодности зерна этих сортов для переработки нельзя пока не будет проведен анализ качества полученной из этого зерна макаронной муки. Содержание клетчатки на сухое вещество в зерне твердой пшеницы изменяется от 2,5 % до 3,0 %. Можно сделать вывод, что все исследованные сорта твердой пшеницы по содержанию клетчатки соответствуют рекомендованным для данной культуры значениям.

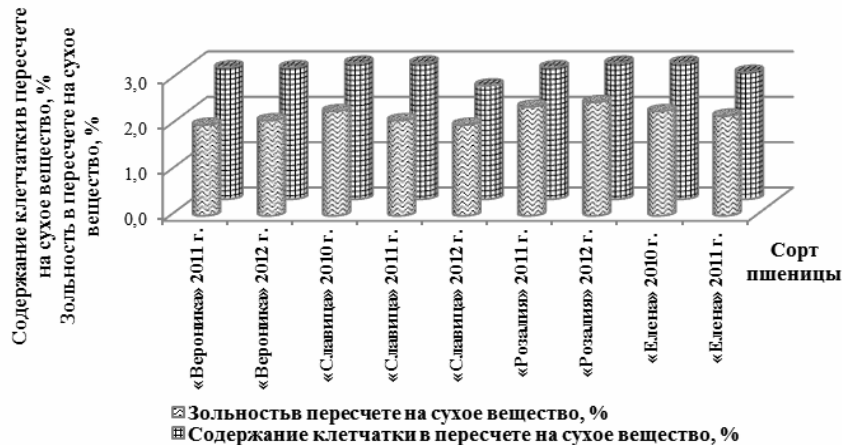


Рис. 7 – Зависимость зольности зерна и содержания клетчатки от сорта твердой пшеницы

#### Выводы

Результаты исследований показали, что сорта твердой пшеницы белорусской селекции «Славица», «Елена», «Розалия» и «Вероника» по основным показателям качества могут быть использованы при производстве макаронной муки. В дальнейшем необходимо разработать технологию переработки зерна в макаронную муку с учетом особенностей твердой пшеницы белорусской селекции. Наличие зерна и отлаженной технологии его переработки позволит Республике Беларусь сократить закупки твердой пшеницы за рубежом, повысить качество отечественных макаронных изделий и тем самым снизить себестоимость продукции собственного производства.

#### Литература

1. Шевченко, С.Н. Производство высококачественного зерна яровой твердой пшеницы в Среднем Поволжье: науч.-практ. руковод. / С.Н. Шевченко, В.А. Корчагин, О.И. Горянин, П.Н. Мальчиков, А.А. Вьюшков, А.П. Чичкин. – Самара: СамНЦ РАН, 2010. – 75 с.
2. ГОСТ 9353-90 «Пшеница. Требования при заготовках и поставках».
3. Белок и сырая клейковина [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.activestudy.info/beloki-syraya-klejkovina> – Дата доступа 04.01.2013.
4. Качество муки для производства макарон [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://pasta.agava.ru/durum\\_quality3.htm](http://pasta.agava.ru/durum_quality3.htm) – Дата доступа 04.01.2013.
5. Казаков, Е.Д. Зерноведение с основами растениеводства / Е.Д. Казаков. – М.: Колос, – 1973. – 288 с.
6. Портал EDKA.RU [Электронный ресурс] / Пшеница – сорта и качество – Режим доступа: <http://www.edka.ru/article/edka/2011-05-09-8>. – Дата доступа: 22.05.2013.

УДК 636.087.7-027.242:001.892

## РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ КОРМОВИХ ДОБАВОК

Єгоров Б.В., д-р техн. наук, професор, Бордун Т.В., канд. техн. наук, доцент,  
Шарова А.І., наук. співробітник ПНДІ, Михайлова В.П., магістр ф-ту ТЗХКВКіБ  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

*Обґрунтовано доцільність використання некондиційної рибної сировини і водоростей при виробництві кормових добавок для сільськогосподарських тварин і птиці. Наведено поетапну схему технологічного процесу виробництва функціональних кормових добавок та вивчено основні показники їх якості.*

*Feasibility of using sub-standard raw fish and seaweed in the manufacture of feed additives for livestock and poultry. Shows a phased scheme of technological process of functional feed additives and studied the main indicators of quality.*



Ключові слова: некондиційна рибна сировина, водорості, зернова сировина, екструджування, кормові добавки, показники якості.

Як відомо, потреба населення у продуктах харчування, а промисловості в сировині, зростає з кожним днем. Щоб повністю забезпечити її, необхідно піднімати рівень сільськогосподарського виробництва, в тому числі галузі тваринництва та птахівництва. У тваринництві та птахівництві головним є організація раціональної годівлі. Якісна кормова база – запорука повноцінного розвитку цієї галузі. В цій справі велике значення відводиться комбікормам. З кожним роком вимоги до комбікормів для промислових тваринницьких комплексів і птахофабрик підвищуються. Комбікорм стає ніби зв'язувальною ланкою між природою, людиною і твариною. Всі поживні речовини, які необхідні для росту і розвитку, компенсуються комбікормами [1].

Однією з найбільш гострих проблем, яка існує сьогодні у комбікормовій промисловості, є дефіцит кормового білка. Останнім часом у зв'язку з різким скороченням посівів зернобобових культур і зниженням протеїну в зернових культурах через виснаження земель, а також зменшення виробництва білкових кормів тваринного походження, вона загострилася ще більшою мірою. Неповноцінна годівля призвела до різкого погіршення процесів ефективної трансформації поживних речовин раціонів у продукцію тваринництва.

В умовах розвитку світової продовольчої кризи проблема повного і раціонального використання всіх доступних видів харчової і кормової сировини має першочергове значення, і саме тому 10 березня 2013 року міністри рибної промисловості держав-членів Євросоюзу прийняли закон-заборону на викид малоцінної некондиційної риби в море і річки, що повинно стати поштовхом до максимального використання цих видів рибної сировини в кормовиробництві [2].

Щорічно в Україні виловлюють близько 600 тис. тонн риби, при цьому втрачається до 10 % некондиційної риби, 230 тис. тонн із цього улову малоцінна риба, 15 % від загального улову викидається назад у море або річки, що призводить до їх забруднення. Фактичне використання встановлених лімітів дуже низьке. Так, у 2011 році ліміт щодо дрібних видів азово-чорноморської риби був використаний лише на 26 %, тобто десятки тисяч тонн цінної білкової сировини не були залучені в обробку. Маючи такий потенціал, необхідно розвивати кормовиробничу промисловість, впроваджуючи нові технології, та розширювати асортимент білкової сировини, що дозволить зменшити частку зернових компонентів у комбікормах [3, 4]. Питома вага зернових компонентів в обсязі комбікормів, вироблених, наприклад, у 2012 році, становила понад 70 %. Виробники кормів у країнах з розвиненим тваринництвом постійно прагнуть знизити в них частку зерна (до 40 – 45 %) шляхом уведення білкових компонентів, побічних продуктів харчової і переробної галузей, більш дешевих компонентів незернового походження [5].

Також актуальною є й проблема введення до складу комбікормів мікроелементів природного походження, а саме йоду. Йод бере участь у всіх життєво важливих процесах в організмі. Доведено, що йод нейтралізує дію радіації, має антимікробні, антивірусні та протигрибкові властивості, швидко проникає в середину клітини, а також виводить токсини з організму.

Йод, що міститься у складі преміксів, знаходиться в різних видах хімічних сполук і для його засвоєння організм тварини повинен виконати додаткову роботу з істотними енергетичними втратами. Але при надходженні синтетичного йоду можуть виникати кишково-шлункові розлади, тому йод повинен надходити до організму тварини чи птиці бажано в доступній органічній формі.

Одним з найбільш багатих джерел йоду є морські водорості. Йод в морських водоростях знаходиться в сполученні з білками, що пояснює його високу біодоступність, на відміну від неорганічного йоду. Також морські водорості є джерелом полісахаридів, вітамінів, макро- та мікроелементів [6, 7].

Таким чином, метою наших досліджень стало вивчення можливості використання нетрадиційних видів сировини, а саме некондиційної рибної сировини як джерела кормового протеїну і водоростей – в якості джерела біологічно активних речовин при виробництві кормових добавок функціонального призначення.

На сьогоднішній день екструзія – ідеальний технологічний процес для збагачення зернових продуктів, які мають високий вміст крохмалю, природною сировиною рослинного і тваринного походження з підвищеним вмістом білка, вітамінів, мікроелементів, жирів, пектинових речовин, органічних кислот та іншими добавками. Все це дає можливість одержання продуктів з покращеними смаковими і органолептичними властивостями, а головне, з більш збалансованим амінокислотним, жирнокислотним і мінеральним складом. Це дозволяє одержати якісну кормову продукцію для тварин і тим самим забезпечити ланцюжок повноцінного і безпечного харчування для людей.

Процес екструджування зерна пов'язаний з необхідністю його зволоження до 16 – 18 % (а іноді й 18 – 22 %) не водою, а за рахунок тих компонентів, що містять необхідну вологу. Введення до складу комбінованих зернових кормових продуктів природної сировини рослинного та тваринного походження під-

вищеної вологості дозволяє запобігти нерівномірному розподілу вологи в зерновому компоненті, тому що при збільшенні тиску до 2–3 МПа під час екструджування прискорення тепло- і масопереносу зростає відповідно до залежностей за А.В. Ликовим. Оскільки нерівномірний розподіл вологи у зерні утруднює процес екструджування або унеможливує його, то вирішення цієї проблеми має велике наукове і практичне значення.

Зволоження зерна водою не дає бажаних результатів, оскільки тільки 10–20 % води переходить у внутрішньов'язану вологу, інша частина води є поверхнево-в'язаною, що призводить до зниження ефекту екструджування та до отримання готового продукту з підвищеною вологістю, що потребує сушіння, а це також підвищує витрати електроенергії. Отже, необхідно розробити новий спосіб виробництва кормових продуктів на зерновій основі шляхом екструджування. За рахунок цього намагаємося збільшити асортимент кормових продуктів та надати підвищеної біологічної цінності традиційним кормовим продуктам. Необхідно відзначити, що цей технологічний процес дозволяє зменшити втрати біологічно активних речовин за рахунок того, що не відбувається пошкодження цілісності клітин продукту, який обробляється. Також при екструджуванні завдяки високому тиску волога сировина і продукти її переробки внаслідок дифузії проникають у пори зернових компонентів, що дозволяє знизити доступність олігосахаридів, інуліну, β-каротину та інших поживних і біологічно активних речовин у шлунково-кишковому тракті, що забезпечить їх надходження у товстий кишечник. Все це дає можливість покращити здоров'я тварин з наступним одержанням якісної харчової сировини для людей [8-10].

На першому етапі досліджень були вивчені деякі показники якості вихідної сировини: зернової сировини (зерна кукурудзи), некондиційної рибної сировини та водоростей (табл. 1).

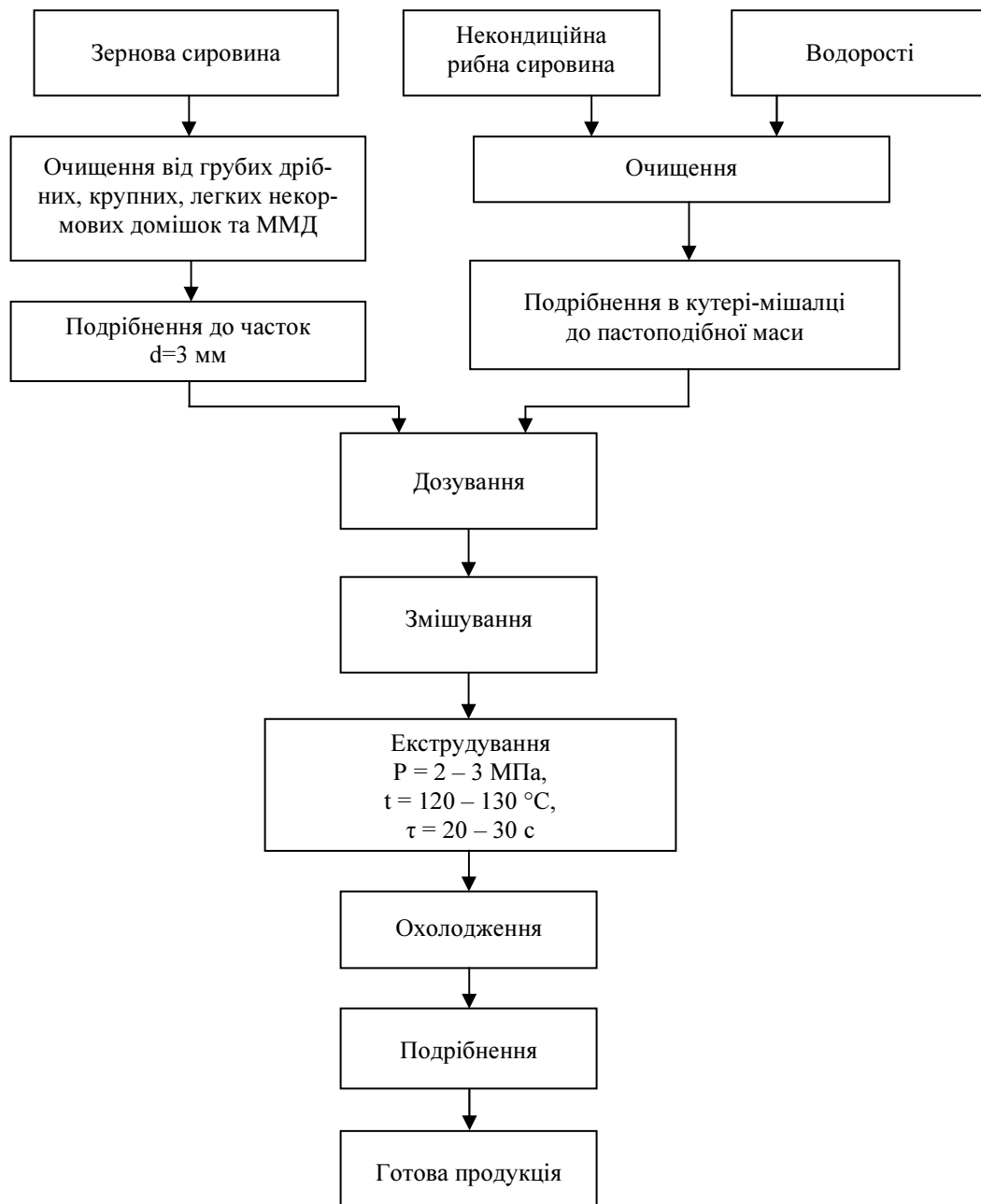
**Таблиця 1 – Деякі показники якості вихідної сировини**

| Показники                       | Вид сировини |                             |           |
|---------------------------------|--------------|-----------------------------|-----------|
|                                 | кукурудза    | некондиційна рибна сировина | водорості |
| <b>Фізичні властивості</b>      |              |                             |           |
| Масова частка вологи, %         | 13,0         | 77,6                        | 82,0      |
| Об'ємна маса, кг/м <sup>3</sup> | 870,0        | 950,0                       | 890,0     |
| Кут природного укосу, град      | 34           | –                           | –         |
| Сипкість, см/с                  | 13,1         | –                           | –         |
| <b>Хімічний склад</b>           |              |                             |           |
| Масова частка, мг/кг:           |              |                             |           |
| сирого протеїну                 | 9,00         | 13,10                       | 8,44      |
| золи                            | 1,30         | 1,42                        | 14,40     |
| фосфору                         | 0,22         | 0,24                        | 0,41      |
| кальцію                         | 0,27         | 0,21                        | 1,60      |
| водорозчинних вуглеводів        | 2,45         | 1,67                        | 1,94      |
| легкогідролізованих вуглеводів  | 47,24        | 4,64                        | 8,90      |

Враховуючи всі позитивні сторони процесу екструджування, нами було розроблено спосіб виробництва функціональних кормових добавок (ФКД) для сільськогосподарських тварин та птиці, структурну схему якого наведено на рис. 1. Відповідно до схеми, передбачено очистку зернової сировини з послідовним подрібненням до розмірів частинок 3–4 мм. Некондиційну рибну сировину та водорості після очистки подрібнюють до пастоподібної маси. Підготовлені вихідні компоненти дозують згідно з рецептом, змішують і піддають екструджуванню. Одержаний екструдат охолоджують, подрібнюють і направляють на зберігання або реалізацію.

У процесі екструджування відбуваються значні зміни оброблюваної сировини, починаючи від зміни фізичних властивостей, поліпшення смакових якостей, підвищення кормової цінності і закінчуючи стерилізацією вихідної суміші.

Вплив процесу екструджування на зміну якісних показників ФКД розглянемо на прикладі дослідних зразків, одержаних у лабораторних умовах. Для цього було сформовано 6 дослідних зразків ФКД, які в свою чергу поділяються на вихідні – не оброблені в екструдері та екстродовані – оброблені в екструдері. Досліджувані зразки № 1–3 мають таке процентне співвідношення некондиційної рибної сировини та кукурудзи, %: зразок № 1 – 8:92, № 2 – 10:90, № 3 – 12:88 відповідно, зразки № 4–6 – водоростей та кукурудзи, %: зразок № 4 – 10:90, № 5 – 15:85, № 6 – 20:80 відповідно (табл. 2).



**Рис. 1 – Поетапна схема технологічного процесу виробництва функціональних кормових добавок для сільськогосподарських тварин та птиці**

Як свідчать результати дослідження фізичних властивостей дослідних зразків ФКД (табл. 2), у процесі екструдкування значно знижується масова частка води дослідних зразків, що позитивно з точки зору перспективи їх подальшого зберігання. Показники сипкості, об'ємної маси, кута природного укосу змінюються незначною мірою. Проте, такий показник як індекс розширення, збільшується у зразках № 3 і № 5, тому надалі всі досліді були проведені саме з цими зразками.

Одержані дослідні зразки (№ 3 і № 5) оцінювали за комплексом фізико-хімічних і мікробіологічних показників. Ці показники дозволяють виявити структурні зміни ФКД, які відбуваються в процесі їх екструзійної обробки, та оцінити якість одержаної продукції в порівнянні з вихідним зерном кукурудзи (табл. 3).

Таблиця 2 – Основні фізичні показники функціональних кормових добавок

| Показники                       |               | Контрольний зразок | Дослідні зразки |             |             |             |             |                    |
|---------------------------------|---------------|--------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------------|
|                                 |               | 100 % кукурудзи    | № 1 8:92 %      | № 2 10:90 % | № 3 12:88 % | № 4 10:90 % | № 5 15:85 % | №6 20:80 % вод+кук |
| Масова частка вологи, %         | вихідний      | 13,0               | 12,4            | 14,9        | 17,4        | 15,3        | 18,1        | 20,6               |
|                                 | екструдований | 7,9                | 8,8             | 10,4        | 11,3        | 9,9         | 12,10       | 14,4               |
| Об'ємна маса, кг/м <sup>3</sup> | вихідний      | 870,0              | 876,0           | 878,0       | 880,0       | 875,0       | 879,0       | 890,0              |
|                                 | екструдований | 360,0              | 633,0           | 641,0       | 648,0       | 660,0       | 674,0       | 683,0              |
| Кут природного укусу, град      | вихідний      | 34                 | 38              | 37          | 36,0        | 37          | 35,0        | 32                 |
|                                 | екструдований | 35                 | 42              | 41          | 40,0        | 41          | 38,0        | 35                 |
| Сипкість, см/с                  | вихідний      | 13,1               | 12,4            | 12,0        | 11,6        | 11,9        | 11,3        | 10,8               |
|                                 | екструдований | 12,4               | 11,6            | 11,2        | 10,8        | 11,2        | 10,6        | 10,0               |
| Індекс розширення               | вихідний      | –                  | –               | –           | –           | –           | –           | –                  |
|                                 | екструдований | 2,5                | 1,8             | 1,9         | 2,1         | 1,9         | 2,2         | 1,7                |

Таблиця 3 – Показники якості дослідних зразків

| Показники                         | Характеристика дослідних зразків                              |                 |               |          |               |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------|---------------|----------|---------------|
|                                   | кукурудза                                                     | ФКД № 3         |               | ФКД № 5  |               |
|                                   |                                                               | вихідний        | екструдований | вихідний | екструдований |
| Органолептичні показники          |                                                               |                 |               |          |               |
| Зовнішній вигляд                  | Однорідна маса, без сторонніх включень                        |                 |               |          |               |
| Колір                             | Жовтий                                                        | Жовто-сіруватий |               |          |               |
| Запах                             | Приємний, властивий набору компонентів, без сторонніх запахів |                 |               |          |               |
| Фізико-хімічні показники          |                                                               |                 |               |          |               |
| Масова частка: вологи, %          | 12,8                                                          | 17,40           | 11,30         | 18,20    | 12,10         |
| сирого протеїну, %                | 8,9                                                           | 9,81            | 9,50          | 9,34     | 9,13          |
| сирої золи, %                     | 1,8                                                           | 2,27            | 2,15          | 2,15     | 2,04          |
| кальцію, %                        | 0,25                                                          | 0,39            | 0,37          | 0,34     | 0,31          |
| фосфору, %                        | 0,21                                                          | 0,34            | 0,31          | 0,33     | 0,28          |
| водорозчинних вуглеводів, %       | 3,91                                                          | 4,12            | 13,97         | 3,08     | 13,67         |
| легкогідролізованих вуглеводів, % | 46,8                                                          | 46,20           | 38,65         | 45,30    | 37,02         |
| міді мг/кг                        | 3,00                                                          | 4,23            | 4,21          | 3,75     | 3,73          |
| заліза, мг/кг                     | 30,2                                                          | 54,13           | 54,12         | 49,02    | 49,00         |
| цинку, мг/кг                      | 22,0                                                          | 22,93           | 22,90         | 22,04    | 22,02         |
| марганцю, мг/кг                   | 6,48                                                          | 24,04           | 24,01         | 6,02     | 6,00          |
| йоду, мг/кг                       | —                                                             | 1,14            | 0,52          | 51,24    | 45,96         |
| Перетравність білків, %           | 69,0                                                          | 67,00           | 88,83         | 65,52    | 86,11         |

Як бачимо, у процесі екструджування відбуваються глибокі деструктивні зміни в складі поживних речовин сумішей. Так, у результаті екструзійної обробки відбувається руйнування кристалічної структури нативних зерен крохмалю, при цьому вміст водорозчинних вуглеводів збільшується, що значно підвищує засвоєння ФКД. Протікає цей процес за рахунок явищ гідролізу вуглеводів (крохмалю) під дією високої температури й інтенсивному механічному впливі. У процесі екструджування відбувається також денатурація білка, яка приводить до збільшення кількості пептидів і вільних амінокислот. Результат цього процесу – підвищення перетравності білків. Таким чином екструзійна обробка, яка викликає желатинізацію крохмалю, деструкцію целюлозно-лігнінових комплексів і денатурацію білка, значно підвищує кормову цінність ФКД. Також необхідно зазначити, що процес екструджування дає можливість збагатити зерно кукурудзи нетрадиційною сировиною з підвищеним вмістом білка і БАР. При цьому підвищена кормова цінність, яка обумовлена високим ступенем перетравності та засвоєння поживних речовин, визначає високу ефективність ФКД для сільськогосподарських тварин і птиці. Отримані ФКД характеризуються підвищеним вмістом макро- і мікрокомпонентів.

У зв'язку з тим, що зернова сировина, яка надходить на комбикормові заводи, нерідко має підвищену грибову і бактеріальну обсіменінність, а також введення некондиційної рибної сировини і водоростей може стати джерелом мікробіологічного псування, вивчено вплив обробки в екструдері. Аналіз результатів (табл. 4) показав, що переважним складником бактеріальної мікрофлори кормових добавок функціонального призначення, як і більшості зернових культур, є неспороносна паличка *Erwinia herbicola* – нормальний супутник зерна при зберіганні у стандартних умовах (представник епіфітної мікрофлори). Відсоток бактерій *Erwinia herbicola* від загальної кількості всіх бактерій у вихідному зразку ФКД № 3 становить 70 %, частка коліформних бактерій – 17 %, тоді як у вихідному зразку ФКД № 5 – 62 і 25 % відповідно. Із спороутворювальних бактерій виявлені бактерії роду *Bacillus*, а саме *B. Licheniformis*, *B. Subtilis*, відносна кількість яких склала 13 % від загальної кількості бактерій у всіх зразках. Із мікроорганізмів були виявлені такі польові гриби, як *Rhizopus*, *Cladosporium* та інші неідентифіковані гриби.

**Таблиця 4 – Зміна мікробіологічних показників кормових добавок функціонального призначення в результаті екструджування, КУО/г**

| Показники                                       | ФКД № 3     |               | ФКД № 5  |               |
|-------------------------------------------------|-------------|---------------|----------|---------------|
|                                                 | вихідний    | екструдований | вихідний | екструдований |
| МАФАнМ:<br><i>Erwinia herbicola</i>             | 280         | 4             | 322      | 14            |
| БГКП                                            | 68          | —             | 130      | —             |
| <i>B. Subtilis</i> ,<br><i>B. Licheniformis</i> | 52,0        | 1,0           | 68,0     | 3,0           |
| Разом                                           | 400         | 5,0           | 520      | 17,0          |
| Мікроміцети:<br><i>Aspergillus</i>              | —           | —             | —        | —             |
| <i>Penicillium</i>                              | —           | —             | —        | —             |
| Інші гриби                                      | 200         | 10,0          | 300      | 25,0          |
| Разом                                           | 200         | 10,0          | 300      | 25,0          |
| Дріжджі                                         | Не виявлені |               |          |               |

Мікрофлора зразків ФКД, які були екструдовані, схожа з мікрофлорою вихідних зразків у якісному відношенні, в кількісному вона значно відрізняється. Встановлено, що екструджування приводить до зменшення кількості бактерій на 93,2 – 97,5 %, а мікроміцетів – 92 – 95 % відповідно.

Слід відзначити, що у всіх досліджуваних зразках кишкова паличка, стафілокок, сальмонели, протей, сульфідредуючі клостридії та дріжджі не були виявлені. Як видно з результатів дослідження, процес екструджування значно покращує санітарні властивості кормових добавок функціонального призначення.

На основі отриманих даних можна зробити висновок, що процес екструзії дає можливість значно підвищити кормову цінність зернової сировини шляхом введення нетрадиційних видів сировини, а саме некондиційної рибної сировини і водоростей за рахунок збільшення вмісту поживних речовин і ступеня їх перетравлення та вмісту мінеральних і біологічно активних речовин. При цьому одержані ФКД мають більш високі кормові, технологічні і санітарні властивості.

#### Література

1. Новарова Т.В. Анализ украинского рынка комбикормов [Текст] / Т.В. Новарова // Агентство промышленных новостей. – 2012. – С. 15 – 27.

2. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://planetadisser.com/see/dis\\_3135496.html](http://planetadisser.com/see/dis_3135496.html)
3. Виннов А. / Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://vinnovNUBiPUa.com>
4. Обзор рынка зерновых и продуктов их переработки [Текст] / Редакция // Хранение и переработка зерна. – 2013. – № 1. – С. 9 – 10.
5. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.rusnevod.com/>
6. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://darokeana.ru/ulva-morskoj-salat.htm>
7. Термопластическая экструзия: научные основы, технология, оборудование [Текст] / Под редакцией А.Н. Богатырева и В.П. Юрьева. – М.: Ступень, 1994. – 196 с.
8. Касьянов Г.И., Бурцев А.В., Грицких В.А. Технология производства сухих завтраков. Учебно-практическое пособие. Серия «Технология пищевых производств» [Текст] – Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2002. – 96 с.
9. Остриков А.Н. и др. Экструзия в пищевой технологии [Текст] / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, А.С. Рудометкин. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 288 с.

УДК [636.087.7:635.67] - 027.3:66.083

## ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ЕКСТРУДОВАНОЇ КОРМОВОЇ ДОБАВКИ

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

*У статті обґрунтовано вибір раціональних режимів виробництва екструдованої кормової добавки з урахуванням показників якості продукту та питомих витрат електроенергії на виробництво*

*In the article the choice of efficient modes of production of extruded feed additive is justified taking into account the indicators of the quality of the product and the specific electric power consumption for production*

Ключові слова: екструдування, кукурудза, яєчна маса, однорідність змішування.

Зерно злакових культур поряд з іншими видами поживних речовин містить значну кількість крохмалю, засвоєння якого при годівлі птиці відбувається повільно і при цьому продуктивно використовуються тільки певні форми. За даними ряду досліджень, засвоюваність поживного потенціалу крохмалю у природній формі не перевищує 20...25 % залежно від виду культур. Тому завдання нових технологій переробки зерна полягає у впровадженні таких способів обробки вихідної сировини, які б дозволили перевести крохмаль у зручну для засвоєння організмом птиці форму. Це можливо при руйнуванні зернистої структури крохмалю на клітинному рівні, що сприяє розриву природних зв'язків між окремими складовими частинами та його желатинізації, декстринізації та переведенню у прості цукри [1, 2].

Теплова обробка сприяє розщепленню складних поживних речовин, які містяться у кормах, на більш прості, знижуючи тим самим витрати енергії на їхнє перетравлення в організмі птиці. На сьогодні час існує досить багато технологій, що дозволяють проводити теплову обробку кормів, однак для більшості з них необхідно використовувати зовнішні джерела тепла, що вимагає додаткових капіталовкладень на будівництво котельень, витрат на газ, рідке або тверде паливо. Виключити ці витрати можна при використанні екструдерів. Екструзія є одним із найбільш ефективних та розповсюджених у комбікормовій промисловості світу способів обробки зерна, який використовують як у комплексі з гранулюванням, так і самостійно. При обробці зернофуражу таким способом протікають два безперервних процеси: 1) термо-механічне деформування та біохімічні перетворення; 2) процес адіабатичного розширення ("вибух") продукту, який набуває пористої структури [3, 4].

Сировину, яка підлягає екструзії, доводять до вологості 16...18 %, подрібнюють та подають в екструдер, де під дією високого тиску (2,8...3,9 МПа) та тертя зернова маса розігрівається до температури 120...150 °C та набуває термопластичних властивостей [5, 6]. Потім внаслідок швидкого переміщення її з зони високого тиску в зону атмосферного тиску відбувається процес адіабатичного розширення (так званий «вибух»), внаслідок чого гомогенна маса утворює продукт мікропористої структури, найбільш сприятливий впливу шлункового соку, а отже, забезпечує більш повне засвоєння поживних речовин організмом птиці (на 25...30 % більше звичайного). Екструзія протікає менше 30 с. За цей час сировина встигає

пройти стадії здрібнення, змішування, теплової обробки, знезараження, зневоднення, стабілізації, гомогенізації та збільшення об'єму [5, 7].

У процесі екструджування відбувається денатурація білка, інактивація антипоживних речовин (інгібіторів протеаз, фітогемоглютенінів та ін.), декстринізація крохмалю, деструкція целюлозо-лігнінових утворень, клітковина частково розпадається до цукрів, знижується рівень активності уреаз у зерні сої (активність уреаз 0,1...0,2 од. рН). Кількість крохмалю при цьому зменшується на 12...15 %, а декстринів (продукти первинного гідролізу крохмалю) збільшується більше, ніж у 5 разів, кількість цукрів зростає на 11...12 %. Підвищується санітарна якість зерна та комбікормів, оскільки кінцева продукція практично не містить мікроорганізмів [5, 7].

Враховуючи усі позитивні сторони процесу екструзії, його було взято за основу підготовки екструдованої кормової добавки (ЕКД – екструдована суміш подрібненого зерна кукурудзи та ячної маси без шкаралупи), яку використовують потім для виробництва комбікормів для молодняка сільськогосподарської птиці.

Одне з завдань дослідження полягало у вивченні впливу крупності подрібнення зерна кукурудзи на процес екструджування. Для цього були підготовлені такі партії кукурудзи:

1. Кукурудза не подрібнена.
2. Кукурудза, подрібнена у молотковій дробарці (прохід сита ПР №60 та схід ПР №40), в якій були встановлені сита з отворами Ø 6 мм.
3. Кукурудза, подрібнена у молотковій дробарці (прохід сита ПР №40 та схід ПР №30), в якій були встановлені сита з отворами Ø 4 мм.
4. Кукурудза, подрібнена у молотковій дробарці (прохід сита ПР №30 та схід ПР №20), в якій були встановлені сита з отворами Ø 3 мм.
5. Кукурудза, подрібнена у молотковій дробарці (прохід сита ПР №12), в якій встановлені сита з отворами Ø 1,2 мм.

Екструджування зерна кукурудзи здійснювали на виробничому екструдері марки ЕЗ-150, який виготовлений ТОВ «ЧеркасиЕлеваторМаш». У процесі дослідження зерно кукурудзи зволожували водою до масової частки вологи 16 %. У процесі екструджування спостерігали, як змінювалися питомі витрати електроенергії (рис. 1). Температура продукту на виході з екструдера складала 120...125 °С, масова частка вологи продукту після охолодження – 10,3...11,5 %. Продукт був спучений та мав пористу структуру.

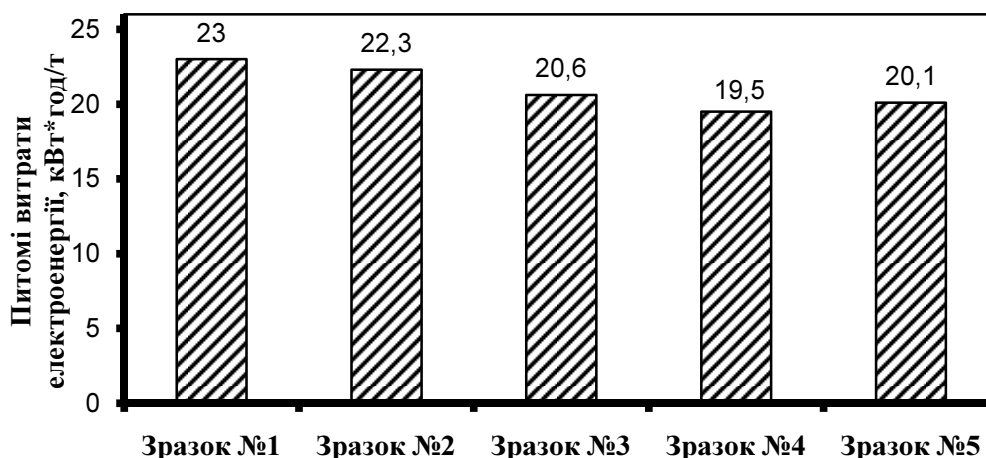


Рис. 1 – Питомі витрати електроенергії на процес екструджування зерна кукурудзи різної крупності

Як видно з результатів дослідження, мінімальні питомі енерговитрати спостерігаються при подрібненні зерна кукурудзи в молотковій дробарці (прохід сита ПР №30 та схід ПР №20), в якій були встановлені сита з отворами Ø 3 мм.

Отже, попереднє подрібнення зерна позитивно впливає на технологічний процес екструджування. При цьому щільна оболонка зернівки руйнується, а внутрішні шари стають більш доступними для впливу підвищеної температури та тиску. Необхідно врахувати, що не можна допустити надмірного подрібнення зерна, тому що це призводить до появи великої кількості борошністої фракції, яка дуже швидко клейстеризується та набуває в'язко-текучого стану вже у зоні стиску екструдера. У результаті відбувається спікання зерна, а органолептичні та фізичні показники екструдату значно погіршуються [8].

Для отримання високоякісного продукту на екструджування необхідно направляти однорідну суміш компонентів. При здійсненні процесу змішування кукурудзи та ячної маси без шкаралупи виникають труднощі технологічного характеру. Ці компоненти значно відрізняються за фізичними властивостями та агрегатним станом, що викликає необхідність експериментального визначення режимів технологічного процесу змішування, а саме встановити максимально можливу масову частку ячної маси без шкаралупи некондиційних курячих яєць у суміші, тип змішувача та необхідну тривалість змішування, при яких можна забезпечити припустиму практикою ступінь однорідності суміші.

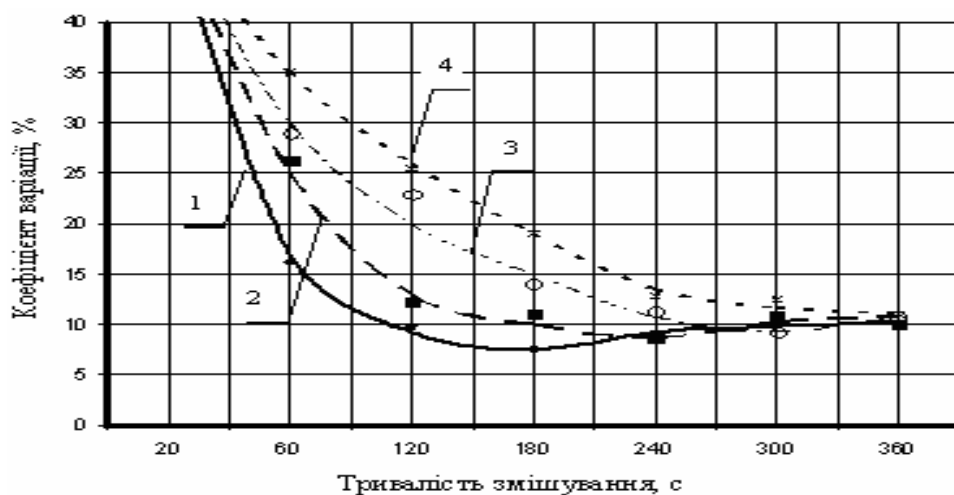
На думку вітчизняних та зарубіжних вчених та практиків, для отримання якісних однорідних сумішей комбікормів та преміксів, враховуючи технологічні характеристики змішувачів та результати експериментальних досліджень, найефективніше використовувати змішувачі з лопатевим перемішувальним пристроєм [9, 10].

Дослідження проводили у лабораторному змішувачі періодичної дії, змішували протягом 60...360 с при однаковій частоті обертання робочого органу змішувача  $n = 1,33 \text{ c}^{-1}$ . Для аналізу були підготовлені такі зразки:

1. Подрібнене зерно кукурудзи та ячна маса без шкаралупи у співвідношенні до маси 95:5 відповідно.
2. Подрібнене зерно кукурудзи та ячна маса без шкаралупи у співвідношенні до маси 90:10 відповідно.
3. Подрібнене зерно кукурудзи та ячна маса без шкаралупи у співвідношенні до маси 85:15 відповідно.
4. Подрібнене зерно кукурудзи та ячна маса без шкаралупи у співвідношенні до маси 80:20 відповідно.

Однорідність розподілу компонентів у складі комбікорму оцінювали за ключовим компонентом, що входить до складу кормосуміші у мінімальній кількості.

Результати досліджень за визначенням ефективності змішування подрібненої кукурудзи та ячної маси без шкаралупи у різних співвідношеннях наведені на рис. 2.



1 – 95:5, 2 – 90:10, 3 – 85:15, 4 – 80:20

**Рис. 2 – Залежність коефіцієнта варіації від тривалості змішування при різних співвідношеннях компонентів суміші до маси (подрібнене зерно кукурудзи та куряча ячна маса без шкаралупи)**

Аналіз результатів дослідження показав, що мінімальний коефіцієнт варіації 7,5 % спостерігається у зразка №1 на 180 с змішування, у зразка №2 – 8,7 % на 240 с змішування, у зразка №3 – 9,2 % на 300 с та у зразка №4 – 11 % на 360 с.

Відома істина, що процес змішування вважається ефективним, якщо коефіцієнт неоднорідності не перевищує 3 %. Виходячи з отриманих даних, технологічний процес змішування проходив не ефективно. З ростом масової частки ячної маси без шкаралупи у суміші однорідність зразків істотно знижувалася, а тривалість змішування збільшувалася. Крім того, через різницю у фізичних властивостях ячна маса та подрібнене зерно кукурудзи утворювали суміш, яка грудкувалася та містила конгломерати.

Для досягнення рівномірного розподілу рідкої сировини у суміші доцільно використовувати двостадійне змішування, а саме виробляти передсуміш подрібненої кукурудзи та ячної маси без шкаралупи



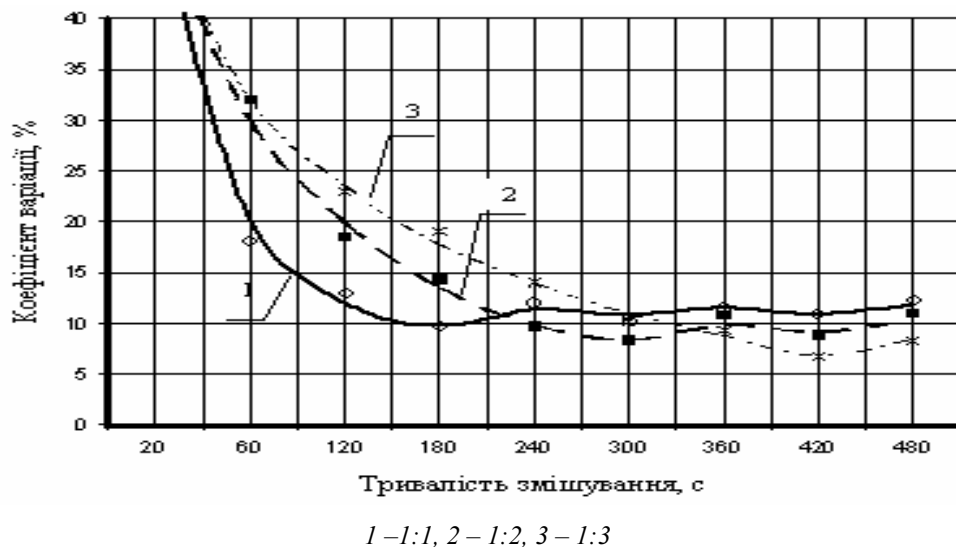
некондиційних курячих яєць. Для виготовлення передсуміші доцільно використовувати рамкові змішувачі, які застосовуються у процесах, де не допускається застій периферійних шарів, для змішування речовин високої в'язкості.

Завдання дослідження полягало в обґрунтуванні оптимального співвідношення подрібненого зерна кукурудзи та яєчної маси без шкаралупи у передсуміші. Для аналізу були сформовані такі зразки:

1. Подрібнене зерно кукурудзи та яєчна маса без шкаралупи у співвідношенні до маси 1:1 відповідно.
2. Подрібнене зерно кукурудзи та яєчна маса без шкаралупи у співвідношенні до маси 1:2 відповідно.
3. Подрібнене зерно кукурудзи та яєчна маса без шкаралупи у співвідношенні до маси 1:3 відповідно.

Виготовлення передсуміші з меншою ніж 50 % кількістю яєчної маси без шкаралупи у суміші є не-доцільним, тому що у рамкових змішувачах зростатимуть питомі витрати електроенергії на змішування вологої суміші, адже вони призначені для змішування рідкої сировини. Вологі суміші доцільно змішувати у змішувачах із лопатевими перемішувальними пристроями, дослідження ефективності змішування в яких були подані вище.

Аналіз результатів дослідження (рис. 3) показав, що при збільшенні масової частки яєчної маси без шкаралупи у передсуміші час змішування значно збільшується, що призводить до зростання питомих витрат електроенергії. Коефіцієнт варіації зі зростанням концентрації яєчної маси без шкаралупи у передсуміші зменшується з 9,7 % до 6,7 %, однак фізичні властивості при цьому погіршуються, що може ускладнювати подальше виробництво та знову виникає проблема рівномірного розподілу рідкої сировини у суміші.

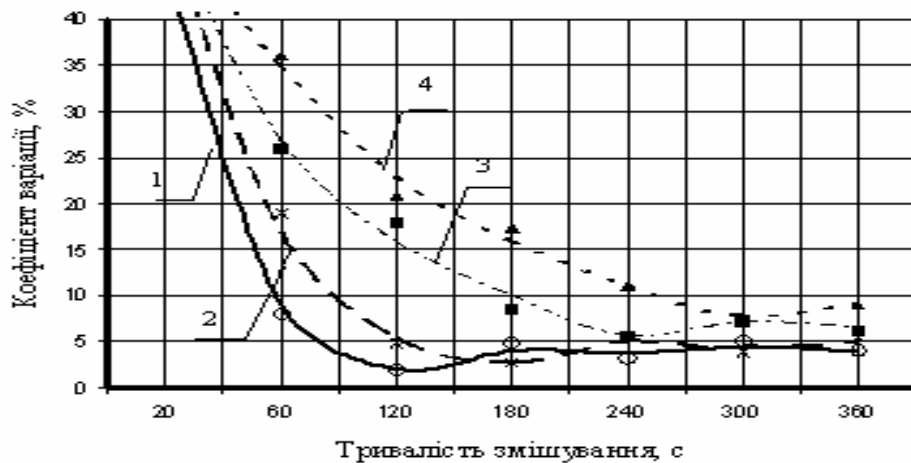


**Рис. 3 – Залежність коефіцієнта варіації від тривалості змішування у рамковому змішувачі при різних співвідношеннях компонентів передсуміші до маси (подрібнене зерно кукурудзи та куряча яєчна маса без шкаралупи)**

Встановлено доцільність виробництва передсуміші подрібненого зерна кукурудзи та яєчної маси без шкаралупи у співвідношенні 1:1 у рамковому змішувачі при тривалості змішування 180 с.

Аналогічно одностадійному змішуванню були проведені дослідження ефективності двостадійного процесу змішування. Як видно з рис. 4, при використанні двостадійного змішування його тривалість значно скорочується, а коефіцієнт варіації знижується. У зразках №3 та №4 він був вище допустимої норми 3 %, що пов'язано з низькою ефективністю розподілення значної кількості (15...20 %) яєчної маси без шкаралупи у подрібненій кукурудзі. У зразках №1 та №2 коефіцієнт варіації знаходився у межах норми.

Перед нами стояло завдання визначити максимально можливу масову частку яєчної маси без шкаралупи в суміші з подрібненою кукурудзою при оптимальних умовах ведення технологічного процесу змішування. Після проведення досліджень можна зробити висновок, що для отримання високоякісної однорідної максимально збагаченої яєчним білком подрібненої кукурудзи змішування необхідно проводити у два етапи: 1) отримання передсуміші компонентів у співвідношенні 1:1 у рамковому змішувачі впродовж 180 с; 2) основне змішування передсуміші компонентів та частини подрібненої кукурудзи, яка залишилася, у змішувачі з лопатевим перемішувальним пристроєм впродовж 120...180 с із максимальним введенням яєчної маси 10 %.



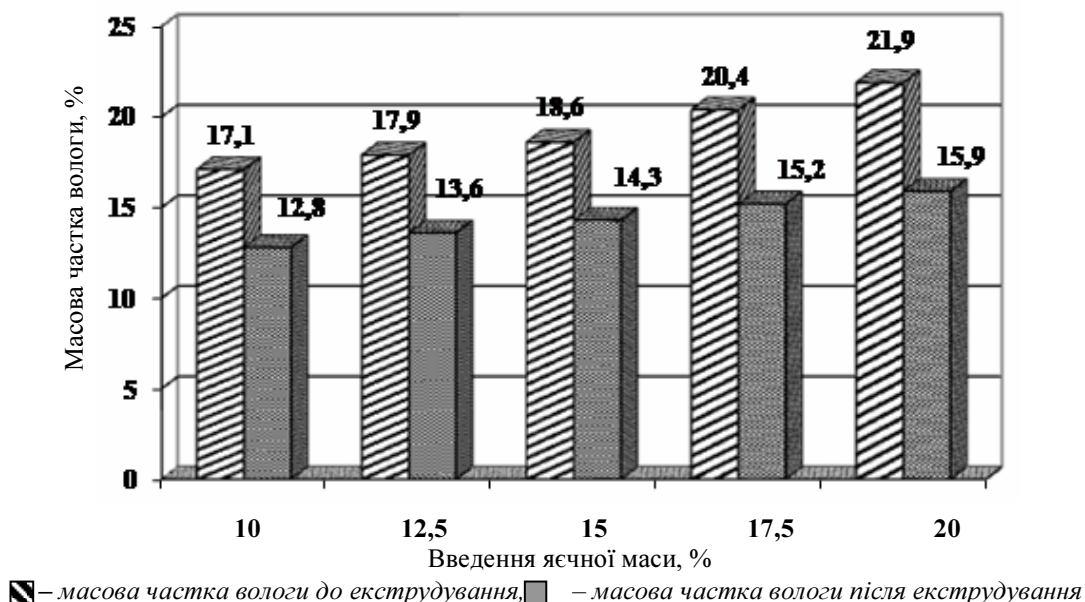
1 – 95:5, 2 – 90:10, 3 – 85:15, 4 – 80:20 відповідно

**Рис. 4 – Залежність коефіцієнта варіації від тривалості змішування при різних співвідношеннях компонентів суміші до маси (подрібнене зерно кукурудзи та куряча яєчна маса без шкаралупи) при двостадійному змішуванні**

Нами було вивчено екструдкування суміші подрібненого зерна кукурудзи та яєчної маси без шкаралупи некондиційних курячих яєць при різних співвідношеннях для вибору оптимального за умов мінімальних питомих витрат електроенергії на виробництво та найкращих показників якості ЕКД. Одним із основних показників оцінки фізико-механічних властивостей екструдованого продукту є індекс розширення. Ми досліджували 5 зразків:

- 1 – з введенням 10 % яєчної маси без шкаралупи;
- 2 – з введенням 12,5 % яєчної маси без шкаралупи;
- 3 – з введенням 15 % яєчної маси без шкаралупи;
- 4 – з введенням 17,5 % яєчної маси без шкаралупи;
- 5 – з введенням 20 % яєчної маси без шкаралупи.

Масова частка води до екструдкування у першому зразку складала 17,1 %, а після – 12,8 %; у другому зразку до екструдкування масова частка води складала 18 %, а після – 13,6 %, у третьому – 18,6 % та 14,3 %; у четвертому – 20,4 % та 15,2 %; у п'ятому – 21,9 % та 15,9 % відповідно (рис. 5). Із ростом масової частки яєчної маси без шкаралупи у суміші зростає масова частка води суміші.



■ – масова частка води до екструдкування, ■ – масова частка води після екструдкування

**Рис. 5 – Зміни вмісту масової частки води у процесі обробки залежно від кількості яєчної маси в суміші**

На рис. 6 наведено залежності питомих витрат електроенергії та індексів розширення від масових часток вологи у дослідних зразках. Питомі витрати електроенергії на екструдкування з ростом масової частки вологи знижуються з 17 до 13 кВт×год/т, однак індекс розширення теж знижується з 2,1 до 1 [11]. Для екструдованих продуктів характерний індекс розширення - не менше 2-х [12]. Таким чином, при додаванні більше 10 % яєчної маси без шкаралупи у суміш знижуються питомі витрати електроенергії, проте процес екструзії не відбувається через високу масову частку вологи вихідної суміші, а відбувається процес формування продукту. Крім того, це призводить до зростання масової частки вологи у готовому продукті вище рекомендованих значень.

Введення у суміш менше 10 % яєчної маси без шкаралупи є недоцільним за двома причинами: по-перше, нижче значення вихідної масової частки вологи порушує процес екструдкування, тому що утруднює вихід матеріалу через матрицю, продукт підгорає, зменшується його об'ємне розширення, а по-друге, стояло завдання, отримати екструдовану кормову добавку, а не екструдовану кукурудзу.

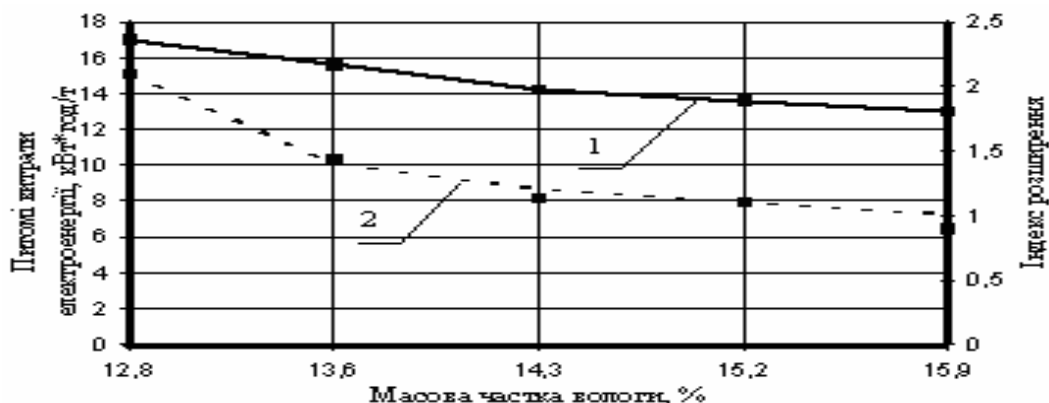


Рис. 6 – Залежність питомих витрат електроенергії (1) та індексу розширення екструдату (2) від масової частки вологи в ЕКД

Встановлено раціональні режими технологічного процесу екструдкування суміші подрібненого зерна кукурудзи та яєчної маси без шкаралупи: тиск у робочій зоні екструдера 2...3 МПа, споживана потужність електродвигуна 4,0...4,5 кВт, температура продукту на виході з екструдера 110...120 °С, тривалість процесу 60...120 с, діаметр отвору матриці 10 мм.

Таким чином, експериментальним шляхом встановлено, що оптимальна кількість яєчної маси без шкаралупи у суміші з подрібненим зерном кукурудзи складає 10 % за умов мінімальних питомих витрат електроенергії на виробництво та найкращих показників якості екструдованої кормової добавки.

#### Література

- Егоров, Б.В. Выбор оптимальных технологических решений в производстве комбикормов [Текст] / Б.В. Егоров // Зерновые продукты и комбикорма. – 2001. – № 4. – С. 35–38.
- Проваторов, Г.В. Годівля сільськогосподарських тварин: Підручник [Текст] / Г.В. Проваторов, В.О. Проваторова. – Суми: ВТД Університетська книга, 2004. – 510 с.
- Краус, С.В. Экструзионная обработка – возможности расширения ассортимента зерноперерабатывающих предприятий [Текст] / С.В. Краус, В.А. Бутковский. – М.: ГИОРД, 2004. – С. 236–242.
- Mair, C. Extruders on-line [Text] / C. Mair // Feed milling international. – 1998. – Vol. 192, № 5. – Р. 25–28.
- Назаров, В. Особенности конструкции экструдеров [Текст] / В. Назаров, Д. Макаренков, И. Булатов // Комбикорма. – 2009. – № 7. – С. 47.
- Богатырева, А.Н. Термопластическая экструзия: научные основы, технология, оборудование [Текст] / А.Н. Богатырева, В.П. Юрьева. – М.: Ступень, 1994. – 200 с.
- Брылинский, М.Л. Применение экструдеров при производстве кормов для молодняка сельхозптицы [Текст] / М.Л. Брылинский // Хранение и переработка зерна. – 2004. – №9. – С.43 – 44.
- Афанасьев, В.А. Теория и практика специальной обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов [Текст] / В.А. Афанасьев. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2002. – 296 с.
- Характеристика смесителей для производства премиксов и комбикормов [Текст] / Б.В. Егоров, А.В. Макарянская, Т.Г. Стоянова, Н.В. Гонца // Хранение и перераб. зерна. – 2008. – №2. – С. 43 – 46.
- Гонца, Н.В. Правильный выбор смесителя – залог производства однородных смесей [Текст] / Н.В. Гонца // Техника и технология пищевых производств: тез. докл. VI Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов, Могилев, 24-25 апр. 2008 г.: в 2 ч. Ч.1. / УО МГУП. – Могилев, 2008. – С. 106 – 107.

14. Пат. 64221 Україна, МПК А23К 1/10. Добавка до комбікорму для сільськогосподарської птиці [Текст] / Б.В. Єгоров, Н.В. Ворона. – №u201108847. Заявл. 14.07.2011; опубл. 25.10.2011, Бюл. №20.
15. Єгоров, Б.В. Исследование биологической эффективности и санитарного качества экструдированной кормовой добавки для молодняка сельскохозяйственной птицы в процессе хранения [Текст] / Б.В. Єгоров, Н.В. Ворона // Зернові продукти і комбікорми. – 2011. – №2. – С. 29 – 33.

УДК 636.085.55:[633.15:639.38]

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ І ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ЕКСТРУДОВАНОЇ КОРМОВОЇ СУМІШІ

Єгоров Б.В., д-р техн. наук, професор., чл.-кор. НААН України,  
Фігурська Л.В., канд. техн. наук, асистент  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

*У статті наведено дослідження з визначення основних хімічних і фізичних показників якості кормової суміші з малоцінної риби. Розглянуто важливі зміни, які відбуваються у процесі екструзії у фізичних властивостях і хімічному складі.*

*In the article research is resulted from determination of basic chemical and physical indexes of quality of mixture of corn and fish raw material. Important changes which take a place in the process of extruding are considered.*

Ключові слова: екструдвання, кормова суміш, комбікорми для риб, рибна мука, збагачення зернової сировини.

Аквакультура – галузь розведення, товарного вирощування і відтворення гідробіонтів – в останні десятиліття перетворилася на широкомасштабну високотехнічну індустрію і почала відігравати провідну роль у розвитку більшості рибпромислових держав. Лідерами в цьому є такі високорозвинені країни як Японія, США, Канада, Ісландія, Данія, Норвегія, а останнім часом і Китай. За даними Всесвітньої організації аквакультури загальний обсяг культивованих гідробіонтів у період з 1984 по 1994 рр. збільшився на 167 % (з 6,9 до 18,5 млн. т), а в 2010 р. він перевищив 30 млн. т, що складає більше чверті обсягу і майже половину вартості загальної світової продукції [1].

Україна має у своєму розпорядженні значні можливості і величезний науково-практичний потенціал для розвитку вітчизняної аквакультури. Найважливішою умовою ведення успішного вітчизняного індустріального рибництва є забезпечення рибоводних господарств повноцінними комбікормами. Важливим компонентом для балансування високого рівня білка у рецептах комбікормів для риб є рибна мука. До переваг використання рибної муки відносять те, що рибний протеїн має найвищу концентрацію незамінних амінокислот серед усіх відомих азотистих з'єднань тваринного походження; він максимально наближений (92...95 %) до співвідношення амінокислот білка курячого яйця згідно з ФАО ВОЗ; у складі рибних кормових продуктів є потужний неіндифікований фактор росту, ефект якого встановлений, але його біологічна природа не визначена. Рибну муку вводять до складу комбікорму для балансування рецептур не лише за вмістом сирого протеїну, а й амінокислотного і жирокислотного складу (важливе джерело жирних кислот  $\omega$ -3), рівня кальцію і фосфору, обмінної енергії та вітамінів [2, 3]. Рибну муку виготовляють із будь-яких морепродуктів, але, як правило, з малоцінної риби, яка містить високий відсоток кісток і жиру, і, вважається непридатною для споживання людиною, а також побічних продуктів або відходів обробки риби.

Утилізація малоцінної для харчування людей риби є нагальною проблемою. При вилові риби біля 200 тис. тонн у рік тільки з Чорного моря, 1 % – це некондиційна, дрібна, кістлява, пошкоджена риба, малоцінна для харчування людей. Одним із способів утилізації високоцінних відходів рибопереробки і малоцінної риби є переробка у рибомучних установках. При виробництві рибної муки традиційним способом її якість суттєво знижується із-за високотемпературного сушіння (температура не менше 80°C протягом 30 хв.), метіонін, аргінін і лізин частково втрачають здатність всмоктуватися в травному тракті, крім того, за таких режимів утворюються отруйні речовини, такі як кадоверін, гістамін і гіцерозин, які негативно впливають на травлення і навіть викликають утворення виразок на епітеліальній тканині м'язового шлунку [3, 21, 22]. Із-за тривалого зберігання і транспортування в рибній муці може розвиватись патогенна мікрофлора.

Враховуючи поживну цінність малоцінної риби, розробка нових і удосконалення наявних способів вводу малоцінної риби до складу комбікормів для риб без втрати поживності – важливе завдання галузі виробництва комбікормів [3]. Нами було удосконалено технологію виробництва комбікормів для риб шляхом збагачення зерна малоцінною рибою і формування попередньої суміші компонентів, що забезпечує не лише утилізацію високоцінних відходів рибиництва або малоцінної риби, а й високу однорідність змішування суміші, що у свою чергу забезпечує якість кінцевого продукту і його можна рекомендувати для використання у виробництві комбікормів для риб та молоді сільськогосподарських тварин [4-6].

У дослідженні кукурудзу збагачували малоцінною рибою (салакою чорноморською). Збагачення зернової сировини малоцінною рибою шляхом екструдуювання суміші зернової сировини і малоцінної риби проводили в Одеській національній академії харчових технологій у спеціалізованій лабораторії кафедри технології комбікормів на виробничому екструдері ЕЗ-150, який оснащений автоматичною системою збору даних і керування для проведення досліджень процесу екструдуювання і розробки ефективних систем автоматичного керування цим процесом. Система передбачає вимір температур у трьох робочих зонах екструдера, температури поверхні матриці, а також струму навантаження приводу шнека за рахунок зміни продуктивності живильника й автоматичне регулювання температур у робочих зонах екструдера за рахунок зміни потужності тенів установлених у кожній робочій зоні екструдера. Система складається з датчиків, модулів-перетворювачів сигналів, виконавчих пристроїв і персонального комп'ютера, який є її інтелектуальним ядром. Екструдуювання суміші проходило при температурі 110–120 °С і тискові 2-3 МПа у робочій зоні екструдера. Кукурудзу з малоцінною рибою змішували у оптимальному співвідношенні 90:10, що було визначено найефективнішим проходженням процесу екструдуювання [4].

На першому етапі роботи було проведено біологічну оцінку (на лабораторних тваринах) використання кормової суміші у складі раціону. Проведене дослідження показало доцільність використання екструдату у рецептах комбікормів [4-6]. На другому етапі були проведені дослідження хімічного складу, органолептичних і мікробіологічних показників та фізичних властивостей екструдату.

Мета роботи: визначення основних хімічних і фізичних показників якості екструдованої кормової суміші з малоцінної риби.

Фізичні властивості кормової суміші до екструдуювання вказують на належність її до важкосипких компонентів (табл. 1). У процесі екструзії на 35,8 % зменшилась масова частка вологи. Екструдована кормова суміш має задовільні фізичні показники, у процесі екструдуювання зменшився кут природного укусу, покращилась сипкість. Про глибокі структурно-механічні зміни, які відбулися у процесі екструзії, свідчить зменшення об'ємної маси кормової суміші з малоцінної риби на 169 % з 646 кг/м<sup>3</sup> до 240 кг/м<sup>3</sup>. Індекс розширення екструдату становив 2,4 при діаметрі голівки матриці екструдера 10 мм. Низький індекс розширення можна пояснити утворенням у процесі екструдуювання амілозо-ліпідних та білково-ліпідних комплексів, які впливають на декстринізацію крохмалю. Питомі витрати електроенергії на екструдуювання суміші становили 16,0 кВт/год/т.

Дослідження санітарної якості екструдованої кормової суміші з малоцінної риби (масова частка вологи 10,2 %) показали, що продукт може зберігатися протягом 6 місяців у нерегульованих умовах [5].

**Таблиця 1 – Вплив екструдуювання на фізичні властивості кормової суміші (n = 3, P≥0,95)**

| Показники                                | Спосіб підготовки    | Значення |
|------------------------------------------|----------------------|----------|
| Масова частка вологи, %                  | без обробки          | 15,9     |
|                                          | після екструдуювання | 10,2     |
|                                          | зміни, %             | -35,8    |
| Кут природного укусу, град.              | без обробки          | 35       |
|                                          | після екструдуювання | 38       |
|                                          | зміни, %             | +8,6     |
| Сипкість, см/с                           | без обробки          | 35       |
|                                          | після екструдуювання | 22       |
|                                          | зміни, %             | -37,1    |
| Об'ємна маса, кг/м <sup>3</sup>          | без обробки          | 646      |
|                                          | після екструдуювання | 240      |
|                                          | зміни, %             | -62,8    |
| Індекс розширення екструдату             | без обробки          | –        |
|                                          | після екструдуювання | 2,4      |
| Питомі витрати електроенергії, кВт·год/т |                      | 16,0     |

Оцінка біологічної цінності хімічними методами дає змогу оцінити збалансованість суміші і відображає потенціал суміші як джерела харчування (табл. 2). Екструзія – процес термопластичної дифузії з адіабатичним розширенням на виході з екструдера. Вплив екструзії на доступність поживних речовин окремих компонентів неоднозначний (табл. 2). Найбільшої зміни зазнають вуглеводи зернових, що пояснюється високою водоабсорбційною здатністю крохмалю і клітковини [6, 7]. Під час термічної та механічної обробки внаслідок руйнування глюкозидних зв'язків порушується нативна структура зерен крохмалю, відбувається деструкція великих молекул полісахаридів – амілози і амілопектину. Руйнування цих зв'язків призводить до утворення декстринів із практично однаковим ступенем полімеризації, тому що цей процес залежить від енергії зв'язку молекул глюкозидних залишків. Внаслідок механічної деструкції відбувається розрив ковалентних зв'язків, який має випадковий характер, тому декстрини утворюються з різною кількістю глюкозидних залишків. Руйнування зв'язків між ланцюгами полісахаридів, що входять до складу крохмалю, призводить до порушення його внутрішньої структури [8, 9]. Це полегшує приєднання води до –ОН груп, які звільняються внаслідок такого порушення. У результаті таких процесів у екструдованій кормовій добавці зменшується вміст цільного крохмалю на 26,8 % (табл. 2), а моносахаридів (глюкози і фруктози) збільшується. У результаті змішування малоцінної риби та кукурудзи і подальшого екструдювання суміші, зернову сировину збагачили сирим протеїном на 34,4 %, при втратах у процесі екструдювання 3,0 %. Внаслідок часткового порушення целюлозо-лігнінового комплексу при екструдюванні зменшився вміст сирової клітковини на 4,3 %. У результаті часткового розпаду жиру на жирні кислоти його кількість зменшилась на 2,9 %.

**Таблиця 2 – Хімічний склад екструдованої кукурудзи і кормової суміші (у розрахунку на суху речовину) (n = 3, P≥0,95)**

| Показники                                          | Кормова суміш кукурудзи і риби |                     | Екструдована кукурудза |
|----------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------|------------------------|
|                                                    | до екструдювання               | після екструдювання |                        |
| Масова частка: сухих речовин, %                    | 84,10                          | 89,80               | 88,23                  |
| сирого протеїну, %                                 | 13,12                          | 12,73               | 8,25                   |
| сирого жиру, %                                     | 4,19                           | 4,07                | 4,05                   |
| сирої золи, %                                      | 1,60                           | 1,58                | 1,58                   |
| сирої клітковини, %                                | 2,11                           | 2,02                | 2,23                   |
| водорозчинних вуглеводів, %                        | 3,70                           | 20,50               | 23,56                  |
| крохмалю, %                                        | 59,23                          | 37,36               | 20,80                  |
| фосфору, мг/100 г                                  | 170,00                         | 169,00              | 109,00                 |
| кальцію, мг/100 г                                  | 8,80                           | 8,50                | 21,00                  |
| Масова частка вітамінів: В <sub>1</sub> , мг/100 г | 0,12                           | 0,10                | 0,12                   |
| В <sub>2</sub> , мг/100 г                          | 0,08                           | 0,07                | 0,07                   |
| Е (токоферолі), ‰                                  | 2,31                           | 2,09                | 2,30                   |
| Перетравність білка (in vitro), %                  | 68,00                          | 78,60               | 76,40                  |

Малоцінна риба, яку направляють на виробництво кормової муки, багата на вітаміни А, D, групи В та ін. [10, 11]. Однак внаслідок видалення з розвареної маси більшої частини жиру, використання високих температур сушіння і окислення при зберіганні загальний вміст вітамінів А і D у готовому продукті залишається незначним. У процесі переробки (упарювання бульйону і сушіння жому) близько половини водорозчинних вітамінів групи В переходить у бульйон і втрачається, якщо бульйон не випарюють і не використовують для виробництва муки. У табл. 2 показано втрати вітамінів при екструдюванні суміші кукурудзи і малоцінної риби. Зменшення вмісту основних вітамінів у процесі екструдювання – незначне (до 8 %) і відповідає дослідженням інших учених [12, 13].

Якість білка характеризує співвідношення окремих фракцій різної розчинності. Фракційний склад білка – показник, який характеризує білки різних таксономічних груп та їхні властивості переходити з одного за розчинністю стану в інший, що має важливе фізіологічне значення та лежить в основі життєвих процесів, які протікають в організмі. У табл. 3 представлені результати досліджень фракційного складу екструдованої кормової суміші. Сирий білок кукурудзи у найбільшій кількості складається з спирторозчинної фракції (до 60 %), менше у ньому лугорозчинної (до 23 %), солерозчинної (до 22 %) і водорозчинної фракції (до 17 %) [12]. У процесі екструзії в білці кукурудзи зменшується кількість водо- і соле-

розчинної фракції, незначно знижується кількість спирторозчинної фракції, лужної практично не змінюється, нерозчинний залишок збільшується.

До складу м'яса риби як і теплокровних тварин, входять головним чином прості, переважно солерозчинні білки типу глобулінів – міозин, актин, актоміозин і в невеликій кількості тропоміозин [10, 11]. Ці білки утворюють міофібрили м'язових клітин і в сумі складають більше половини всіх білкових речовин м'яса риб. Наступну, значну фракцію (25...35 %) являють водорозчинні білки типу альбумінів – міоген, міоальбумін, глобулін, що входять до складу саркоплазми. Крім указаних білків, до складу м'язових волокон входять нерозчинні у воді і розчинах нейтральних солей, але розчинні в слабких розчинах лугів і кислот білки – міостроміни (до 25 % білка). Нерозчинні білки представлені в основному сполучними білками або білками сарколеми – колагеном, еластином та ін. Повноцінні білки – практично всі білки м'яса риби за винятком білків строми.

Білки риби знаходяться переважно в колоїдному стані (у вигляді гелів і золів), що зумовлює нестійкість і мінливість властивостей (денатурацію) білкових речовин м'яса риби при зміні умов середовища. Екструзія знижує молекулярну масу білків внаслідок денатурації. Найчутливіші до вологотеплової обробки водо- і солерозчинні фракції білка риби [7, 8]. Міофібрилярні білки відповідають за збереження структури м'язової тканини, тому при переході їх у денатурований стан порушується зв'язок білка з водою, цілісність м'язових волокон, що призводить до значних втрат тканинного соку. Зменшення водо- і солерозчинної фракції білків пов'язано зі змінами властивостей білка у результаті дії тепла в процесі екструзії і деструкцією, яка супроводжується деяким зменшенням розчинності білка, що зумовлена зміною форми будови – переходу у фібрилярну форму. Одночасно збільшується кількість денатурованих лугорозчинних білків.

При екструзуванні суміші кукурудзи і риби відбуваються як зміни окремо у компонентах, так і у результаті взаємодії їх між собою. До позитивних змін відносять те, що теплова обробка призводить до розпаду водневих, іонних і пептидних зв'язків, збільшуючи кількість активних груп у молекулі білка.

Серед негативних – утворення додаткових зв'язків між поліпептидними ланцюгами, вуглеводів білкового походження, агрегація білків та реакція Мейллара, коли бокові з'єднання аміногрупи  $-NH_2$  амінокислот вступають у взаємодію з вуглеводами, альдегідами та іншими речовинами [14].

Продукти різних реакцій між вуглеводами і амінокислотами вперше були ідентифіковані Мейллардом, іменем якого і була названа реакція. За Бендеру, були наочно показані такі реакції: реакції між аміногрупами амінокислот і речовинами, які знижують поживність білка; реакція між кінцевою аміногрупою лізину і карбонілпродуктами вторинного розпаду жирів, здатних до самоокислення; взаємодії білка з білком (вуглецевоазотисті зв'язки) незалежно від наявності речовин, які понижують поживність корму.

Із аналізу табл. 3 видно, що при екструзуванні кормової суміші зменшується кількість водо-, соле- і спирторозчинних білків, збільшується кількість лугорозчинних і нерозчинного залишку.

**Таблиця 3 – Фракційний склад білків кормової суміші, % від сирого протеїну (у розрахунку на суху речовину)**

| Показник            | Спосіб підготовки   | Кормова суміш |
|---------------------|---------------------|---------------|
| Водна фракція       | до обробки          | 14,73         |
|                     | після екструзування | 7,36          |
|                     | зміни               | -50,0         |
| Сольова фракція     | до обробки          | 24,18         |
|                     | після екструзування | 14,61         |
|                     | зміни               | -39,8         |
| Спиртова фракція    | до обробки          | 36,90         |
|                     | після екструзування | 35,50         |
|                     | зміни               | -3,8          |
| Лужна фракція       | до обробки          | 20,88         |
|                     | після екструзування | 35,8          |
|                     | зміни               | +41,7         |
| Нерозчинний залишок | до обробки          | 3,31          |
|                     | після екструзування | 6,73          |
|                     | зміни               | +50,8         |

У літературі є дані, що підвищення температури до 100 °C і вище призводить до помітного зниження засвоюваності тваринних білків, у результаті порушення основних ковалентних зв'язків. Дані наших досліджень свідчать, що перетравність білків у результаті теплової обробки зростає. Показником біологічної

цінності білків є перетравність *in vitro* шляхом перетравлення пепсином. У результаті екструзії перетравність *in vitro* кормової суміші зросла на 13,5 % з 68,0 до 78,6 % (табл. 2).

Зернівка кукурудзи містить два білка: зеїн (дефіцитний за лізиномі триптофаном) і глютеїн (дефіцитний за метіоніном). При визначенні лімітованих амінокислот у комбікормах для риби (особливо форелі й коропа) на перше місце частіше інших виходять метіонін і лізин. Питання повноцінності білка за амінокислотним складом надзвичайно важливе. Відомо, що рибна мука, основне джерело повноцінних білків у комбікормах для хижих риб, у процесі виробництва втрачає певну частину незамінних амінокислот [10, 11, 12]. Окремі амінокислоти, особливо цистеїн, гістидин і триптофан, піддаються руйнуванню при упарюванні бульйону при температурі вищій за 100 °С. Негативно впливають високі температури сушіння рибної муки на лізин, ізолейцин, треонін. З усіх амінокислот найважливіше значення має лізин, який вирізняється високою чутливістю до подразнювальних факторів (високих температур, умов і тривалості зберігання компонентів, дії отрут) у результаті чого у подальшому важче проходить його відщеплення під дією травних ферментів, що пов'язано з особливістю будови молекули лізину, яка має дві аміногрупи. Її аміногрупа звичайно вільна і легко вступає під впливом факторів у зв'язок з різними з'єднаннями, від чого при потрапленні до травного тракту змінюються контакти білка з протеолітичними ферментами (трипсином) і ступінь доступності амінокислоти знижується. Тому з білка комбікорму може не використовуватися 10...30 % лізину, а при термічній обробці і 50...60 %. Питання доступності лізину і метіоніну має практичне значення, оскільки їх часто додають у комбікорми для риб.

Режими екструзування ( $t=110\ldots120$  °С,  $p=2\ldots3$  МПа) обумовили дослідження зміни амінокислотного складу кормової суміші до і після теплової обробки (табл. 4).

**Таблиця 4 – Амінокислотний склад білків кормової суміші кукурудзи і рибної сировини, % від сирого протеїну  $N \times 6,25$ , на суху речовину ( $n = 3$ ,  $P \geq 0,95$ )**

| Амінокислоти |                      | Кормова суміш    |                     |
|--------------|----------------------|------------------|---------------------|
|              |                      | до екструзування | після екструзування |
| Незамінні    | Валін                | 0,62             | 0,58                |
|              | Ізолейцин            | 0,47             | 0,43                |
|              | Лейцин               | 1,59             | 1,49                |
|              | Лізин                | 0,66             | 0,60                |
|              | Метіонін+цистин      | 0,44             | 0,40                |
|              | Треонін              | 0,39             | 0,34                |
|              | Триптофан            | 0,12             | 0,11                |
|              | Фенілаланін          | 0,51             | 0,49                |
|              | Разом                | 4,80             | 4,44                |
| Замінні      | Аргінін              | 0,71             | 0,65                |
|              | Аланін               | 0,91             | 0,85                |
|              | Аспарагінова кислота | 1,14             | 1,06                |
|              | Гістидин             | 0,50             | 0,47                |
|              | Гліцин               | 0,47             | 0,45                |
|              | Глутамінова кислота  | 0,92             | 0,90                |
|              | Пролін               | 0,81             | 0,72                |
|              | Серин                | 0,61             | 0,54                |
|              | Тирозин              | 0,42             | 0,35                |
|              | Разом                | 6,49             | 5,99                |

Згідно з результатами, загальний вміст амінокислот у ЕКС зменшився на 7,6 %, причому вміст незамінних – на 7,5 %, а замінних – на 7,7 %.

Дослідження санітарної якості екструзованої кормової суміші з малоцінної риби (масова частка вологи 10,2 %) показали, що продукт може зберігатися протягом 6 місяців у нерегульованих умовах [5, 19, 20].

Аналіз результатів досліджень показує, що у результаті збагачення кукурудзи рибним протеїном у кормовій добавці збільшився вміст сирого протеїну на 34,4 % та всіх незамінних амінокислот, особливо лізину (на 15,8%), метіоніну і цистеїну (на 11,4 %) і триптофану (на 10,0 %), які є лімітованими у комбікормах для риб, зменшилась кількість сирової клітковини, зменшилась кількість крохмалю внаслідок його розпаду на простіші сахаради, також зернову сировину збагатили вітамінами А і D, погіршилась розчинність білкових фракцій кормової суміші, разом з тим покращилась, перетравність білків *in vitro*.

Проведені дослідження хімічного складу екструдату з рослинної і малоцінної риби показали значні структурно-механічні і хімічні зміни у процесі високотемпературної обробки. У результаті екструзуван-



ня кормової суміші з малоцінної риби, покращуються її фізичні властивості, перетравність поживних речовин. Використання кормової суміші дасть змогу розширити застосування кукурудзи як компонента комбікормів для риб і зменшить кількість рибної муки у рецептах комбікормів.

### Література

1. Lückstädt C. Fresh fish for high quality fish meal [Електронний ресурс] / С. Lückstädt, K. Kühlmann – 1 електрон.опт.диск (CD-ROM) \$ 12 см. – систем. вимоги: Pentium-266; 32 Mb RAM; CD-ROM Windows 98/2000/NT/XP. – Назва з контейнера <http://en.engormix.com/MA-aquaculture/news/world-aquaculture-2011-aquaculture-t16831/p0.htm>.
2. Подобед Л.И. Технологические основы получения и зоотехническая оценка рыбной кормовой суміші [Текст] / Л.И. Подобед, В.В. Жайворонюк // Збірник наукових праць УААН «Механізація, екологізація та конверсія біосировини у тваринництві». – 2009. – Вип. 1. – С. 112–117.
3. Технология производств и гидробионтов / С.А. Артюхова, В.Д. Богданов, В.М. Дауци и др.: Под ред. Сафоновой К.А. и Мендерика В.И. – М.: Колос, 2001. – 496 с: ил. Казаков Е.Д. Биохимия зерна и продуктов его переработки / Е.Д. Казаков, В.Л. Кретович. – М.: Агропромиздат. – 2005. – 369 с.
4. Єгоров, Б.В. Перспективи використання малоцінної риби у кормовиробництві / Б.В. Єгоров, А.П. Левицький, Л.В. Фігурська // Зернові продукти і комбікорми. – 2011. – № 2. – С. 46-50.
5. Єгоров, Б.В. Вплив теплової обробки на санітарну якість екструдованої кормової добавки з малоцінною рибою / Б.В. Єгоров, Л.В. Фігурська, Л.В. Труфкати // Наукові праці ОНАХТ. – 2011. – № 14. – С. 48-52.
6. Єгоров, Б.В. / Розробка технології виготовлення екструдованої кормової суміші для риб / Б.В. Єгоров, Л.В. Фігурська // Зернові продукти і комбікорми. – 2013. – № 1. – С. 36-42.
7. Ковбаса В. Після екструдуння / В. Ковбаса, А. Українець, О. Ромашко // Зерно і хліб. – № 2. – 2001. – С. 27.
8. Riaz, M.N. Extruders in food applications / Mian N. Riaz. – Lancaster Basel: Technomic publishing co, 2000. – 240 p.
9. Frame, N.D. The technology of extrusion cooking / N.D. Frame. – London: Blackie academic & professional, 1993. – 268 p.
10. Guy, R. Extrusion cooking / R. Guy. – Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2001. – 199 p.
11. Кононський О.І. Біохімія тварин: Підручник. – 2-е вид. перероб. і доп. – К.: Вища школа, 2006.
12. Норберт Альберс. Стабильность витаминов в производственном процессе // Комбикорма. – 2000. – № 5. – С. 33–35.
13. Кожарова, Л.С. Основы комбикормового производства / Л.С. Кожарова. – М.: «Пищепромиздат». – 2004. – 288 с.
14. Дамберг Д.Э. Реакция меланоидинообразования и ее биологическое значение. – Изд-во Латв. ССР, 1976. – № 1. – С. 97–105.
15. Исаев, В.А. Кормовая рыбная мука / В.А. Исаев. – М.: Агропромиздат, 1985. – 189 с.
16. Сравнение разных источников лизина в рационах радужной форели / Ястребов К.Ю., Аверкиева О.М., Хранение и переработка зерна, №5, 2002. Экспертиза рыбы, рыбопродуктов и нерыбных объектов водного промысла: Учебно-справочное пособие / [В.М. Позняковский и др.]. – Новосибирск: Сиб. универс. изд-во, 2005. – 311 с.
17. Rumsey, G.L. Methionine and cystine requirements of rainbow trout / G.L. Rumsey, J.W. Page, N.L. Scott. // Prog. fish. cult. – 1983. – № 3. – Р. 139–143.
18. Сорвачев, К.Ф. Основы биохимии питания рыб / К.Ф. Сорвачев. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 247 с.
19. Єгоров, Б.В. Зміна мікробіологічних показників якості кормових добавок при тепловій обробці / Б.В. Єгоров, Л.В. Фігурська // Збірник праць за підсумками Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства». – К.: Аграр Медіа Груп, 2011. – С. 417–418.
20. Єгоров, Б.В. Биологическая ценность и микробиологическая безопасность экструдированной кормовой смеси с рыбным сырьем / Б.В. Єгоров, А.В. Єгорова, Л.В. Фігурська, Л.В. Труфкати // Научни трудове научна конференция с международна участие „Хранителна наука, техника и технологии 2011”, 14-15 октомври 2011 г. – Университет по Хранителна Техноогии Пловдив, 2011. – Том LVIII, Свितък. – С. 378-384.
21. Кадыров, А. Экструзионная переработка биологических отходов в корма / Д. Кадыров, А. Гарзанов // «Птицеводство». – №7. – 2008. – С. 15–18.
22. Остриков, А.Н. Экструзия в пищевой технологии / А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, А.С. Рудометкин. – СПб.: ГИОРД, 2004. – 288 с.

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ КАЛЬЦИЙСОДЕРЖАЩИХ МИНЕРАЛЬНЫХ КОРМОВЫХ ДОБАВОК В КОРМЛЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПТИЦЫ

Егоров Б.В., д-р техн. наук, профессор, чл.-кор. НААН Украины, Малаки И.С., аспирант  
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

*В статье рассмотрены различные существующие кальцийсодержащие минеральные добавки и проведен анализ эффективности их использования в кормлении сельскохозяйственной птицы.*

*The article deals with the various existing calcium-containing minerals and analyzed the efficiency of their use in the feeding of poultry.*

Ключевые слова: кальций, птица, мел, ракушка, мраморная крошка.

Одним из основных факторов, влияющих на характер минерального обмена и процессы формирования скорлупы яиц, является минеральное питание несушек [2-3].

Формирование первого яйца связано с потерей организмом около 2 граммов кальция. Период яйценоскости кур современных кроссов довольно продолжительный, а максимальная продуктивность стада достигает высокого уровня. Достаточно сопоставить эти факты для того, чтобы понять значение кальция для разводимого птицепоголовья. При недостатке кальция организм птицы борется с потерей этого элемента путем прекращения производства яиц.

От качества корма, который получает несушка, частично или полностью зависит состояние скорлупы яиц – ее толщина, структура, пористость, интенсивность окраски и прочее [1-2].

Полное переваривание кальция, потребляемого с кормом, происходит за 12 часов, а первые его порции попадают в скорлупу яйца, которая формируется, через 15 минут. Итак, если основное количество суточной потребности кальция скармливать во второй половине дня и вечером, он на 99 % идет на образование скорлупы. У высокопроизводительных кур (яйценоскость 85 % и более) в случае скармливания некачественных минеральных кормов качество скорлупы снижается больше, чем у среднепродуктивной птицы и старых кур и интенсивнее, чем у молодых [3].

Наиболее существенными факторами нормализации минерального питания несушек следует считать достаточное обеспечение организма кальцием и фосфором. Эти элементы составляют основу (до 95 % массы) скорлупы яйца, прочность которой определяет качество полученной продукции [4].

В кормлении сельскохозяйственных животных и птицы изучено почти два десятка минеральных добавок, пригодных в качестве источников кальция. Тем не менее, с точки зрения распространенности, доступности, объемов природных запасов и эффективности чаще всего используется такие виды кальциевых добавок, как кормовой мел, ракушка, мраморная крошка и кормовые известняки.

Эти источники имеют одну и ту же химическую природу, характеризуются сходной концентрацией кальция (31-36 %) однако они существенно отличаются по компонентной чистоте, влиянию антропогенного фактора, если карьеры находятся вблизи крупных населённых пунктов и ряду физико-механических свойств в силу разного возраста породы и глубины её залегания в земле. Именно эти свойства существенно разнят качество указанных видов добавок между собой и во многом определяют их пригодность для использования в кормлении животных и птицы.

Мел является конечной формой деградации карбонатов кальция, их аморфной формой. Кальций мела практически полностью вступает в реакцию с соляной кислотой желудка при его поступлении с кормом. У молодняка птицы это не столь существенно, так как часть его в кормовой массе составляет 1-2 % и для его расщепления кислоты нужно не много. А вот у кур-несушек, в рационе которых удельный вес кальциевой добавки превышает 5 %, использование мела – основной фактор появления кислотно-щелочного дисбаланса в желудке и кишечнике. Большая порция ионного кальция, создаваемая при расщеплении мела, поступает в тонкий кишечник, где для его утилизации не хватает ни кальцийсвязывающих белков, ни жирных кислот. В итоге лишний кальций в ионной форме, на который затрачено пищеварительные ресурсы организма, поступает в толстый кишечник и выходит из организма с фекалиями [5].

Мел характеризуется пониженной сыпучестью, склонен к слеживаемости и сводообразованию. Указанные физико-механические свойства затрудняют процесс смешивания минерала с измельченными кормовыми продуктами в составе комбикорма, обеспечивают быстрое самосортирование частиц при транспортировке, хранении и раздаче.

Маленькие по размеру и относительно тяжёлые частицы мела опускаются в нижний слой комбикорма или кормосмеси, что приводит к их фракционированию по составу и, что особенно негативно, по питательности. Кроме того, аморфная структура продукта способствует максимальному ускорению взаимодействия частиц мела с соляной кислотой желудка. В результате мел вызывает быстрое и резкое понижение активной кислотности желудка, что временно ликвидирует кислотный антимикробный барьер, понижает переваривающую силу желудочных соков, активируемых соляной кислотой. Неадекватная потребностям организма порция ионного кальция поступает в тонкий кишечник, где не успевает быстро утилизироваться, в виду отсутствия адекватного количества кальцийсвязывающих белков. В результате большая часть кальция проходит без всасывания в толстый кишечник и удаляется из организма с экскрементами.

Использование мела в практике интенсивного яичного птицеводства и бройлерном производстве за последнее десятилетие закономерно снизилось и в большинстве случаев полностью прекратилось.

Ракушка представляет собой первичную структуру кальция – карбонатных соединений биогенного происхождения.

Формирующиеся слои речной ракушки тонкие (до 1,5 м толщиной), неравномерные по толщине пласта, располагаются вдоль русла рек. Объемы отложений речной ракушки зависят от размера речного стока, скорости движения воды в реке и характера речной фауны. На Украине достаточные для разработки – залежи речной ракушки имеются только в пойме реки Днестра – в верхнем и среднем её течении. Это обусловлено относительно высокой скоростью течения реки и часто меняющимися направлениями течения на отдельных её участках. В пойме Днепра таких участков практически нет, и поэтому промышленных разработок добычи ракушки мало. За последние пять десятков лет запасы речной ракушки существенно истощились благодаря активной добыче этого материала в строительных и кормовых целях.

Оценка кормовой пригодности ракушки для включения в комбикорма и рационы животных крайне не однозначна.

С одной стороны ракушка имеет плотную структуру (плотнее мела в 1,5-2 раза). Она слабо гигроскопична, не меняет свой химический состав при хранении. Высокая плотность ракушки существенно замедляет скорость её расщепления в желудке животных и птицы. Это сохраняет стабильную кислотность среды желудка, обеспечивает относительную равномерность поступления кальция в зону всасывания кишечника, что положительно сказывается на качестве скорлупы на фоне использования мела в рационах кур-несушек.

С другой стороны, научные наблюдения и практический опыт использования этого кальцийсодержащего материала показал, что ракушка требует дополнительной очистки от примесей.

Также ракушка вызывает неудобства и в технологическом плане: при измельчении ее на молотковой дробилке обычно получают чересчур мелкую фракцию, вследствие чего эффективность ее использования существенно снижается.

Еще одним препятствием использования ракушки в высокопродуктивном животноводстве и птицеводстве является наличие перламутрового слоя отмерших раковин, который остаётся в составе добавки после просеивания и измельчения. Он представлен исключительно мышьякосодежащими веществами, которые постепенно накапливаются и засоряют зону всасывания кишечника и снижают усвоение минеральных веществ.

Часть негативных свойств ракушки удаётся нивелировать её мелким измельчением в муку, но полностью это проблему не решает [6].

Мраморную крошку получают при просеивании дроблёного мрамора и по отдельным показателям химического состава она близка к известнякам. Крошка отличается самой медленной скоростью высвобождения кальция, но при этом она обеспечивает равномерное поступление кальция из желудка в тонкий кишечник.

В результате промышленной разработки месторождений остаётся огромное количество дроблёного мрамора с разными размерами частиц. Их просеивание позволяет получить мраморную крошку, которая по отдельным показателям химического состава близка к известнякам. В силу этого, такой минеральный продукт активно используется в кормлении кур-несушек в последние годы. Высокая плотность минерала и достаточно большая концентрация кальция (до 37 %) обуславливают эффект максимально равномерно высвобождения кальция в желудке птицы в течение суток. Этим объясняется достоверное влияние скармливания мраморной крошки на качество яичной скорлупы.

Тем не менее, ряд птицефабрик с интенсивным производством яйца вынуждены отказаться от использования мраморной крошки в кормлении. Это обусловлено высокой концентрацией магния (более 10 %), который образуя мылоподобные соединения с жирными кислотами, становится причиной диареи и опосредовано способствует обезвоживанию организма.

В силу указанных свойств мраморной крошки она не может быть главным поставщиком минерального кальция для яйценоской птицы. Её следует рассматривать только как дополнительный источник кальция (не более 1-2 % по массе комбикорма) – временный фактор улучшения качества скорлупы.

Лучшей формой кальциевой добавки для свиней, молодняка скота, интенсивно растущей и яйценоской птицы являются известняки. Они занимают как бы промежуточное положение между мелом и ракушкой. С одной стороны известняки ещё не характеризуются аморфными свойствами, а с другой степень их равномерности состава и чистоты намного выше, чем у ракушки. Месторождения известняка многочисленны и часто огромны по объёмам запасов одной партии с одинаковым химическим составом [7-8].

Параметры известняка обеспечивают его постепенную деградацию в желудке кислотами, сохраняют стабильность pH желудочного содержимого и делают процесс поступления кальция в зону всасывания максимально равномерным на протяжении суток. Только при таких условиях обеспечивается полная оптимизация кальциевого питания сельскохозяйственных животных и птицы.

Однако, известняки, добываемые в некоторых месторождениях, расположенных вблизи промышленных объектов характеризуются высоким уровнем магния, негативные последствия избытка которого описаны выше. Кроме того, простая добыча и измельчение этих продуктов приводит к получению аморфной известняковой муки с неструктурированным кальцием, продуктивный эффект которого в рационах существенно снижается.

В последнее время на рынке кормопроизводства появились так называемые известняковые минеральные комплексы (ИМК), которые представляют собой измельчённые просеянные смеси карбонатных кальциевых пород со строго определённым размером частиц, полученные в результате переработки кальцийсодержащего сырья, добываемого в специальных карьерах.

ИМК характеризуются повышенной степенью усвоения кальция (50-58 %) и обеспечивает пролонгированный период его всасывания на протяжении суток. Это свойство добавки позволяет установить идеальный суточный ритм поступления кальция в кровь и способствует интенсивному и пропорциональному росту костяка птицы [9-10].

Однако полное переваривание кальция, потребляемого с кормом, происходит за 12 часов, а первые его порции попадают в скорлупу яйца, которая формируется, через 15 минут. Итак, если основное количество суточной потребности кальция скармливать во второй половине дня и вечером, он на 99 % идет на образование скорлупы. У высокопроизводительных кур (яйценоскость 85 % и более) в случае скармливания некачественных минеральных кормов качество скорлупы снижается больше, чем у среднепродуктивной птицы и старых кур и интенсивнее, чем у молодых [1, 11]. Поэтому проблема выбора качественной кальцийсодержащей минеральной добавки является основополагающим фактором в системе кормления сельскохозяйственной птицы.

### Литература

1. Прокудіна Н. Шкаралупа у яєць. Про фактори, котрі впливають на стан шкаралупи яєць птиці. / Н. Прокудіна // Наше птахівництво. 2013. – № 1. – С. 22–25.
2. Жейнова Н. «М'які» яйця. Причиною утворення м'якої шкаралупи яєць є біологічні або технологічні фактори. / Н. Жейнова // Наше птахівництво. 2011. – № 2. – С. 16–17.
3. Рекомендации специалистов группы компаний «Единство». Организация кормления птицы // Корми і факти. 2012. – № 3 (19). – С. 13–15.
4. Неживенко В.П. Використання вапнякових комплексів у складі комбікормів для курей-несучок кросу «Хай-Лайн W-98». / В.П. Неживенко // Сучасне птахівництво. 2009. – № 11–12(84–85). – С. 32–35.
5. Мінеральне живлення птиці. Сучасні способи його оптимізації за допомогою спеціальних комплексів. // Сучасне птахівництво. 2004. – № 5. – С. 3–4.
6. Подобед Л.И. Применение специальных форм структурированных известняков при оптимизации минерального питания сельскохозяйственных животных и птицы (Практическое руководство). – Одесса: Печатный дом, 2010. – 104 с.
7. Организация кормления птицы // Эксклюзивные технологии. 2012. – № 2 (17). – С. 42-45.
8. <http://www.ya-fermer.ru/mineralnye-korma>
9. <http://www.geolife.odessa.ua>
10. <http://podobed.org/geolayf.html>
11. Егоров Б.В. Усовершенствование технологии производства комбикормов для сельскохозяйственной птицы / Б.В. Егоров, И.С. Рягузова // Збірник праць за підсумками 78 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті». – К:НУХТ, 2012. – С. 144-145.

УДК 636.5.087.7

## РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ВІТАМІННО-МІНЕРАЛЬНОЇ ДОБАВКИ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПТИЦІ

Турпунова Т.М., канд. техн. наук, доцент  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

*У статті розроблено технологію виробництва вітамінно-мінеральної добавки для сільськогосподарської птиці.*

*In the article technology of production is developed vitamin mineral additions for an agricultural bird.*

Ключові слова: мінеральні добавки, вітаміни, хвоя, кальцій, сільськогосподарська птиця, гранулювання, показники.

Здоров'я і продуктивність тварин залежать не тільки від годівлі з достатньою кількістю протеїну, жиру, вуглеводів і мінеральних речовин, але й забезпеченості тварин високоякісними вітамінними кормами. Значення вітамінів для тваринного організму величезне. Повноцінна вітамінна годівля тварин сприяє зростанню молодняку, поліпшенню відтворної функції і підвищенню молочності у лактуючих тварин, зниженню витрат кормів на виробництво 1 кг молока і приросту маси, поліпшенню якості продукції, попередженню захворювань тварин та ін.

Недостатня кількість або надлишок мінеральних елементів та вітамінів у раціонах завдають збитки тваринництву: знижується продуктивність, ефективність використання корму, затримується ріст поголів'я, погіршується якість тваринницької продукції. Завдання спеціалістів із годівлі – забезпечення тварин мінеральними речовинами та вітамінами в оптимальній кількості та співвідношенні, в строгій відповідності до потреби організму [1].

Основне джерело важливих мінеральних елементів і вітамінів для тварин – корми. Вітамінно-мінеральний склад їх змінюється залежно від виду та стадії вегетації рослин, типу ґрунтів, кліматичних умов, способу заготівлі та зберігання кормів, технології підготовки їх до згодовування, від екологічної ситуації регіону. Крім того, в деяких кормах біологічно активні речовини знаходяться у важкозасвоюваній формі для тварин. Тому проблема вітамінно-мінеральної годівлі тварин повинна розв'язуватися комплексно, як за рахунок заготівлі повноцінних кормів, так і введення в раціони добавок – синтетичних або природних вітамінних препаратів та мінеральних сполук [1].

Доступність вітамінів із окремих кормових засобів у декілька разів нижча за доступність вітамінів із вітамінних препаратів. У зв'язку з цим більшість країн з розвинутим птахівництвом використовують так звані гарантуючі добавки вітамінів (табл. 1) до основного раціону птиці, які в декілька разів перевищують фізіологічні потреби птиці в окремих вітамінах. Такі гарантуючі добавки забезпечують надходження в організм птиці необхідної кількості вітамінів, які в комплексі забезпечують максимальний прояв її продуктивних та відтворних якостей.

Важливим природним джерелом поповнення кормів вітамінами є хвоя. Хвойну муку можна виробляти з жовтня по квітень, саме в цей період у хвої міститься найбільша кількість каротину та найменше смолистих речовин. В 1 кг сухої речовини соснової хвої міститься 0,37 кормових одиниць, близько 40 г перетравного протеїну, в середньому 350-360 мг каротину, вітаміну Е=340-350 мг; вітаміну К=12-20 мг; вітамінів В<sub>1</sub>=8-19 мг; В<sub>2</sub>= 10-11 мг; В<sub>3</sub>=16-28 мг; В<sub>6</sub>=1,1-2 мг; В<sub>с</sub>=7-8 мг; вітаміну Н=0,06-0,15 мг; вітаміну С = 10 000 – 15 000 мг; вітаміну Р=2180-3810; вітаміну РР=142-29. Крім того, у хвої містяться мікроелементи: Fe = 150-180 мг, Mn = 320 мг, Co = 10 мг. Вміст вітамінів групи В у хвої сосни значно перевищує зелень злакових культур і люцерни. Хвоя містить хлорофіл і ксантофіл, які відіграють важливу роль в обміні речовин, а також велику кількість фітонцидів, які оберігають тварин від кишкових захворювань. Тому мука, отримана із хвої, має бактерицидну дію. Крім того, у хвойній муці містяться цукри, глюкоза, фруктоза, пектинові, дубильні речовини, кобальт, мідь, марганець, цинк, залізо. Така комплексна мінерально-вітамінна поживність хвойної муки і наявність легкоферментованих вуглеводів позитивно позначається на фізіологічному стані тварин, підвищується їхня продуктивність та покращуються функції відтворення [3].

Таблиця 1 – Норми гарантованих добавок вітамінів, на 1 т комбікорму [2]

| Вітаміни                | Молодняк яєчних і м'ясних курей,<br>вік |                      | Кури-<br>несучки | Бройлери   | Племінні<br>кури |
|-------------------------|-----------------------------------------|----------------------|------------------|------------|------------------|
|                         | 1-8 тижнів                              | 9 тижнів і<br>старше |                  |            |                  |
| А, млн МЕ               | 10                                      | 7                    | 7-10             | 7-10       | 10               |
|                         | 9                                       | 6                    | 6-8              | 9-11       | 9-11             |
| D <sub>3</sub> , млн МЕ | 1,5                                     | 1,5                  | 1,5-2            | 1-1,5      | 2                |
|                         | 2,5                                     | 1,6                  | 2-3              | 2,5-3      | 2,5-3            |
| Е, г                    | 10                                      | 5                    | 5-10             | 5-15       | 10               |
|                         | 30                                      | 20                   | 10-15            | 30-40      | 30-40            |
| К, г                    | 2                                       | 1                    | 1-2              | 1-2        | 2                |
|                         | 2                                       | 1,5                  | 1-1,5            | 1,8-2      | 1,8-2            |
| В <sub>1</sub> , г      | 1,5                                     | -                    | 2                | 1-2        | 2                |
|                         | 2,2                                     | 1,2                  | 1-1,5            | 1,8-2,5    | 1,8-2,5          |
| В <sub>2</sub> , г      | 3                                       | 2                    | 3-5              | 3          | 5                |
|                         | 8                                       | 6                    | 4-6              | 6-8        | 5-7              |
| В <sub>3</sub> , г      | 10                                      | 10                   | 20               | 10         | 20               |
|                         | 12                                      | 10                   | 7-8              | 10-12      | 10-12            |
| В <sub>4</sub> , г      | 500                                     | 250                  | 250-500          | 500        | 500              |
|                         | 500                                     | 400                  | 250-300          | 450-500    | 250-300          |
| В <sub>5</sub> , г      | 20                                      | 20                   | 20               | 20-30      | 20               |
|                         | 40                                      | 30                   | 20-35            | 40-50      | 25-40            |
| В <sub>6</sub> , г      | 2                                       | 1                    | 4                | 3          | 4                |
|                         | 3,5                                     | 2,6                  | 1-1,5            | 3,6-4      | 3-3,6            |
| В <sub>12</sub> , г     | 0,025                                   | 0,025                | 0,025            | 0,025      | 0,025            |
|                         | 0,02                                    | 0,015                | 0,008-0,016      | 0,018-0,02 | 0,015            |
| В <sub>с</sub> , г      | 0,5                                     | –                    | 1                | 0,5        | 1                |
|                         | 1,2                                     | 0,7                  | 0,3-0,6          | 1,2-1,5    | 1,2-1,5          |
| Н, г                    | 0,1                                     | 0,09                 | 0,1-0,15         | 0,1        | 0,15             |
|                         | 0,12                                    | –                    | 0,03-0,05        | 0,1-0,125  | 0,2-0,25         |

Молодняку великої рогатої худоби масою вище 300 кг свіжу хвою можна згодовувати на початку відгодівлі по 1 кг, у середині по 1,5 і в кінці відгодівлі по 2 кг в день. Для балансування в раціонах корів каротину – провітаміну А – до нього можна вводити в суміші з концентратами соснову хвою по 3 – 3,5 кг на голову. Виробничий дослід показав, що вже через 10 днів корови, які отримували подрібнену хвою по 4 – 5 кг щоденно, давали молока в середньому за добу на 2 кг більше в порівнянні з коровами, які не отримували хвою. Через місяць згодовування хвої в 1 кг молока вміст вітаміну А збільшився з 300 до 800. Аналогічний ефект дає і використання хвої в раціонах молодняку великої рогатої худоби при її вирощуванні та відгодівлі. Введення свіжої подрібненої хвої до раціону молодняку великої рогатої худоби дозволяє зменшити витрати кормів на приріст живої маси на 5 – 10 %. Введення до раціону худоби на відгодівлі свіжої подрібненої хвої повністю забезпечує її каротином, підвищуються середньодобові прирости живої маси, знижується конверсія корму, підвищується економічна ефективність відгодівлі [3].

Останнім часом спостерігається тенденція більш широкого використання в годівлі сільськогосподарських тварин нетрадиційних кормів та кормових добавок. Як показав літературний огляд, найчастіше хвою використовують у годівлі великої рогатої худоби. Це пов'язано з нестачею в господарствах грубих кормів, незадовільною якістю сіна, недостатнім вмістом у раціонах вітамінів та легкозасвоюваних вуглеводів.

Існують такі рекомендовані добові норми введення хвої в раціони: коровам – 3 кг, свиням – 0,3 кг, вівцям – 0,5 кг, птиці – 2 г [3].

Тому метою нашої роботи була розробка технології виробництва вітамінно-мінеральної добавки для сільськогосподарської птиці на основі хвойної муки.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- вивчити фізичні властивості хвойної муки;
- розрахувати склад кормової мінеральної добавки на основі хвойної муки для курей-несучок;
- розробити спосіб отримання вітамінно-мінеральної добавки для сільськогосподарської птиці;
- визначити якісні показники отриманих гранул та розрахувати вихід крупки із них.

Кальцій – один із найважливіших елементів організму тварин. Служить для побудови кісткової тканини; бере участь у регулюванні реакцій крові, особливо у згортанні крові; впливає на збудливість м'язової і нервової тканини; є активатором ферментної системи; сприяє росту і розвитку молодого організму, яєчній продуктивності птиці і молочній продуктивності тварин.

Якщо в раціоні молодняку тварин і птиці не вистачає кальцію, то порушується нормальний розвиток кістяка і можливе захворювання рахітом. У дорослих тварин дефіцит кальцію викликає остеомаляцію. У курей-несучок дефіцит кальцію викликає розм'якшення дзьоба і кісток, уповільнює ріст і призводить до викривлення кінцівок, зниження міцності шкаралупи яєць.

При виробництві комбікормів для курей-несучок часто використовують добавку з черепашок мідій, шкаралупу яєць, мармурову крихту. Фізичні властивості мінеральної сировини наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Фізичні властивості мінеральної сировини

| Показники                     | Крихта мармурова |      |      |      | Вапнякова мука | Мука із яєчної шкаралупи |
|-------------------------------|------------------|------|------|------|----------------|--------------------------|
|                               | 0-0,63           | 0-1  | 0-3  | 1-3  |                |                          |
| Вологість, %                  | 1,8              | 1,4  | 1,2  | 0,21 | 0,2            | 6,6                      |
| Кут природного відкосу, град. | 60               | 51   | 62   | 55   | 52             | 55                       |
| Об'ємна маса, г/л             | 1326             | 1457 | 1522 | 1559 | 1273           | 1103                     |
| Типовий розмір частин, мм     | 0,018            | 0,13 | 0,70 | 1,22 | 0,24           | 1,24                     |

На сьогоднішній час доведено, що до складу мінеральної добавки можна вводити до 20 % мінеральних компонентів, незалежно від використаного наповнювача [4]. Як мінеральну сировину для забезпечення раціону кальцієм використовували вапнякову муку, яка на сьогодні є найдешевшою мінеральною сировиною при виробництві комбікормів та добавок.

Хвоя сосни – дешевий і хороший вітамінний корм для дорослої сільськогосподарської птиці різного віку. Хвоя є глистогінним засобом; систематичне згодовування хвої оберігає птицю від глистових захворювань. Крім того, хвоя сосни виділяє фітонциди – леткі речовини, що вбивають мікроби в повітрі [5].

Із літературних джерел видно, що у золі хвої виявлено калій, кальцій, фосфор, натрій, магній та ін.. Найчастіше золу хвої використовують як добриво, але й використовують у годівлі птиці [7].

При згорянні хвої сосни вихід золи становить 20 %. Вміст кальцію в хвої сосни становить 2 %, а в золі із хвої сосни – 3,2 %. Незважаючи на те, що вміст кальцію в золі в 1,5 рази більший, ніж у хвої сосни, краще в годівлі сільськогосподарських тварин використовувати хвою сосни, яка, крім мінеральних речовин, містить також вітаміни.

Нами запропоноване виробництво гранульованої вітамінно-мінеральної добавки на основі хвойної муки. Саме використання крупки із гранульованої мінеральної добавки приводить до суттєвого зменшення площі дотику поверхні вапняку із соляною кислотою [4].

До складу вітамінно-мінеральної добавки вводили подрібнене зерно пшениці, вапнякову муку 10 % [4] та 30, 45 і 60 % хвойної муки. Фізичні властивості подрібненого зерна пшениці та вапнякової муки наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Фізичні властивості подрібненого зерна пшениці та вапнякової муки

| Показники                     | Пшениця | Вапнякова мука |
|-------------------------------|---------|----------------|
| Вологість, %                  | 10      | 9,1            |
| Кут природного відкосу, град. | 60      | 26             |
| Об'ємна маса, г/л             | 552     | 886            |
| Модуль крупності, мм          | 1,8     | 1,67           |

Хвойну муку одержували шляхом подрібнення зеленої та висушеної хвої сосни, вологість та модуль крупності наведено в таблиці 4. До складу зразка № 1 використовували хвойну муку із зеленої хвої сосни, зразка № 2 – хвойну муку із висушеної хвої сосни.

Таблиця 4 – Фізичні властивості хвойної муки

| Показники            | Хвойна мука із зеленої хвої сосни | Хвойна мука із висушеної хвої сосни |
|----------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Вологість, %         | 43                                | 5                                   |
| Модуль крупності, мм | 3,3                               | 0,85                                |

Гранулювання мінеральної добавки здійснювали «сухим» методом на лабораторному пресі-грануляторі під тиском 110...120 кг/см<sup>2</sup> протягом 5 хв. Матриці і пуасони попередньо нагрівали до температури 60...70 °С.

Згідно з чинним ГОСТ Р 51899-2002 [6] крихкість гранул для птиці не повинна перевищувати 22 %, прохід через сито діаметром 2 мм – не більше 10 %.

На рис. 1 та рис. 2 наведені залежності густини гранул та їх крихкості від вмісту хвойної муки. Отримані дані дозволяють зробити висновок, що до складу вітамінно-мінеральної добавки краще вводити хвойну муку із зеленої хвої сосни, бо при введенні висушеної хвої сосни крихкість гранул перевищує гранично допустимі межі.

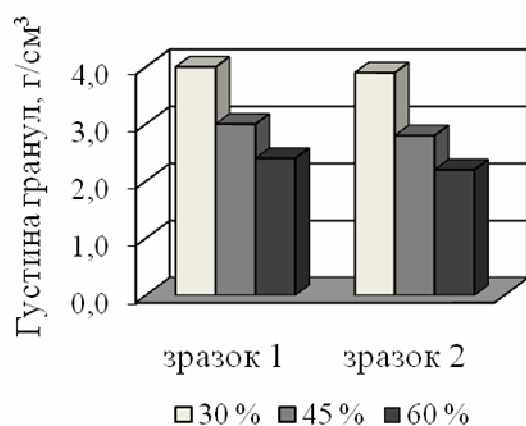


Рис. 1 – Густина гранул залежно від вмісту хвойної муки

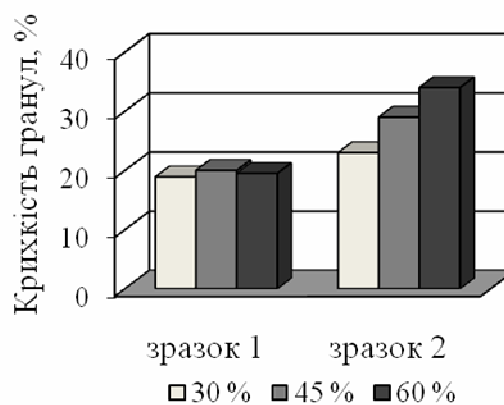


Рис. 2 – Крихкість гранул залежно від вмісту хвойної муки

Залежність виходу крупки із гранул від вмісту хвойної муки наведено на рис. 3.

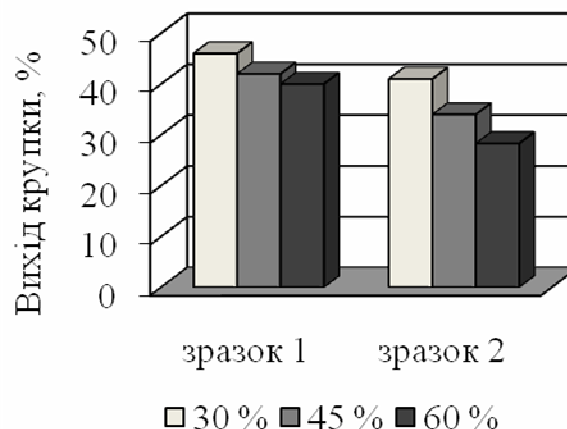


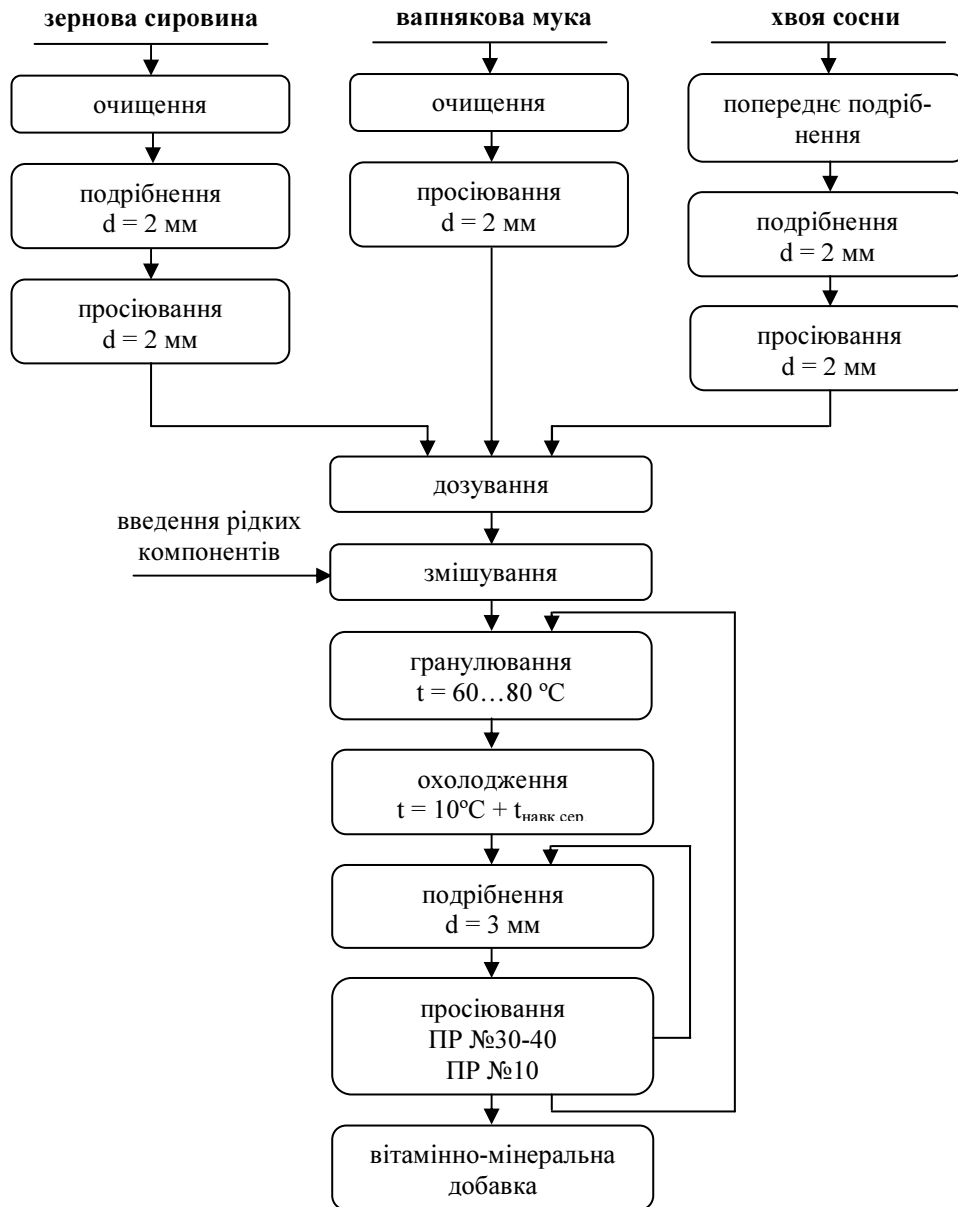
Рис. 3 – Залежність виходу крупки із гранул від вмісту хвойної муки

Згідно з «Правилами організації і ведення технологічного процесу виробництва комбікормової продукції» вихід крупки повинен бути не менший за 70 %. Нормативний вихід крупки не було отримано для 1 та 2 зразків. На рис. 3 видно, що більший вихід крупки в зразку № 1, де використовували хвойну муку із зеленої хвої сосни. Вологість вітамінно-мінеральної добавки, виробленої за зразком № 1, знаходилася в



межах 20...30 %. Для покращення показників якості гранул із вітамінно-мінеральної добавки зразка № 1 необхідно більш тонко здрібнювати хвою сосни, щоб був більш вирівняний гранулометричний склад розсипної добавки. Для збільшення ефективності гранулювання вітамінно-мінеральної добавки, виробленої за зразком № 2, необхідно вводити зв'язуючі речовини або зволожувати розсипну добавку, оскільки в нашому випадку вологість її коливалася в межах 7...8,5 %.

Функціональна схема виробництва вітамінно-мінеральної добавки на основі хвойної муки для сільськогосподарської птиці наведена на рис. 4.



**Рис. 4 – Функціональна схема виробництва вітамінно-мінеральної добавки на основі хвойної муки для сільськогосподарської птиці**

На основі отриманих даних можна зробити висновки:

- визначено фізико-технологічні властивості сировини для виробництва вітамінно-мінеральної добавки на основі хвойної муки;
- доведено, що хвоя сосни – дешевий і хороший вітамінний корм для дорослої сільськогосподарської птиці різного віку. Використання хвої сосни при виробництві гранульованої вітамінно-мінеральної добавки більш доцільне в порівнянні з використанням золи, хоча вміст кальцію практично в 2 рази більший, але

вихід менший у 5 разів. Крім цього, хвоя сосни містить велику кількість вітамінів, виділяє фітонциди – леткі речовини, що вбивають мікроби в повітрі;

— розроблено спосіб отримання вітамінно-мінеральної добавки на основі хвойної муки для сільськогосподарської птиці;

— визначено якісні показники отриманих гранул.

#### Література

1. Вітамінно-мінеральне питание и воспроизводительная функция животных / Кузнецов С., Кузнецов А. / Комбикорма. – 2010. – № 1, – С. 78-83.
2. Свеженцов А.И. и др. Корма и кормление сельскохозяйственной птицы: Монография / А.И. Свеженцов, Р.М. Урдзик, И.А. Егоров. – Днепропетровск: АРТ-ПРЕСС, 2006. – 384 с.
3. Заготовка и использование древесного корма в рационах сельскохозяйственных животных/Рекомендации для руководителей и специалистов сельхозпредприятий. – Ульяновск: ГСХА, 2011. – 8 с.
4. Розробка технології виробництва мінеральної добавки для сільськогосподарської птиці // Єгоров Б.В., Турпунова Т.М.//Зернові продукти і комбікорми. – 2012. – № 3(47). – С. 43-47.
5. Древесная зелень и продукты ее переработки. /<http://www.okrol.ru>
6. ГОСТ Р 51899-2002. Комбикорма гранулированные.
7. Кормление домашней птицы. /<http://fermer.by>

УДК 636.5.085:636.087.7-021.632:614.95

## ПРОБЛЕМЫ ЗАМЕНЫ АНТИБИОТИКОВ В КОРМЛЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПТИЦЫ

Егоров Б.В., д-р техн. наук, профессор, Кузьменко Ю.Я., аспирант  
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

*В статье рассмотрены проблемы связанные с использованием антибиотиков при выращивании сельскохозяйственной птицы и обосновано преимущество применения пробиотических препаратов.*

*In article problems connected from use of antibiotics at cultivation of an agricultural bird are considered and advantage of application of pro-biotic preparations is proved.*

Ключевые слова: корм, микрофлора, антибиотики, желудочно-кишечные заболевания, сельскохозяйственная птица, пробиотики, конверсия корма.

Несмотря на рост объемов отечественной птицепродукции, проблем в отрасли остаётся достаточное количество. Одним из главных направлений в птицеводстве по-прежнему остается профилактика болезней.

На сегодняшний день остро стоит проблема лечения и профилактики заболеваний желудочно-кишечного тракта. В промышленном птицеводстве, по данным разных источников, потери от бактериальных болезней, составляют более 50 %. При хронических, вялотекущих болезнях бактериальной этиологии отмечают неравномерный или низкий прирост массы бройлеров, повышенную чувствительность к стрессам, ухудшение яйценоскости и выводимости цыплят, биологических качеств эмбрионов, поствакцинального противовирусного иммунитета, плохую конверсию корма. Быстрое увеличение мышечной массы бройлеров и непропорциональное отставание массы внутренних органов ведет к ослаблению иммунитета. На этом фоне возникают предпосылки для активизации условно-патогенной микрофлоры. Наиболее чувствительны к заражению патогенной и условно-патогенной микрофлорой цыплята раннего возраста [1].

Попытки перевести проблему желудочно-кишечных заболеваний, вызываемых условно-патогенными кишечными микроорганизмами, в плоскость инфекционной патологии не только не разрешили ее, а лишь усугубили, усилив роль антибактериальной терапии, благодаря чему при лечении желудочно-кишечных болезней молодняка, а также для стимуляции роста стали широко применять антибиотики.

В последние годы в мире высокими темпами росло производство антибиотиков и применение их в кормлении животных и птицы. Лидирующие позиции занимают США, где расходуется свыше 15 тыс. т. кормовых антибиотиков, далее идут КНР, Бразилия и другие страны, которые производят продукцию

животноводства не только для внутреннего потребления, но и в больших объемах экспортируют ее в другие страны, включая Украину и Россию. Причем, по действующим в ряде стран стандартам нормы ввода антибиотиков в корма при производстве продукции животноводства для внутреннего потребления существенно ниже, чем в странах, куда они экспортируются. По оценке экспертов, рынок кормовых антибиотиков будет ежегодно расти в 2-3 раза и достигнет к 2018 г. или ранее уровня США.

Однако мировой опыт применения препаратов данной группы показал, что они не обладают абсолютной эффективностью, а ставшая повсеместной практика включения в корм животным и птице субтерапевтических количеств антибиотиков привела к нежелательным эффектам, так как влияют не только на вредную микрофлору, но и на полезные микроорганизмы, участвующие в процессах пищеварения. Следствием этих факторов является развитие дисбактериоза, который наступает из-за нарушений микробиоценоза кишечника, является изменением количественного и качественного состава бактериальной флоры, которая обусловлена динамичным нарушением микроэкологии кишечника в результате срыва адаптации, нарушения защитных и компенсаторных механизмов организма.

Негативные последствия фармакологического прессинга, усиленные антропогенной и техногенной нагрузкой на среду обитания животных и птицы, выразились в усилении изменчивости у циркулирующих в хозяйствах бактерий и вирусов. Это привело к развитию у них множественной лекарственной резистентности и усилению факторов патогенности у таких представителей микрофлоры кишечника, как бактерии группы кишечной палочки, энтерококки, кампилобактерии, стафилококки и другие, а в ряде хозяйств обнаруживалась чрезмерно завышенная устойчивость бактерий ко всем применяемым антибиотикам. Кроме того, в борьбе за сохранение вида микроорганизмы усиливают своё патогенетическое действие за счёт ассоциации друг с другом [2,3]. В связи с этим начиная с 1969 г. Европейские здравоохранительные организации стали давать официальные рекомендации не применять в кормлении животных и птицы кормовые антибиотики, которые также применяются и в медицине. Однако это были всего лишь рекомендации и не носили обязательный характер, к которым по-разному отнеслись в Западной Европе. В одних странах стали вводить ограничения на национальном уровне, в других странах стали добровольно отказываться от антибиотиков, в третьих – наоборот, применяли их до последнего дня окончательного запрета на уровне ЕС.

В 1986 г. в Швеции вводится запрет на все антибиотические стимуляторы роста. Этот запрет вызвал волну беспокойства среди ветеринаров, привыкших к работе с ними, что повлекло за собой повышение применения антибиотиков в терапевтических целях. Но через 8 лет их общий уровень потребления снизился до отметки 1985 года.

В 1996 г. в Дании произошел добровольный отказ всех свиноводов страны от применения авопарцина.

В 1997 г. Международная Организация по Здравоохранению (WHO) официально подтверждает рекомендации 1969 г. не применять в кормах те же антибиотики, что применяются и в медицине.

С 1998 г. в ЕС запретили применение авопарцина.

С 1999 г. в ЕС вводится запрет на тилозин, спирамицин, вирджиниамидин, цинкба-цитрацин, карбадокс и олаквиндокс.

Таким образом, после 1999 г. остаются разрешенными к применению следующие кормовые антибиотики: авиламицин, монензин, флавомицин, салиномицин.

В 2000 г. все свиноводы Дании добровольно отказываются от применения всех других антибиотических стимуляторов роста. На этот раз всплеска по применению антибиотиков в терапевтических целях как в Швеции не произошло. Сохранность и продуктивность животных осталась на прежнем уровне благодаря высоким стандартам содержания, кормления и гигиены.

В 2003 г. в ЕС принимают закон о запрете с 1 января 2006 г. четырех оставшихся кормовых антибиотиков.

Ожидая этот запрет, в 2004 и 2005 г. большинство Европейских производителей кормов стали искать замену антибиотическим стимуляторам роста в составе своих комбикормов, сравнивая результаты применения антибиотиков и их альтернативы на животных и птице.

За этот период естественным образом были отобраны лучшие препараты из большого количества испытанных и проверенных.

В Германии в 2004 году уже почти не осталось предприятий, применяющих антибиотики, потому что эта концепция была уже отработана и доказала свою высокую экономическую эффективность по сравнению с еще разрешенными на тот момент четырьмя антибиотиками.

Не во всех странах ЕС произошел досрочный добровольный отказ от антибиотиков. Например, в Прибалтике, Голландии, Бельгии антибиотики применялись в кормах до последнего дня.

1 января 2006 г. вступил в силу закон о запрете авиламицина, монензина, флавомицина и салиномицина. На этот момент сельскохозяйственные предприятия в разных странах ЕС оказались по-разному

подготовленными к вопросу обеспечения высокой продуктивности и сохранности поголовья. В среднем в странах ЕС в 2006 году наблюдалось небольшое повышение интенсивности применения лечебных антибиотиков.

Наряду с этой проблемой, возросла угроза попадания остаточных количеств антибиотиков с продукцией птицеводства в пищу человека, что может привести к снижению эффективности применения этой группы лекарственных препаратов уже при лечении людей. В связи с этим одними из первых были запрещены к использованию в кормлении животных именно те классы антибиотиков, которые имеют широкое применение в гуманной медицине.

Широкое применение антибиотиков для лечения многих заболеваний инфекционной природы приводит к возникновению среди микробов устойчивых к антибиотикам форм. Лекарственная устойчивость патогенов и, вследствие этого, снижения терапевтической эффективности применения антибиотиков требует создания новых препаратов, обладающих выраженной антимикробным действием, в том числе и на резистентные к антибиотикам штаммы, или отказ от них [7].

Спустя несколько лет после всеобщего запрета можно сказать, что терапевтические антибиотики применяются не в большей степени, чем раньше, а общая продуктивность животноводческих и птицеводческих предприятий не снизилась. Европейский опыт доказывает, что на смену проверенным десятилетиями кормовым антибиотикам пришла эпоха альтернативных технологий дающих не меньшую экономическую эффективность и безопасных для экологии производства и здоровья человека.

Теперь хотелось бы поподробнее остановиться на альтернативных препаратах, с каждым годом тенденция нарастающего внимания к пробиотическим препаратам как к факторам альтернативы антибиотикам усиливается. Тем не менее, большинство производителей птицеводческой продукции полностью отказаться от применения антибиотиков не готовы. Это происходит потому, что культура использования пробиотических добавок отлична от таковой, которая применяется при использовании антибиотиков, а все аспекты пробиотической защиты организма как более приемлемой изучены ещё недостаточно [4,5,6].

Обычно все первичные микробиологические «незгоды», связанные с выводом и посадкой птицы, ветеринары–практики устраняют обязательной выпойкой антибиотика в первые 3 – 4 дня жизни цыплёнка. Далее грамотные специалисты пытаются сформировать микрофлору желудочно-кишечного тракта при помощи пробиотиков. Всякую повторную обработку антибиотиком выполняют по мере надобности, т.е., как правило, при обнаружении фактов желудочно-кишечной или респираторной патологии. После такой обработки закономерно повторно используется и пробиотик.

Беда такой незамысловатой схемы заключается в том, что продуктивный эффект пробиотика вычленишь в этой ситуации сложно, а чаще всего невозможно. Сам антибиотик является стимулятором роста и выздоравливающая птица, на фоне его применения, начинает быстро наращивать продуктивность. Ведь известен факт стимуляции пищеварения кормовыми антибиотиками, запрещёнными сейчас, но реально активизирующими рост молодняка.

Попытки адекватно и полностью заменить антибиотики пробиотиками до настоящего времени часто терпят неудачу.

Чтобы разобраться глубже, почему так происходит, следует в первую очередь обратить внимание, на то, что антибиотики – это мёртвая субстанция грибковых токсинов, а пробиотики – субстанция живых микроорганизмов.

Грибковые токсины антибиотиков не нуждаются в особых внешних условиях. Они попадают в желудочно-кишечный тракт и тут же блокируют рост и развитие болезнетворных микроорганизмов. Другое дело пробиотики. Сколько бы живых клеток в единице массы препарата не содержалось, все они требуют соответствующих условий и питательной среды для своего роста и развития. С кислотностью и температурой многие изобретатели пробиотиков справились, а вот задача обеспечения препарата внешней питательной средой решается не всеми производителями рассматриваемых препаратов и не всегда успешно.

Задача микроорганизмов пробиотика, попавших в желудочно-кишечный тракт быстро блокировать доминирующий рост флоры патогенной. При этом и та и другая микробиологическая составляющая имеет одну и ту же питательную нишу. Следовательно, сначала пробиотическая микрофлора должна, как говорят, прижиться, в слизистой отнять (хотя бы частично) у флоры патогенной доступ к питательной среде и лишь потом, активно уничтожать патогенное начало.

Животные и птица, у которых наблюдаются острые диарейные явления, плохо ферментируют и совершенно не переваривают питательные вещества корма. Следовательно, для микроорганизмов пробиотика, если его использовать в качестве лечебного препарата, совершенно нет шансов для эффективной своей работы. Он, априори, не может прижиться в желудочном тракте и проявить свой положительный эффект. Все хорошо знают, что при диарее абсолютно бесполезно использовать молочнокислые продукты (кефир, ряженку, простоквашу). Только после антибиотической санации и восстановления процесса

переваривания молочнокислые продукты дают эффект стабилизации пищеварения. По этой же причине, все молочнокислые продукты хорошо работают профилактически, когда питательная среда в желудочно-кишечном тракте для них есть и конкуренция с патогенной флорой минимальна. По этой же причине чистые классические пробиотические культуры *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Streptococcus*, *Bacillus subtilis* и др. независимо от фирмы производителя, марки препарата, активности, способности образовывать споры и др. характеристик работают плохо, если их вводить в организм в активную фазу диареи. Наоборот, часто они усиливают диарею и усугубляют исход болезни.

У суточного молодняка, в желудочно-кишечном тракте которого имеется только первородный химус, а в толстом кишечнике только меконий, нормальных условий для приживания чистых культур пробиотических микроорганизмов тоже нет. Потому за 3-4 дня выпойки классического пробиотика вместо антибиотика эффект его профилактического действия будет минимален. Естественно, что при любой форме дисбактериоза, чистые культуры *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Streptococcus*, *Bacillus subtilis* работать не смогут до тех пор, пока для их роста не появится достаточное количество питательной среды. Вот поэтому, известные на Украине пробиотические бренды не показывают должного эффекта в деле формирования первичной флоры кишечника. Они просто не приживаются там, отправляя «на ветер» средства по их приобретению.

Учитывая это, усилия современной науки направлены на разработку не чистых пробиотических препаратов, а их комплексных форм – синбиотиков, представляющих собой активную микробиологическую составляющую (собственно пробиотик) и среду (пребиотик), создающую условия для жизни и первичного питания привносимой в организм микрофлоры. Причём качество работы пробиотика, с хорошо зарекомендовавшими его штаммами на 95 % зависит от состава и свойств этого самого пребиотического наполнителя. По сути, речь идёт о том, чтобы дать возможность микрофлоре пробиотика начать работать в условиях отсутствия питательной среды (у новорождённых) или поражённого желудочно-кишечного тракта некоторое время автономно до накопления первичной биомассы, способной распространиться по всем отделам и занять лидирующее положение во вновь формируемом биоценозе. Так, во всяком случае, поступают при формировании современных медицинских препаратов пробиотиков.

Применение пробиотиков в хозяйствах и на птицефабриках позволяет повысить естественную резистентность организма животных и птицы, сохранить на высоком уровне иммунный статус и снизить риск возникновения инфекционных заболеваний, обеспечить профилактику, ликвидировать или свести к минимуму такие хронические заболевания, как микоплазмоз, колибактериоз, сальмонеллез, стрепто- и стафилококкоз.

Главные преимущества пробиотиков над антибиотиками: уменьшаются количество ветеринарно-санитарных мероприятий и затраты средств на профилактику и лечение инфекционных заболеваний; продукция на выходе получается без дезинфектантов и гормонов, более высокого качества для здорового питания людей; обеспечивается безопасность, экологическая чистота мяса, молока, яиц и рыбы; снижается количество аллергических и аутоиммунных заболеваний у людей.

Рынок Украины изобилует пробиотическими препаратами ветеринарного назначения, в том числе и Украинского производства. Тем не менее, только единицы из них являются синбиотиками и тем более производятся на предприятиях специализированного профиля при исключительном соблюдении всех норм медицинской и ветеринарной микробиологии [8].

Таким образом, поиск пробиотиков, способных оказывать комплексное воздействие на организм птицы, а также разработка эффективных схем их применения являются актуальными для решения основных проблем птицеводства и животноводства.

Решением данной проблемы также могло бы стать введение специальных функциональных компонентов корма, употребление которых позволило бы расширить возможности использования рационов и обеспечить профилактику заболеваний птицы, улучшить пищеварение и укрепить иммунную систему, а также реализовать полностью потенциал современных кроссов и пород. Данными компонентами могут выступить пробиотики, пребиотики, органические кислоты и ферменты, дрожжевые культуры и бактерии – естественные обитатели пищеварительной системы птицы.

Для каждого возраста птицы может быть подобран свой комплекс кормовых регуляторных факторов, оказывающий наиболее эффективное воздействие на основную продуктивную функцию птицы – яйценоскость, привесы.

Применение функциональных кормов делает питание птицы «правильным», с точки зрения физиологических потребностей организма. За счет улучшения пищеварения происходит более полное переваривание и усвоение пищи, укрепляется здоровье птицы, что значительно сокращает затраты на ветеринарные препараты.

Таким образом, применение данных кормов способствует увеличению валового выхода по мясу птицы и яйца за счет снижения падежа от желудочно-кишечных заболеваний и колибактериоза и улучшению конверсии кормов.

#### Литература

1. Фисинин В. Современные подходы к кормлению птицы / В. Фисинин доктор сельскохозяйственных наук, академик РАСХН, И. Егоров, доктор биологических наук, академик РАСХН// Птицеводство. 2011. – №3.
2. Околелова Т., доктор биологических наук, профессор ВНИТИП. Актуальные вопросы в кормлении птицы // [www.webpticeprom.ru](http://www.webpticeprom.ru)
3. Фисинин В.И. Использование пробиотиков, пребиотиков и симбиотиков в птицеводстве / В.И. Фисинин, И.А. Егоров, Ш.А. Имангулов: метод. рек-ции. Сергиев Посад. – 2008. – С. 3-4.
4. Пышманцсва Н. Пробиотики повышают рентабельность птицеводства / Н. Пышманцсва, Н. Ковехова, В. Савосько // Северо-Кавказский НИИЖ. – Птицеводство. – 2011. – №2.
5. <http://www.webpticeprom.ru> А. Тохтиев. Применение пробиотиков в птицеводстве / Птицеводство. – 2009
6. <http://www.webpticeprom.ru> О.Крюков. Спорообразующий пробиотик при выращивании бройлеров
7. Егоров Б.В. Разработка технологии производства кормовой добавки повышенной биологической ценности / Б.В. Егоров, Т.В. Бордун, Ю.Я. Кузьменко, А.И. Шарова // Зернові продукти і комбікорми. – 2013. № 2 (50).
8. [http://podobed.org/probiotiki\\_v\\_pitatelnoy\\_upakovke.html](http://podobed.org/probiotiki_v_pitatelnoy_upakovke.html)
9. Подобед Л.И. Пробиотики «в питательной упаковке» – новое направление в системе защиты желудочно-кишечного тракта птицы от дисбактериоза / Л.И. Подобед, А.В. Коваленко, В.А. Карпинчик.

УДК 636.085.55 – 027.3: [631.572:635.655]

## ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВЕГЕТАТИВНИХ ЧАСТИН СОЇ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ КОМБІКОРМІВ

Левицький А.П., д-р біол. наук, професор, Чайка І.К., канд., техн. наук, доцент,  
Лапінська А.П., канд., техн. наук, доцент, Цуркан Л.О. студент  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

*У статті наведено результати досліджень хімічного складу вегетативних частин сої, розраховано рецепти комбікормової продукції та зроблено біологічну оцінку ефективності використання в годівлі сільськогосподарських тварин.*

*In the article the study of the chemical composition of the vegetative parts of soybean recipes animal feed products designed and made biological assessment of the efficiency of agriculture in feeding-spodarskyh animals*

Ключові слова: соєва солома, комбікорм.

Висока кормова цінність соєвих бобів, велика кількість вітамінів, макро- та мікроелементів та їх лікувальні властивості були відомі людям у багатьох країнах світу ще 5000 років тому. Соя є не тільки джерелом білка, але й багата іншими поживними речовинами, такими як кальцій, залізо, цинк, і багатьма вітамінами групи В, які є ефективним засобом проти розвитку ракових, серцевих захворювань, діабету і підвищеного вмісту холестерину в крові [1].

У наш час сою вирощують більш ніж у 80 країнах світу. Основну її кількість (95 %) вирощують у 10 країнах: в США – 91,5; Бразилії – 65,0; Китаї – 14,5; Аргентині – 53,0; Індії – 8,8; Канаді – 3,5; Парагваї – 6,7; Болівії – 1,8; Італії – 1,4; Індонезії – 0,9 млн т. Всього у світі нині виробляється 253,4 млн т сої. В минулому році в Україні було вироблено 1,0 млн т сої.

В Україні сою почали вирощувати з 1880 р.; в 1931–1932 рр. її площі досягли 200 тис. га, у 1992 р. – 112,8, у 2002 р. – 108, у 2005 р. – 427, а у 2007 р. – 700 тис. га. Посівна площа сої в Україні у 2009 р. становила 622,3 тис. га (0,69 % від загальної світової площі) при середній урожайності зерна 16,8 ц/га. Найбільшим цей показник був у Херсонській області – 29,1 ц. Середня врожайність сої на Житомирщині становила у минулому році 18,9 ц/га, а площа посіву – 21,9 тис. га. В минулому році посівна площа сої в Україні становила майже 1000 тис. га [2, 3, 4].

Сучасне власне виробництво забезпечує лише 1/15 потреби внутрішнього ринку. Для вирішення проблеми білка в народному господарстві України необхідно розширити посіви сої як мінімум до 1 млн га.; цьому сприяють природні ресурси нашої країни, що відповідають агроєкологічним вимогам до її вирощування. Найближчим часом прогнозується ріст виробництва в Україні на період 2013...2015 рр. Міністерством аграрної політики України, Українською академією аграрних наук був затверджений наказ «Про затвердження галузевої програми «Соя України 2008...2015», згідно з якою прогнозується збільшення обсягів вирощування сої (табл. 1).

**Таблиця 1 – Прогнозований ріст виробництва сої в Україні на період 2013...2015 р.р.**

| Роки | Площа, тис. га | Валовий збір, тис. т | Урожайність, ц/га | % від загальної площі посіву |
|------|----------------|----------------------|-------------------|------------------------------|
| 2013 | 1150,0         | 2012,5               | 17,5              | 4,3                          |
| 2014 | 1250,0         | 2187,5               | 17,5              | 4,6                          |
| 2015 | 1350,0         | 2362,5               | 17,5              | 5,0                          |
| 2015 | 2500,0         | 4200                 | 16,8              | 9,3                          |

З 1 га посівної площі отримують від 1000 до 1500 кг соломи. Відомо, що після збирання урожаю сої, деякі господарства знайшли раціональні методи використання соломи, яка залишається, такі як: виробництво кормової муки, гранул, змішаного (з бадиллям цукрового буряка або зеленою масою кукурудзи) силосу або просто оброблену вапняковим молоком солому згодовують коровам у кількості до 25 кг, молодняку великої

рогатої худоби – до 15 кг, вівцям – до 3 кг [5, 6]. Але більшу частину соломи, яка не використовується, піддають спалюванню, це є недоліком не тільки з точки зору ресурсозбереження, а й екологічної безпеки.

Враховуючи вищесказане, метою нашої роботи було визначити кормову цінність вегетативних частин сої та обґрунтувати доцільність використання у комбікормовому виробництві.

**Таблиця 2 – Порівняльна характеристика соєвої соломи та соломи злакових культур**

| Показники                    | Соєва солома | Ячмінна солома | Пшенична солома |
|------------------------------|--------------|----------------|-----------------|
| Кормові одиниці              | 0,32         | 0,33           | 0,1             |
| Обмінна енергія (ВРХ), МДж   | 6            | 5,9            | 1,7             |
| Обмінна енергія (свині), МДж | 5,4          | 5,31           | 1,53            |
| Обмінна енергія (вівці), МДж | 6,3          | 6,2            | 1,79            |
| Суша речовина, г             | 839          | 849            | 240             |
| Сирий протеїн, г             | 101          | 40             | 58,3            |
| Перетравний протеїн (ВРХ), г | 59,2         | 20,7           | 27,3            |
| Лізін, г                     | 1,3          | 1,08           | 0,62            |
| Метіонін+цистин, г           | 1,44         | 1,2            | 0,58            |
| Сира клітковина, г           | 268,1        | 365            | 390,5           |
| Сахари, г                    | 1,12         | 1,16           | 1,23            |
| БЕР, г                       | 351          | 362            | 82              |
| Сирий жир, г                 | 9,4          | 15,6           | 5,5             |
| Кальцій, г                   | 6,7          | 3,6            | 1,6             |
| Калій, г                     | 11,75        | 9,6            | 4,32            |
| Фосфор, г                    | 1            | 0,9            | 0,4             |
| Магній, г                    | 1,76         | 1,1            | 0,48            |
| Натрій, г                    | 1,43         | 1,1            | 0,46            |
| Залізо, г                    | 184,58       | 204            | 52,8            |
| Мідь, мг                     | 3,19         | 3,6            | 0,91            |
| Цинк, мг                     | 10,07        | 6              | 2,88            |
| Марганець, мг                | 31,88        | 50             | 9,12            |
| Кобальт, мг                  | 0,17         | 0,52           | 0,05            |
| Йод, мг                      | 0,05         | 0,46           | 0,01            |
| Каротин, мг                  | 4            | 4              | 5               |
| Вітамін D тис. МО            | 10           | 10             | 54              |

На першому етапі було визначено хімічний склад соєвої соломи та соломи злакових культур (табл. 2). Як видно з таблиці 2, соєва солома містить у 2,5 рази більше протеїну, що пояснюється біологічними особливостями рослини, оскільки вона, як й інші бобові культури, здатна за допомогою бульбочкових бактерій фіксувати азот повітря, причому. Вона фіксує його більше, ніж інші однорічні бобові культури, але менше, ніж багаторічні бобові трави. Слід також зазначити, що протеїн соєвої соломи містить вдвічі більше лізину, ніж пшенична солома. Це є доцільним, оскільки лізін – одна із найважливіших амінокислот у годівлі сільськогосподарських тварин та птиці. Значно нижчий рівень сирової клітковини (на 31 %) у соєвій соломі дозволить використовувати її у раціонах сільськогосподарських тварин без істотного погіршення перетравлювання, проте для досягнення раціонального ефекту необхідно обґрунтувати спосіб підготовки до згодовування. На

наступному етапі роботи з допомогою програмного комплексу «Корм ОптимаЕксперт» було розраховано рецепти комбікормової продукції для молодняка свиней віком 2 – 4 місяця (табл. 3).

Таблиця 3 – Рецепти комбікормів для молодняка свиней

| Компоненти         | Вміст в рецепті, % |           |                      | рецепти    |           |
|--------------------|--------------------|-----------|----------------------|------------|-----------|
|                    | № ПК-51-102        | № ККС-4-4 |                      | № ПК51-102 | № ККС-4-4 |
| Пшениця            | 10,1               | 13,0      | Показники якості     |            |           |
| Ячмінь             | 19,0               | —         |                      |            |           |
| Кукурудза          | 35,0               | 39,9      |                      |            |           |
| Мука соєвої соломи | 6,0                | 9,0       |                      |            |           |
| Мука рибна         | 6,0                | 10,0      |                      |            |           |
| Шрот соєвий        | 8,2                | 18,6      | Обмінна енергія, МДж | 13,87      | 13,67     |
| Олія соняшникова   | 6,0                | 4,0       | Кормові одиниці      | 82,89      | 85,66     |
| Лізін              | 0,5                | 0,5       | Сирий протеїн, %     | 15,96      | 19,83     |
| DL-метіонін        | 0,5                | 0,5       | Сира клітковина, %   | 4,92       | 4,3       |
| L-треонін          | 0,5                | 0,5       | Лізін, %             | 1,18       | 1,49      |
| L-триптофан        | 0,5                | 0,5       | Метіонін+цистін, %   | 1,06       | 1,16      |
| Сіль кухонна       | 0,35               | 0,3       | Треонін, %           | 0,97       | 1,17      |
| Монокальційфосфат  | 2,6                | 2,7       | Ca, %                | 1,02       | 1,34      |
| Вапнякова крихта   | 0,2                | —         | P, %                 | 0,94       | 1,08      |
| Премікс            | 0,5                | 0,5       | NaCl, %              | 0,55       | 0,60      |

Враховуючи особливості травлення цього виду та віку тварин, обмежувальним фактором при введенні підвищених норм соєвої соломи до складу комбікормів буде наявність клітковини. Тому для усунення вказаних недоліків необхідно використовувати технологічні прийоми для покращення доступності поживних речовин корму. З огляду на ефективність процесу екструдуювання у забезпеченні доступності поживних речовин корму, пластифікації, доцільним є застосування саме такого етапу підготовки для підготовки соєвої соломи. Тому на наступному етапі досліджень у лабораторних умовах були виготовлені попередні суміші соєвої соломи 25 % та зерна пшениці 75 %, які були оброблені у зерновому екструдері ЕЗ-150 виробництва компанії «Бронто» АО «Черкаси-елеватормаш», режими екструдуювання: вологість суміші 16 %, тиск у робочій зоні 2...3 МПа, температура 120...130 °С. Визначено поживну цінність соєвої соломи та отриманого екструдату (табл. 4).

Таблиця 4 – Хімічний склад муки із соєвої соломи та соєво-пшеничного екструдату

| Показники              | Мука із соєвої соломи | Соєво-пшеничний екструдат |
|------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Перетравний протеїн, % | 6,74                  | 9,25                      |
| Лізін (% від білка)    | 6,8                   | 2,8                       |
| Клітковина, %          | 26,6                  | 11,3                      |
| Жир, %                 | 2,3                   | 1,6                       |

Аналіз отриманих даних дозволяє зробити висновок про високу поживну цінність соєво-пшеничних екструдатів, зокрема, рівень клітковини значно знизився не лише за рахунок включення пшениці, але й за рахунок процесу екструзії. Значно зріс вміст перетравного протеїну, у порівнянні із мукою із соєвої соломи, що підтверджує доцільність процесу екструдуювання для підвищення ступеня доступності поживних речовин.

Кормова цінність соєво-пшеничного екструдату в залежності від відсотка додавання була визначена на білих щурах лінії Вістар (самці у віці 1 місяць із середньою масою 53,6 г). Тварини були розподілені на 4 групи по 5 щурів: 1 – контроль (стандартний комбікорм без добавки), 2 – дослідна (10 % комбікорму було замінено на соєво-пшеничний екструдат), 3 – дослідна (20 % комбікорму було замінено на соєво-пшеничний екструдат), 4 – дослідна (30 % комбікорму було замінено на соєво-пшеничний екструдат). Щурів зважували в перший день досліді і на одинадцятий день (тобто тривалість досліді складала десять днів). Результати цього досліді представлені на рис. 1, з якого видно, що при додаванні соєво-пшеничного екструдату у кількості 20 % маса щурів у порівнянні з контрольною групою дала приріст живої маси на 54,7 % більше.

Узагальнюючи результати проведених досліджень, можна зробити такі висновки:

1. Використання вегетативних частин сої у кормовиробництві доцільно з точки зору ресурсозбереження, зниження частки хлібних злаків у комбікормовій продукції.
2. Для оптимального засвоєння перспективними способами підготовки є тонке подрібнення та застосування процесу екструдуювання.
3. Біологічні експерименти на лабораторних тваринах показали високу ефективність при використанні 20 % соєво-пшеничного екструдату у складі раціону, приріст маси при цьому на 54,7 % перевищує аналогічні результати у контролі.



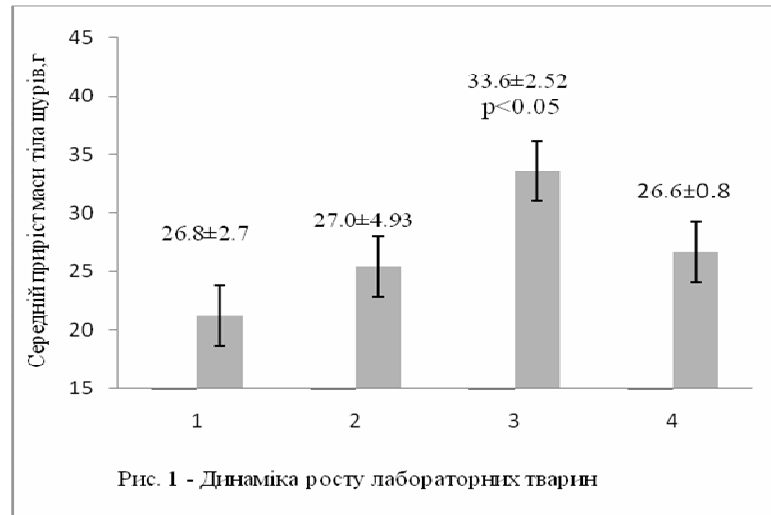


Рис. 1 - Динаміка росту лабораторних тварин

**Література.**

1. Монари С. Справочник по использованию необезжиренной (полножирной) сои в кормлении животных, птиц и рыб / С. Монари. М., 1992. – 44 с.
2. <http://eurofeed.com.ua/index.php/product/kombikorm-dlya-sviney/49-perspektyvy-rozvytku-soyi-v-ukraini>
3. <http://www.agro-business.com.ua/component/content/article/32-2011-05-11-22-31-13/637-2011-09-21-10-30-59.html>
4. <http://www.apk-inform.com/ru/exclusive/opinion/1012726>
5. Ли В.В. Использование грубых полевых отходов в кормлении сельскохозяйственных животных. – Фрунзе: Кыргызстан, 1977. – 104 с.
6. А.с. 1482645 СССР, МКИ А 23 К1/12. Способ обработки соломы на корм / Ю.И. Широу, А.С. Безин, А.С. Козлов, В.В. Старших. № 4031197/30-15, заявл. 03.03.86 опубл. 30.05.89. Бюл №20.

УДК 619:636:616.34 – 008.8:635.24

## ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПИНАМБУРА КАК РЕГУЛЯТОРА КИШЕЧНОЙ МИКРОФЛОРЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ

Левицкий А.П., д-р биол. наук, профессор, Чайка И.К., канд. техн. наук, доцент,  
Липинская А.П. канд. техн. наук, доцент, Воецкая Е.Е. канд. техн. наук, доцент  
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

*В статье обоснована целесообразность использования топинамбура как компонента с пребиотическими свойствами в составе комбикормовой продукции с точки зрения биологической, кормовой ценности культуры, возможности комплексной безотходной переработки в пищевые и кормовые продукты. Рассчитаны рецепты комбикормов с вводом муки из топинамбура и проведена биологическая оценка их эффективности.*

*In the article the usefulness of Jerusalem artichoke as a component prebiotic properties in the animal feed products in terms of biological, aft of values of culture, the possibility of an integrated waste-free processing into food and feed products you are. Recipes are designed with input feed flour from Jerusalem artichoke and conducted biological valuation is their efficiency.*

Ключевые слова: пребиотики, топинамбур, дисбактериоз.

В последние годы наукой и практикой доказано, что нарушение баланса нормальной микрофлоры кишечника сельскохозяйственных животных и птицы снижает ее естественные защитные свойства и приводит к желудочно-кишечным заболеваниям [1, 2].

Отсутствие научно обоснованного системного подхода к формированию микробиоценоза сельскохозяйственных животных и птицы приводит к отрицательным результатам на практике. Нерешенной является проблема адекватной замены антибиотиков, исключение из рациона приводит к заболеваниям, отсутствие эффекта при использования пробиотика без учета всех факторов, влияющих на метаболизм микробиоты [3, 4].

При применении не отдельных видов, а определенного набора видов нормальной микрофлоры защитный эффект может проявляться от каждого и либо непосредственно, либо опосредованно, т.к. степень защиты зависит от стабильности оптимальной численности каждого из всех видов, входящих в состав пристеночного микросимбиоза. Отсутствие одного или нескольких сочленов микросимбиоза может привести к исчезновению других видов, которые непосредственно выполняют преобладающую роль в защите организма.

Теоретическими и практическими исследованиями подтверждена целесообразность использования пробиотиков как регуляторов микробиоценоза как человека, так и сельскохозяйственных животных и птицы [1, 2, 3].

Инулин, полисахарид, получаемый из корнеплодов цикория и топинамбура, самый широко используемый в промышленных условиях пребиотик в мире. Мировой объем производства инулина – более 12 тыс. тонн в год. На мировом рынке только три крупных производителя инулина: 70 % рынка занимает бельгийская компания Beneo-Orafti, остальную долю делят примерно поровну компании Cosucra, также из Бельгии, и Sensus из Голландии.

Практически весь промышленный инулин получают из корнеплодов цикория, а не топинамбура, хотя содержание инулина в них приблизительно одинаково – 16 %. Молекула инулина из цикория имеет большую длину цепи. Длина цепи полисахарида важна для его технологических свойств, например имитации жира: чем длиннее цепь, тем меньше растворим инулин в воде, лучше образует гель, более устойчив к гидролизу [3].

На сегодняшний день актуальной проблемой как в мире, так и в Украине является обеспечение продовольственной безопасности, что требует рационального использования природных ресурсов. Поэтому необходим системный подход по выявлению и вводу в севооборот кормовых растений не только с точки зрения наличия биологически активных компонентов, но и возможности эффективного использования земельных ресурсов, полной комплексной переработки с получением максимального количества продуктов. Топинамбур является ценной кормовой, овощной, технической и лечебной культурой. В ряде стран мира (Франция, Германия, Австрия, Англия, Ирландия, Италия, Испания, Норвегия, Нидерланды, США, Канада, Бразилия, Южная Корея, Венгрия, Югославия, Австралия) в последнем десятилетии ученые серьезно изучают эту культуру. В Европе (Германии, Польше, Венгрии) топинамбур пока выращивают главным образом как кормовую культуру для выпаса и откорма свиней. Значительные площади занимает топинамбур в Японии, странах Малой Азии.

Таким образом, целью исследований был анализ механизмов взаимодействия макроорганизма и микробиоты и исследование эффективности использования топинамбура в рационах сельскохозяйственных животных и птицы для его коррекции.

Некоторые закономерности динамики заселения желудочно-кишечного тракта животных и птицы микроорганизмами достаточно хорошо изучены. Основными представителями кишечной микрофлоры являются следующие группы бактерий: бифидобактерии, обитают в пристеночной слизи, просвете толстого кишечника у молодняка и взрослых животных и птиц; молочнокислые энтерококки и лактобактерии заселяют различные отделы желудочно-кишечного тракта – ротовую полость, зоб, желудок, тонкий кишечник, наивысшая концентрация достигается в толстом кишечнике. Эшерихии с выраженной ферментативной активностью отсутствием факторов вирулентности обитают в определенной экологической нише – толстом кишечнике и дистальных отделах тонкого кишечника.

Таким образом, в процессе эволюции сложилась микробиологическая система кооперации автохтонной флоры кишечника с одновременной четкой дифференциацией функций между отдельными видами микроорганизмов, что позволяет микрофлоре пищеварительного тракта выступать как единое целое, обеспечивающее потребности всей экологической системы и организма хозяина.

Различные представители сапрофитной флоры требуют определенных нутриентов в соответствии с их метаболизмом. Бифидобактерии расщепляют моно-, ди-, олиго- и полисахариды, могут ферментировать белки, нетребовательны к поступлению витаминов, но нуждаются в пантотенатах.

Лактобактерии также используют углеводы для энергетических и пластических целей, плохо расщепляют жиры, белки, поэтому требуют поступления аминокислот, жирных кислот, витаминов.

Энтеробактерии расщепляют углеводы, существуют лактозонегативные и лактозопозитивные штаммы, могут утилизировать белки и жиры [5].

Учитывая вышеуказанное, обоснование рецептуры комбикормовой продукции, как наиболее весомого фактора воздействия на организм, должно проводиться не только с учетом норм кормления соответствующих видов, возрастов, групп, направленности и т.д. животных и птицы, но и обеспечивать потребность микроорганизмов в энергетических и пластических веществах.

На следующем этапе нами был исследован химический состав топинамбура а также экспериментально определены основные показатели питательной ценности, содержание инулина в муке из топинамбура (табл. 1).

**Таблица 1 – Кормовая ценность 1 кг топинамбура**

| Показатель           | Клубни топинамбура [6, 7] | Мука из топинамбура [7] | Мука из топинамбура |
|----------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------|
| Сухое вещество, %    | 22                        | 92,0                    | 91,3                |
| Кормовых единиц      | 0,3                       | 1,12                    | –                   |
| Обменная энергия МДж | 2,9                       | 11,82                   | –                   |
| Сырой протеїн, %     | 2,2                       | 9,2                     | 12,75               |
| Сырая клетчатка, %   | 1,9                       | 7,9                     | 4,15                |
| БЭВ, %               | 18,5                      | 77,34                   | –                   |
| Сырой жир, %         | 0,5                       | 2,0                     | 0,98                |
| Сахар, %             | 3,3                       | 8,8                     | 5,37                |
| Инулин, %            | 16,7                      | 68,4                    | 67,3                |
| Кальций, %           | 0,45                      | 1,84                    | –                   |
| Фосфор, %            | 0,50                      | 2,05                    | –                   |
| Железо, мг/%         | 12                        | 49,2                    | –                   |
| Медь, мг/%           | 13                        | 53,3                    | –                   |
| Цинк, мг/%           | 50                        | 205                     | –                   |
| Марганец, мг/%       | 45                        | 184,5                   | –                   |
| Кремний, мг/%        | 8                         | 32,8                    | –                   |
| Калий, мг/%          | 200                       | 820                     | –                   |
| Магний, мг/%         | 35                        | 143,5                   | –                   |

11 % от массы сухого вещества, слабое подкисляющее действие которого в кишечнике оказывает неблагоприятное воздействие на некоторые виды патогенных и условно патогенных бактерий [6].

Входящий в состав топинамбура инулин, восстанавливает деятельность желудочно-кишечного тракта и, повышает устойчивость к бактериальной и вирусной инфекции органов пищеварения, а также противостоит внедрению различных паразитов, создаёт оптимальные условия жизни для полезной микрофлоры кишечника, чем объясняется выраженный положительный эффект топинамбура при дисбактериозе.

Топинамбур избавляет организм от токсического и алергизирующего воздействия окружающей среды, питает его необходимыми витаминами, устраняет дефицит микроэлементов в организме, а значит, повышает функциональную активность иммунной, эндокринной и нервной системы, улучшает показатели крови. Инулиносодержащие растения эффективны при лечении атеросклероза, сахарного диабета, ожирения. Исследования последних лет показали, что инулин и его производные обладают комплексобразующими свойствами, то есть они способны образовывать и выводить из организма соли тяжелых металлов, яды и радиоактивные вещества (стронций и кобальт) в 2,5...3 раза интенсивнее, чем пектин и другие биологические соединения.

Инулин заметно стимулирует двигательную активность желудочно-кишечного тракта, обладает выраженным желчегонным действием, которое усиливается в связи с облегчением оттока желчи из печени и желчного пузыря в двенадцатиперстную кишку, обусловленным улучшением опорожнения кишечника; органические полиоксикислоты, содержащиеся в топинамбуре, нейтрализуют болезнетворное влияние агрессивных свободных радикалов и недоокисленных продуктов обмена. Употребление топинамбура обеспечивает повышение устойчивости к бактериальной и вирусной инфекции органов пищеварения, а также к внедрению различных паразитов, обладая антисклеротическим действием и улучшая свойства сосудистой стенки и реологические показатели крови, усиливает кровоснабжение слизистой оболочки всех отделов желудочно-кишечного тракта, а также ткани поджелудочной железы, вырабатывающей большое количество пищеварительных ферментов и гормонов. Стимулирует процессы регенерации пораженных болезнью тканей при таких хронических воспалительных заболеваниях, как гастрит, энтерит, колит, панкреатит и др., а также при язвенной болезни желудка и 12-перстной кишки.

Как видно из таблицы, топинамбур содержит большое количество инулина, клетчатки, минеральных элементов (железа, марганца, кальция, магния, калия, натрия и др.) белков, пектина, аминокислот, органических и жирных кислот).

Он аккумулирует кремний из почвы. По содержанию железа, кремния и цинка он превосходит картофель, морковь и свеклу. Высокое содержание органических поликислот, к которым относятся: лимонная, яблочная, янтарная, фумаровая; в комплексе с витамином С они обладают ярко выраженными антиоксидантными свойствами. Витаминов В<sub>1</sub> (тиамин), В<sub>3</sub> (пантотеновая кислота), РР (ниацин), Н (биотин) в 5 раз больше содержится в клубнях топинамбура, чем в картофеле. Витамин С – 108,1 мг к массе сухих веществ. В одном килограмме зеленой массы содержится 60...130 мг каротина; рибофлавина на 1 кг зеленой массы – 1,75 мг, в клубнях – 1,9 мг; никотиновой кислоты на 1 кг зеленой массы – 8,3 мг, клубни – 18,8 мг; холина на 1 кг зеленой массы – 950 мг; клубни – 2118 мг. Пектиновых веществ в топинамбуре содержится до

Топинамбур оказывает комплексное влияние на функциональную активность печени. Улучшая утилизацию глюкозы, он способствует синтезу гликогена, а значит, обеспечивает более высокий уровень энергетического обмена, что, в свою очередь, стимулирует процессы синтеза белка, холестерина, желчных кислот и т.д.

Установлено положительное действие топинамбура в составе рациона кормления на рост, развитие и физиологическое состояние молодняка свиней с повышением уровня обмена веществ в организме животных: абсолютный прирост живой массы на 12,3 кг или на 13,02 % выше у контрольной группы; переваримость питательных веществ рациона: сухое вещество на 3,14 %, органическое вещество на 3,16 %, сырой протеин на 3,67 %, сырой жир на 4,5 %, сырой клетчатки на 1,43 % и БЭВ на 4,62 % выше [7].

Применение в рационах лактирующих коров кормов из топинамбура способствовало увеличению их молочной продуктивности: удою молока в базисной жирности (3,4 %), количеству молочного жира и белка, соответственно: при замене 24 кг зеленой массы кукурузы на 17 кг зеленой массы из топинамбура на 9,2 и 8,8 %; при замене 24 кг силоса из кукурузы на 16 кг силоса из топинамбура – на 6,2 и 1,5 %; при замене 2 кг травяной муки из донника и люцерны на 2 кг муки из топинамбура – на 5,4 и 8,2 %.

При введении кормов из топинамбура в рационы дойных коров увеличивается качество молочных продуктов: молока, сметаны, масла. При одинаковой массовой доле жира (72,5 %), в масле, полученном от коров опытных групп наблюдалось превосходство по сумме жирных кислот – от 4,25 до 10,5 %.

Включение кормов из топинамбура способствует уменьшению аккумуляции тяжелых металлов в органах и тканях коров: зеленая масса топинамбура уменьшила концентрацию свинца и кадмия в мышечной, ткани (мясе) на 16,7 % и 18,7 %, в сердце – на 7,9 и 6,25 %, в почках – на 22,2 и 17,0 %, в печени – на 25,9 и 12,9 %. Содержание цинка и меди снизилось в мышечной ткани на 14,1 % и 24,1 %, почках на 6,9 и 18,6 %, в печени – на 9,7 и 11,5 % соответственно; силос из топинамбура уменьшил содержание свинца и кадмия в мышечной ткани (мясе) на 23,6 % и 14,3 %, в сердце – на 8,1 и 11,1 %, в почках – на 6,3 и 27,8 %, в печени – на 8,2 и 26,3 % соответственно ( $P > 0,95$ ); концентрация цинка и меди в мышечной ткани снизилась на 2,1 % и 2,9 %, почках – 15,3 и 14,0 %, в печени – на 13,4 и 14,1 % соответственно [8].

Хозяйственно-экономическое значение топинамбура определяется высокой урожайностью клубней (до 700 ц/га) и зеленой массы (до 1500 ц/га), нетребовательностью к условиям выращивания, морозо- и засухоустойчивостью, листья выдерживают снижение температуры до минус 3...4 °C, а клубни при достаточном снежном покрове – до минус 25...30 °C.

Таким образом, выращивание топинамбура позволяет эффективно использовать земельные ресурсы.

Кроме того топинамбур обладает экологическим потенциалом, это одна из наиболее интенсивных полевых культур, способная поглощать из воздуха углерод вдвое эффективнее, чем лесные насаждения. Производительность фотосинтеза у топинамбура настолько высока, что по обогащению воздуха кислородом 25 га топинамбура равноценны 125 га посевов других культур.

Актуальной проблемой на сегодняшний день является загрязнение окружающей среды – предприятиями цветной металлургии, транспортом, некоторыми видами удобрений, пестицидами.

Так, годовой объем техногенного поступления меди в окружающую среду составляет: в атмосферу 56 тыс. т, с отходами – 77, с удобрениями – 94 тыс. т. В результате работы химических предприятий на поверхность Земли ежегодно поступает около 155 тыс. т загрязняющих веществ (Давыдов, 1991). Выхлопные газы автомобильного транспорта загрязняют не только атмосферный воздух, но и естественные пастбища, лежащие вблизи автомагистралей, что естественно приводит к повышенному содержанию ядовитых веществ в продуктах питания; как растительного, так и животного происхождения (Жаворонков, 1991; Ежкова, Тихонов, Шерemet, 1987). В почве вблизи города концентрация соединений свинца составляет около 25...50 мг/кг, с удалением от города концентрация падает и в отдаленном пригороде концентрация находится в пределах 5 мг/кг почвы.

Естественно предположить, что значительное загрязнение почвы и воздуха оказывает большое влияние на концентрацию токсинов в растениях, причем существуют определенные видовые различия растений по накоплению этих токсикантов.

Учитывая вышеуказанное, для производства не только качественной но и безопасной продукции животноводства и птицеводства необходим выбор в кормопроизводстве экологически перспективных кормовых культур с высокой урожайностью и качеством получаемых из них кормов.

Топинамбур – высокоэффективный фитомелиорант, позволяет рекультивировать загрязненные тяжелыми металлами почвенные территории. Клубни топинамбура не аккумулируют в себе тяжелые металлы, нитраты, вызывающие мутацию клеток, и, следовательно, развитие онкологических процессов и поэтому представляют собой ценнейшее сырье для комбинированного использования в микробиологической промышленности, медицине, животноводстве. Топинамбур не аккумулирует тяжелые металлы даже там, где в 15...20 раз искусственно повышено содержание свинца, кобальта, никеля. При заражении почвы изотопами стронция и цезия выше фонового содержания в 20 раз содержание этих радиоактивных

элементов в клубнях увеличивается в 0,1...0,3 раза. Кроме того, клубни топинамбура превращают нитраты в безопасные соединения и используют их для синтеза аминокислот.

Целесообразность использования топинамбура как компонента с пребиотическими свойствами подтверждается также возможностью реализации комплексной безотходной технологии его переработки с получением широкого ассортимента кормовых, пищевых продуктов а также биотоплива (рис. 1).

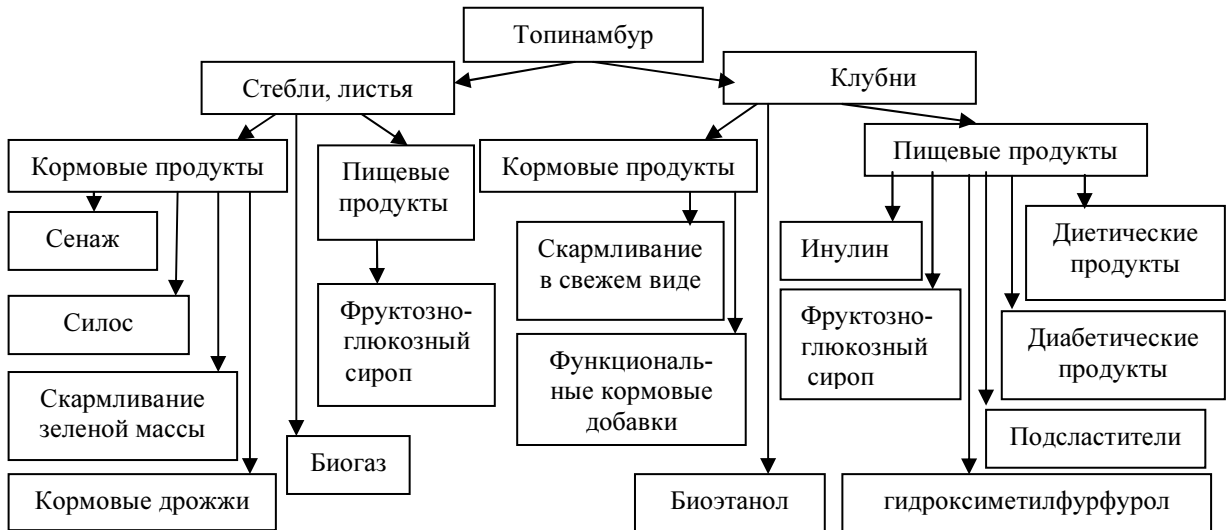


Рис. 1 – Комплексная переработка топинамбура в кормовые и пищевые продукты

Зеленая масса топинамбура - прекрасный корм для животных. По питательности она в 1,5...2 раза выше, чем у цветущего клевера, подсолнечника и кукурузы. Животные поедают его охотнее, чем другие травяные культуры не только в свежем виде, но и в виде силоса и сенажа. В листьях топинамбура в 2 раза больше белка, чем в стеблях (особенно в период июль-август). Можно откармливать свиней исключительно листьями топинамбура (практика Германии), к которым добавляют частично шрот и обрат.

Топинамбур незаменим в свиноводстве для участия в зеленом конвейере и в создании пастбища в позднесенний и ранневесенний периоды, позволяют снизить расход концентратов в рационе до 20...25 % и более. Наиболее широко зеленая масса используется для силосования. Так, содержание сахаров достигает 15...20 % от сухой массы, что способствует хорошей силосуемости. Силос, полученный из топинамбура, по питательности не уступает кукурузному, в 100 кг его содержится 18...20 корм. ед. при содержании в 1 корм. ед. до 90 г переваримого протеина и сахара — 3,49 % от сухой массы, содержание незаменимых аминокислот в зеленой массе топинамбура в 2 раза больше, в силосе из топинамбура в 1,5 раза, чем в кормах из кукурузы, линолевой кислоты в 2,5 раза больше, сумма жирных кислот в зеленой массе топинамбура на 15,4 % больше, чем в зеленой массе кукурузы.

Из зеленой массы топинамбура можно получать кормовые дрожжи, биогаз и другие продукты. Спирта получается в 4...5 раз больше, чем из зерна. Для выгонки спирта могут быть использованы не только клубни, но также богатая углеводами зеленая масса топинамбура, которая дает выход спирта 3 .. 4 тонн на гектар, из клубней можно получить 13 тонн биоэтанола. Это актуально, если учесть, что мировая потребность в этаноле составляет 2 миллиарда, тонн в год, а современное мировое производство дает только 32 миллиона тонн в год.

Исключительно важное значение инулинсодержащее сырье имеет для производства сахаристых продуктов — фруктозы, фруктозо-глюкозного сиропа (ФГС) и других подсластителей. Инулин может служить источником получения пищевых, кормовых продуктов, фруктозы, ФГС, этанола, пребиотиков, подсластителей и гидроксиметилфурфурола — источника синтеза многих ценных лекарств, пигментов и других соединений.

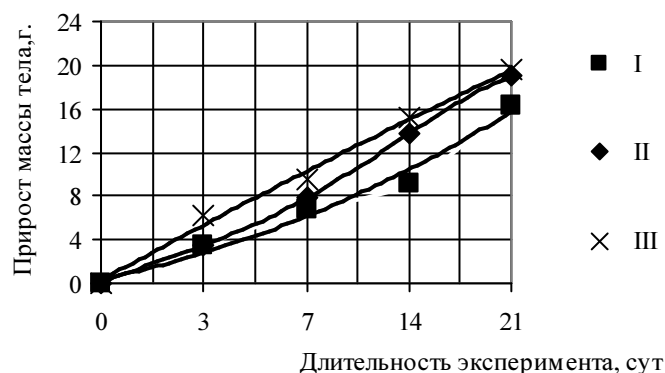
Природные магниевые и калиевые соединения топинамбура делают его не только эффективным, но и безопасным препаратом для лечения аритмий, гипертонии, ишемической болезни сердца, стенокардии различного происхождения, для предотвращения инфарктов и инсультов

**Таблица 2 – Рецепты полнораціонних комбикормов для молодняка свиней**

| Компоненты                 | Содержание в рецепте, % |       |       |
|----------------------------|-------------------------|-------|-------|
| Пшеница                    | 18,00                   | 18,00 | 18,00 |
| Ячмень                     | 39,55                   | 38,55 | 37,55 |
| Кукуруза                   | 11,00                   | 11,00 | 11,00 |
| Отруби пшеничные           | 7,00                    | 7,00  | 7,00  |
| Мука из топинамбура        | —                       | 1,00  | 2,00  |
| Жмых соевый                | 16,91                   | 16,91 | 16,91 |
| Шрот подсолнечный          | 3,00                    | 3,00  | 3,00  |
| Моногидрат лизина          | 0,40                    | 0,40  | 0,40  |
| DL-метионин                | 0,03                    | 0,03  | 0,03  |
| L-треонин                  | 0,10                    | 0,10  | 0,10  |
| Соль поваренная            | 0,32                    | 0,32  | 0,32  |
| Монокальцийфосфат          | 0,68                    | 0,68  | 0,68  |
| Известняковая мука         | 2,00                    | 2,00  | 2,00  |
| Премикс                    | 1                       | 1     | 1     |
| Показатели качества        |                         |       |       |
| Обменная энергия, МДж/кг   | 12,7                    | 12,6  | 12,5  |
| Кормовые единицы, в 100 кг | 113                     | 113   | 112   |
| Сырой протеин, %           | 16,5                    | 16,5  | 16,6  |
| Сырая клетчатка, %         | 4,11                    | 4,1   | 4,10  |
| Лизин, %                   | 1,04                    | 1,04  | 1,04  |
| Метионин+цистин, %         | 0,51                    | 0,51  | 0,51  |
| Ca, %                      | 0,97                    | 0,97  | 0,97  |
| P, %                       | 0,60                    | 0,60  | 0,60  |
| NaCl, %                    | 0,40                    | 0,40  | 0,40  |

лодняка свиней (табл. 2.), в соответствии с которыми изготовлены образцы готовой продукции в лабораторных условиях.

Были сформированы 3 группы лабораторных животных, I – контрольная, II – опытная с вводом 1 % муки из клубней топинамбура, III – опытная с вводом 2 % муки из клубней топинамбура. На протяжении эксперимента контролировали изменение прироста живой массы лабораторных животных, поедаемость корма. Данные приведены на рис. 2.

**Рис. 2 - Изменение прироста массы тела лабораторных животных**

к концу эксперимента достоверной разницы между опытными группами не наблюдалось. Можно предположить пребиотическое действие инулина на микрофлору желудочно-кишечного тракта лабораторных животных, поэтому в III-й группе был более выражен эффект в начале эксперимента.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

Топинамбур как компонент диабетического питания позволяет добиться содержания глюкозы в крови, одновременно с улучшением углеводного обмена, происходят позитивные изменения в жировом обмене: достоверно снижается уровень холестерина и триглицеридов в крови, что предотвращает дальнейшее развитие атеросклероза сосудов.

Комплекс уникальных свойств топинамбура (нормализация углеводного, жирового, энергетического обменов, активация синтеза белка, улучшение кровоснабжения и микроциркуляции, гепатопротекторный эффект, выраженное регенераторное действие) определяет мощное его влияние и на компоненты неспецифического иммунитета. Все это объясняет его широкое использование для производства диетических продуктов, биологически активных добавок к пище, функциональных продуктов.

Для исследования возможности использования топинамбура как регулятора кишечной микрофлоры сельскохозяйственных животных нами были проведены эксперименты на лабораторных животных.

С помощью программного комплекса «Корм Оптима Эксперт» были рассчитаны рецепты полнораціонних комбикормов для мо-

Исходя из полученных данных можно сделать вывод о целесообразности ввода топинамбура в состав комбикормовой продукции, поскольку наблюдается увеличение прироста живой массы лабораторных животных в опытных группах на 18,9 % больше по сравнению с контрольной группой. Учитывая биологическую ценность топинамбура можно объяснить увеличения приростов массы улучшением обмена веществ, более полным использованием питательных веществ. Ввод муки из топинамбура в количестве 2 % оказывал более выраженный эффект в начале эксперимента, так к концу 1 недели практически в 2 раза прирост массы животных III-й группы был больше, но к

— целесообразным с точки зрения регулирования микрофлоры желудочно-кишечного тракта сельскохозяйственных животных и птицы является использование в комбикормовой продукции муки из топинамбура;

— выбор топинамбура как кормовой добавки с пребиотическими свойствами обуславливается высокой биологической ценностью, комплексом уникальных свойств (нормализация углеводного, жирового, энергетического обменов, активация синтеза белка, улучшение кровоснабжения и микроциркуляции, гепатопротекторный эффект, выраженное регенераторное действие) определяющим мощное его влияние и на компоненты неспецифического иммунитета;

— целесообразность использования топинамбура подтверждается высокой кормовой ценностью, урожайностью, засухо- и морозостойчивостью, свойствами эффективного фитомелиоранта;

— обоснование выбора топинамбура как компонента с пребиотическими свойствами подтверждается возможностью реализации комплексной безотходной технологии его переработки с получением широкого ассортимента кормовых, пищевых продуктов а также биотоплива.

— актуальной проблемой при использовании топинамбура является ухудшения качества, распад инулина при хранении клубней, поэтому необходим поиск путей эффективного использования в составе комбикормовой продукции.

#### Литература

1. П.Ф. Феркет Поддержание здорового состояния желудочно-кишечного тракта без использования антибиотиков / Феркет П.Ф., Ралли С.К. // *Зернові продукти і комбікорми*. – 2003. – №2. – С. 31-39.
2. <http://webpticeprom.ru/ru/articles-veterinary.html?pageID=1328259797>
3. Левицкий А.П., Пребиотики и проблема дисбактериоза / А.П. Левицкий, Ю.Л. Волянский, К.В. Скидан. – Харьков, ЭДЭНА, 2008. – 100с.
4. [http://rae.ru/fs/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=7981889](http://rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=7981889)
5. Христич Т.Н. Значение микрофлоры кишечника и новые возможности коррекции микробиоценоза // *Новости медицины и фармации*. — 2009. — № 16(290). — С. 10-11.
6. Максимов В.И. Влияние пектина на микрофлору желудочно-кишечного тракта / В.И. Максимов, В.М. Бондаренко, В.Е. Родоман // *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. – 1998. – №6. – С. 107 – 108.
7. [http://www.dissercat.com/content/effektivnost\\_ispolzovaniya\\_topinambura\\_sorta\\_skorospelka\\_pri\\_vyrashchivanii\\_molodnyaka\\_svine](http://www.dissercat.com/content/effektivnost_ispolzovaniya_topinambura_sorta_skorospelka_pri_vyrashchivanii_molodnyaka_svine)
8. [http://www.dissercat.com/content/nauchnoe\\_i\\_prakticheskoe\\_obosnovanie\\_ispolzovaniya\\_vysokoenergeticheskikh\\_kormov\\_iz\\_topinamb](http://www.dissercat.com/content/nauchnoe_i_prakticheskoe_obosnovanie_ispolzovaniya_vysokoenergeticheskikh_kormov_iz_topinamb)

УДК [636.085.55:577.15]:636.4

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ ПОРОСЯТ С ВВОДОМ ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТА

Воецкая Е.Е., канд. техн. наук, доцент, Лапинская А.П., канд. техн. наук, доцент,

Макаринская А.В., канд. техн. наук, доцент

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

*В статье показана целесообразность использования ферментов в животноводстве при выращивании молодняка свиней, дан анализ основного биологического действия ферментов и выявлены проблемы их использования. Приведены результаты биологической оценки комбикормов для поросят.*

*In the article the expediency of using enzymes in animal husbandry in rearing pigs and analysis of the major biological enzyme activity and problems of their use. Results of biological evaluation of mixed fodders for pigs.*

Ключевые слова: комбикорм, ферменты, поросята.

Свиноводство является интенсивной и эффективной отраслью животноводства, что в современных экономических условиях придает ей особое значение. Возросший спрос на мясную свинину обуславливает целый ряд требований к поиску прогрессивных приемов и методов ведения отрасли с тем, чтобы свинина обладала биологической полноценностью и экологической чистотой. Комбикорма, кормовые смеси, вырабатываемые в условиях свиноводческих предприятий по некоторым нормируемым показателям не соответствуют физиологическим потребностям свиней. Часть компонентов, входящих в состав

кормовых смесей обладают антипитательными факторами, оказывающими существенное влияние на качество корма, его переваримость и доступность питательных веществ и, как следствие – на продуктивность свиней. Для растительных кормов это, прежде всего, некрахмалистые полисахариды, геммагглютины, сапонины, и др. Первые существенно увеличивают вязкость корма и препятствуют расщеплению полисахаридов, вторые – снижают пролеотическую активность ферментов [1, 2].

Вопросы наиболее эффективного использования комбикормов и кормовых смесей, повышения биологической ценности рационов, рационального применения биологически активных веществ являются приоритетными направлениями исследований по интенсификации свиноводства. Поэтому, изыскания новых технологических приемов, позволяющих повысить эффективность использования кормов, а также новых биологически активных добавок (ферменты, пре- и пробиотики) в составе комбикормов и кормовых смесях приобретают особую хозяйственную и экономическую целесообразность. Учитывая особую актуальность и практическую значимость данных проблем, реализация которых позволит достичь рационального использования кормовых ресурсов кормопроизводства, повысить продуктивный потенциал свиней, а также не полное их научное обоснование обусловило очевидную целесообразность их изучения и разработки [3].

Таким образом, целью исследований было теоретическое обоснование и биологическая оценка эффективности использования в комбикормах для поросят ферментных препаратов.

Использование ферментов является примером экологически безупречного повышения эффективности кормления. Будучи веществами белковой природы, ферменты не оказывают негативного влияния на организм и не оставляют никаких следов в продукции, обеспечивая ее безопасность для человека. Самой ценной особенностью ферментов является то, что биологические эффекты приводят к улучшению хозяйственно-полезных и экономических показателей производства. В случае обычных рационов ферменты позволяют существенно повысить уровень продуктивности, особенно у молодняка. Эффективность ферментов заключается в том, что они, нейтрализуя действие некрахмалистых полисахаридов, увеличивают доступность крахмала, протеина, жиров для воздействия собственных ферментов пищеварительного тракта. Кроме того, ферменты делают и сами некрахмалистые полисахариды доступными для усвоения, увеличивая обменную энергию и кормовую ценность рациона. Так, например, при использовании энзимов показатель обменной энергии для пшеничных и ячменных рационов возрастает минимум на 4 и 7% соответственно. Ввод ферментов в стандартные рационы оказывает позитивное влияние на живую массу, абсолютные и среднесуточные приросты. Хорошо известны и другие преимущества использования кормовых ферментов: снижение вязкости помета, влажности подстилки. Использование фитазы повышает доступность фосфора из органического сырья и ведет к уменьшению количества вводимых фосфатов, что также способствует повышению общей усвояемости кормов, так как фосфаты имеют значительную буферную емкость и нейтрализуют пищеварительные соки [3, 4].

Значительную перспективу представляет применение ферментных препаратов при разработке и применении нестандартных рационов. В любое время, а особенно в период экономической нестабильности, наиболее важной проблемой, является сохранение рентабельности производства и снижение себестоимости конечной продукции предприятия. Одной из важнейших составляющих стоимости сельскохозяйственной продукции является цена комбикормов. Необходимость обеспечить конкурентоспособность животноводческой продукции путем снижения себестоимости заставляет производителей использовать в производстве кормов более дешевые источники растительного белка и энергии, однако производителям следует помнить, что снижение доступности и переваримости питательных веществ может вызывать нарушение обмена веществ, поэтому наиболее важным при вводе более дешевых сырьевых компонентов является обеспечение высокой степени сохранности и продуктивности поголовья. Именно эту задачу помогают решать ферментные препараты [4, 5].

Для увеличения эффективности использования и достижения ожидаемых результатов применение ферментов требует системного подхода, важно правильно подобрать дозу фермента. При уточнении дозировки необходимо учитывать возраст животных, уровень трудногидролизуемых компонентов в комбикорме в зависимости от его состава, степень зрелости зерна, его вязкость. При выборе ферментов в рацион необходимо учитывать еще один немаловажный фактор – уровень обменной энергии. Нередки случаи, когда при избыточном уровне обменной энергии по отношению к аминокислотному фону показатели продуктивности снижаются даже при введении эффективных ферментов. Именно поэтому наибольшие преимущества применения ферментов производитель получает при искусственно созданном дефиците обменной энергии и аминокислот в рационе: в этом случае снижается стоимость комбикорма, улучшается конверсия корма, повышается продуктивность. Ферменты обладают еще одним ценным свойством – выравнивать питательность сырья. Только из-за смены сорта пшеницы рацион цыплят-бройлеров, например, может оказаться ниже по значению энергии на 80...100 ккал/кг. Эффективный ферментный



препарат позволит повысить обменную энергию сырья более чем на 150 ккал и нивелировать изменения сырья по питательности [3, 5].

Таким образом, основное биологическое действие ферментов состоит:

- в повышении усвояемости белков и углеводов комбикорма за счет разрушения клеточных оболочек;
- в повышении активности собственных пищеварительных ферментов и процессов всасывания;
- в улучшении микробиологической среды в кишечнике вследствие уменьшения вязкости;
- в предотвращении дефицита пищеварительных ферментов на ранних стадиях развития и при стрессе.

В свою очередь, эти биологические процессы приводят к улучшению хозяйственно-полезных признаков и экологических показателей производства:

- более полно используются питательные вещества и энергия комбикорма, фактическая питательность рациона возрастает на 5...10 %;
- снижаются затраты комбикорма на единицу продукции на 5...15 %;
- продуктивность повышается при неизменных рационах;
- возникает возможность замены дорогостоящих компонентов комбикорма (кукурузы) на более дешевые (пшеница, ячмень, рожь) без снижения продуктивности;
- снижается уровень инфекционных болезней и потребность в антибиотиках;
- уменьшаются объемы помета.

Использование ферментов на практике часто сопровождается такими проблемами:

- отсутствие эффекта (уровень обменной энергии не был лимитирующим фактором);
- снижение продуктивности (обменной энергии в корме хватало, она дополнена действием фермента, в результате чего уровень потребления корма снизился, количество потребленных питательных и биологически активных веществ не соответствует потребностям животных);
- необходимость комплексного подхода с созданием композиций ферментов амилалитического, пектолитического, целлюлолитического и протеолитического действия в соответствии с конкретным рецептом, особенностями сырья, физиологическими особенностями сельскохозяйственных животных и птицы;

**Таблица 1 – Рецепты комбикормов для поросят-отъемышей в возрасте 2-4 месяцев**

| Компоненты               | % ввода |       |       |
|--------------------------|---------|-------|-------|
|                          | образец |       |       |
|                          | № 1     | № 2   | № 3   |
| Пшеница                  | 20,0    | 20,0  | 20,0  |
| Кукуруза                 | 44,8    | 44,8  | 44,8  |
| Жмых соевый              | 11,2    | 11,2  | 11,2  |
| Жмых подсолнечный        | 5,5     | 5,5   | 5,5   |
| Шрот подсолнечный        | 8,0     | 8,0   | 8,0   |
| Мука костная             | 2,0     | 2,0   | 2,0   |
| Мука рыбная              | 1,93    | 1,92  | 1,93  |
| Дрожжи кормовые          | 2,97    | 2,97  | 2,97  |
| Соль поваренная          | 0,4     | 0,4   | 0,4   |
| Мел кормовой             | 2,0     | 2,0   | 2,0   |
| Известняковая мука       | 0,2     | 0,2   | 0,2   |
| Амилосубтилин            | —       | 0,01  | —     |
| Премикс П 61-1           | 1       | 1     | 1     |
| Всего                    | 100     | 100   | 100   |
| Показатели качества      |         |       |       |
| обменная энергия, МДж/кг | 12,88   | 12,88 | 12,88 |
| Массовая доля, %:        |         |       |       |
| сырого протеина          | 18,18   | 18,18 | 18,18 |
| сырой клетчатки          | 4,98    | 4,98  | 4,98  |
| лизина                   | 0,80    | 0,80  | 0,80  |
| метионин+ цистин         | 0,60    | 0,60  | 0,60  |
| Са                       | 1,21    | 1,21  | 1,21  |
| Р                        | 0,60    | 0,60  | 0,60  |
| NaCl                     | 0,62    | 0,62  | 0,62  |

- стимулирование роста собственной секреторной функции;

- раздражением стенок желудка и кишечника в результате активации в пищеварительной системе животных протеолитических ферментов, для которых белки корма и белки стенок желудочно-кишечного тракта являются субстратами;

- экзогенные ферменты активны при нейтральных pH – 5,5...7,0, тогда как при высокой кислотности в желудке их активность частично уменьшается.

Таким образом, получить прогнозируемый эффект от использования ферментных препаратов можно при условии коррекции действия фермента на этапе расчета рецепта.

На следующем этапе работы с помощью программы «Корм-Оптим-Эксперт» были рассчитаны рецепты комбикормов для поросят в возрасте 2 – 4 месяцев (табл. 1).

В соответствии с рассчитанными рецептами были произведены три образца комбикорма. Образец № 1 – контрольный комбикорм, который готовили по традиционной технологии. Образец № 2 – комбикорм с ферментным препаратом Амилосубтилин. Ферментный препарат Амилосубтилин содержит амилалитические ферменты и незначительное количество протеолитических. Оптимальное действие препарата проявляется при pH – 6,0...6,5, температуре 50...55°C. В животноводстве амилосубтилин применяется в качестве

тве добавки к кормам с целью повышения их переваримости и лучшего использования при кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. Он дополняет энзимную активность желудочно-кишечного тракта поросят, что положительно влияет на состав кишечной микрофлоры. Общий эффект действия амилосубтилина связан с комбинированным воздействием всех входящих в состав препарата ферментов, в том числе бетта-глюкоказы, ксиланазы и целлюлазы, катализирующих расщепление трудноусвояемых полисахаридов ячменя, пшеницы и ржи. Добавление в рацион сельскохозяйственных животных Амило-субтилина позволяет увеличить среднесуточные привесы на 10...15 %, расход кормов при этом снижается на 8...12 %. В рационы молодняка свиней его вводят из расчета: для поросят в возрасте до 60 дней – 300 г/т комбикорма, от 60 до 120 дней – 180 г/т, старше 120 дней – 300 г/т. Образец № 3 – комбикорм с экструдированной зерновой частью. Для его приготовления пшеницу и кукурузу обрабатывали на пресс-экструдере ЕЗ – 150 при следующих режимах: давление в рабочей зоне экструдера 2...3 МПа, потребляемая мощность электродвигателя 4,0...4,5 кВт, температура продукта на выходе из экструдера 100...110°C, продолжительность 60...120 с, диаметр матрицы 10 мм. Полученный экструдат охлаждали, измельчали, дозировали в соответствии с рецептом.

В полученных образцах определяли переваримость белка *in vitro* (рис. 1). Наибольшая переваримость белка наблюдалась в образце № 2 с вводом ферментного препарата Амило-субтилин и составила 76,6 %, что на 3,4 % больше по сравнению с контрольным образцом. В образце № 3 с экструдированной зерновой частью переваримость белка увеличилась на 2,1 % по сравнению с контрольным, но на 1,1 % была меньше, чем в образце № 2. Следовательно, наибольший эффект на переваримость белка *in vitro* оказала добавка ферментного препарата Амило-субтилин, что привело к повышению доступности питательных веществ комбикорма.

Биологическую оценку полученных образцов комбикормов проводили в виварии института стоматологии национальной академии медицинских наук Украины. Для кормления были выбраны белые крысы (линия Wistar), самцы в возрасте 45 суток. Было сформировано три группы животных: первая группа контрольная получала исходный комбикорм, вторая – получала комбикорм с ферментом и третья – комбикорм с экструдированной зерновой частью. Количество животных в одной группе составляло 5 особей. Условия содержания животных сравниваемых групп были одинаковыми. Кормление проводили в течение 10 дней. Продуктивное действие комбикормов определяли по поедаемости комбикорма и приросту массы тела крыс (рис 2).

Согласно полученным данным, самые высокие показатели прироста живой массы были получены во второй группе, животные которой получали комбикорм с ферментным препаратом. Поэтому показателю животные второй опытной группы превосходили своих контрольных аналогов на 7,7 г или на 13,7 %. Для третьей группы прирост живой массы тела составил 63,0 г, что на 12,1 % больше, чем у контрольной группы и на 1,4 % меньше, чем у второй группы. Животные второй группы обладали наибольшей интенсивностью роста. Средняя масса тела крыс на конец опыта составила для первой группы 98,6 г, для второй – 107,1 г, для третьей – 106,1 г.

В целом же, следует отметить, что под действием экзогенного ферментного препарата произошла интенсификация желудочно-кишечного метаболизма у подопытных животных, и это, в свою очередь, положительно отразилось на переваримости и усвояемости питательных веществ комбикорма.

Таким образом, опыты показали, что использование в составе комбикорма ферментного препарата Амило-субтилин повышает прирост массы тела животных, улучшает жизненные способности увеличивает конверсию корма и переваримость протеина на 3,4 %, а также может способствовать восполнению дефицита пищеварительных ферментов на ранних стадиях развития поросят, когда выработка собственных ферментов затруждена.

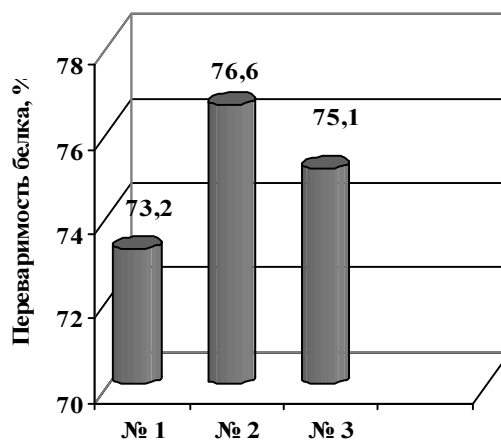


Рис. 1 – Переваримость белка *in vitro* в комбикормах для поросят

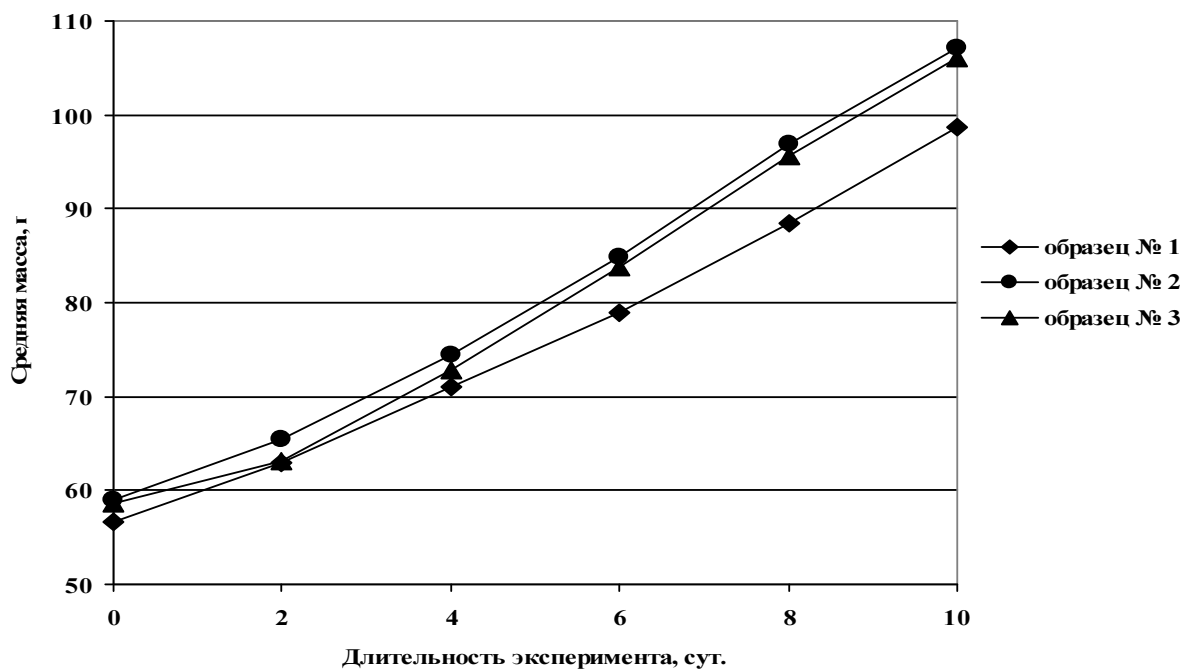


Рис. 2 – Изменения средней массы тела лабораторных животных

## Литература

1. Кононенко С.И. Повышение питательности рационов откармливаемых свиней / С.И. Кононенко // Комбикорма. – 2007. – № 4. – С. 47– 48.
2. Егоров И. Ферментные препараты для улучшения усвояемости корма и снижения его стоимости. / И. Егоров, Т. Егорова, Б. Розанов// Комбикорма. – 2010. – № 7. – С. 73 – 75
3. Шулаева Г. Отечественные ферментные препараты в комбикормах для свиней./ Г, Шулаева, А. Бетин, В. Энговатов // Комбикорма. – 2011. – № 2. – С. 87 – 88.
4. Ездаков Н.В. Применение ферментных препаратов в животноводстве. – М.: Колос, 1976. – 224 с.
5. Орлинский Б.С. Добавки и премиксы в рационах. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 173 с.

УДК 636.1.085.55-03

## ОБОСНОВАНИЕ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ ДЛЯ ЛОШАДЕЙ

Егоров Б.В., д-р техн. наук, профессор, Цюндык А.Г. аспирант  
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

*В данной статье рассмотрены пищеварительная система лошади, различные виды сырья для производства комбикормов для лошадей, а также приведено обоснование их использования.*

*In this article the horse digestive system, different types of raw materials for the production of feed for horses and given the rationale for their use.*

Ключевые слова: лошадь, пищеварительная система, сырьевая база.

Конный бизнес активно развивается и является очень прибыльным. Самые простые способы заработать – это прокат лошадей и обучение верховой езде. При хорошей рекламе и сформированной клиентской базе можно получать неплохую прибыль [1].

Наиболее прибыльным направлением конного бизнеса является покупка молодых спортивных лошадей с последующей продажей на аукционах или участием в турнирах [1].

Сейчас в Украине существует более 50 конных клубов и заводов, многие из них выращивают чистокровных скакунов украинской верховой породы. Также сейчас очень популярными являются лошади, привезенные из Германии, Бельгии и Голландии [2].

Одним из главных требований предъявляемых к содержанию лошади является сбалансированное питание так, как недостаток протеина, жиров, углеводов, минеральных веществ или витаминов ведет к упадку работоспособности и быстрой утомляемости животного, у молодняка замедляется развитие и рост, у племенных лошадей нарушаются воспроизводительные функции. Рабочая лошадь должна питаться так, чтобы не только поддерживались жизненные функции в состоянии покоя, но и покрывались все потребности организма, связанные с работой [3].

Лошади отличаются от других животных тем, что основной их продукцией является мышечная работа. Это и определяет их особенности обмена веществ и пищеварения [3].

Пищеварение у лошади начинается сразу после того, как корм поступает в ротовую полость, где выделяется слюна с ферментами (рис. 1).

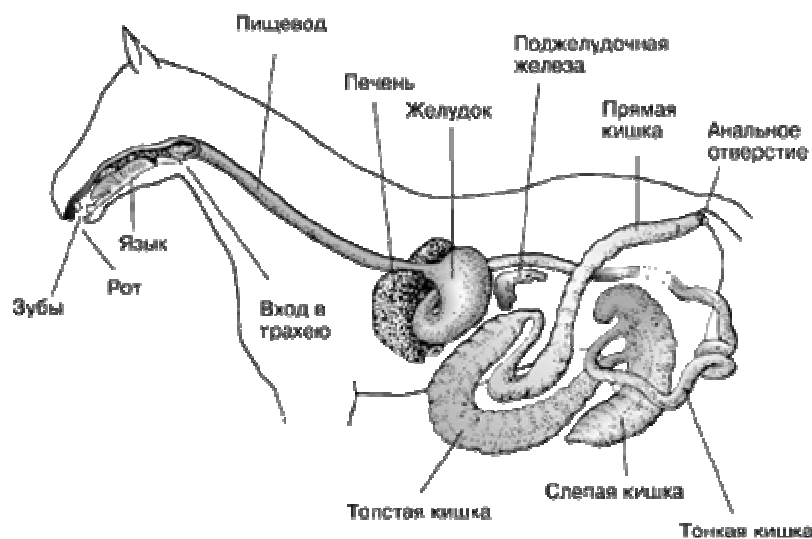


Рис. 1 – Пищеварительная система лошади

Пережеванный корм, в виде мягкого, влажного комка, проглатывается, быстро переходя через глотку и пищевод, и попадает в желудок.

У лошади в желудке щелочная среда пищеварения. Количество соляной кислоты очень низко и составляет 0,14 %, поэтому лошадь идеально приспособлена для поедания кормов растительного происхождения [4].

Из желудка пища, по мере хода пищеварения, постепенно вытесняется и отдельными порциями поступает в тонкий кишечник, где и происходит основное усвоение питательных веществ корма. За тонким кишечником следует отдел толстого кишечника, где пища продолжает перевариваться и усваиваться под воздействием кишечного сока и желчи [4].

Одним из важных отделов пищеварительного тракта является слепая кишка, в котором обитают различные микроорганизмы, участвующие в процессе пищеварения. Так они вырабатывают многие витамины группы В и свободные жирные кислоты, источник энергии для лошади [4].

Процессы пищеварения у лошади тесно связаны с переваримостью питательных веществ корма. Поэтому необходимо производить комбикорма, способные удовлетворять организм лошади в энергии, питательных и биологически активных веществах, кроме того, они должны быть сбалансированы по всем показателям, которые соответствуют возрасту, направлению продуктивности лошадей [4].

Для лошадей производят комбикорма-концентраты (КК-70, КК-71, КК-72, КК-73, КК-74, КК-75, КК-76) [5].

Для каждой категории лошадей требуются свои виды кормов. Например, для спортивных и тренируемых лошадей производят гранулы, в рецепт которых входят следующие виды сырья: овес, ячмень, кукуруза, отруби пшеничные, шрот подсолнечный, масло растительное, жмых подсолнечный, монокальцийфосфат, известняковая мука, соль поваренная, премикс [6].

Ввод овса в состав рецепта объясняется тем, что содержание клетчатки в нем стимулирует работу кишечника, улучшает его перистальтику, способствует образованию пищеварительных ферментов. Кро-

ме того, в толстом кишечнике и, в частности, в слепой кишке, клетчатка становится субстратом для развития полезной микрофлоры [6].

Уже через 2 часа после кормления овес покидает желудок, а это означает, что лошадь может работать. Для сравнения: ячменю для этого требуется примерно 6 часов, а другим зерновым кормам ещё больше времени [7].

Небольшое содержание крахмала в зерне овса не приводит к образованию избыточного количества газов (а значит и колик). В то же время, благодаря другим диетическим свойствам овса, крахмал хорошо переваривается и всасывается, обеспечивая лошадь необходимой для работы энергией [7].

Высокое содержание жиров (в том числе незаменимых жирных кислот) в овсе обеспечивает прекрасное состояние шерстного покрова лошади и повышает иммунный порог [7].

Овес является источником полноценных белков. Конечно, здесь его содержится меньше, чем, например, в бобовых культурах. Но большое количество протеина необходимо лишь растущему молодняку и лошадям, несущим очень интенсивные нагрузки [7].

Ячмень и кукуруза в свою очередь являются прекрасным источником энергии для рабочих и спортивных лошадей [8].

По энергетической ценности 1 кг ячменя может заменить 1,15 – 1,2 кг овса. Питательные вещества ячменя перевариваются на 89 %. Ячмень богат лизином и витамином Е. Но, несмотря на это, ячмень является лишь удовлетворительным кормом для лошадей [8].

1 кг кукурузы может заменить 1 кг 300 г овса. Кукуруза имеет высокую перевариваемость питательных веществ (80 – 90 %). Необходимо придерживаться норм ввода кукурузы в рацион лошадей так, как ее избыток может привести к быстрому ожирению [9].

При правильном использовании ячменя и кукурузы в рационе помогает поддерживать хорошие кондиции.

Значительным достоинством пшеничных отрубей является достаточно высокое содержание в них витаминов группы В и низкое содержание крахмала [10].

Отруби имеют хорошие вкусовые качества, что немаловажно при кормлении лошадей с плохим аппетитом или для маскировки кормовых добавок и лекарств. Пшеничные отруби хорошо впитывают воду и при достаточном ее количестве образуют слизистую кашу. Это их качество используется в период различных заболеваний, когда требуется щадящая диета для ЖКТ, или для восполнения водных запасов организма, особенно когда лошадь отказывается пить воду [10].

В пшеничных отрубях содержание фосфора в 4 – 5 раз превосходит содержание кальция, а благодаря наличию в них фитазы, биологическая доступность этого фосфора очень высока. В рационах с низким содержанием концентрированных кормов отруби могут быть просто необходимы для восполнения недостатка фосфора или сохранения кальций-фосфорного баланса [10].

Жмыхи и шроты используют главным образом как источник протеина, они имеют достаточно высокую энергетическую ценность при этом содержание крахмала в них гораздо ниже, чем в зерне [11].

Введение в рацион жмыхов позволяет улучшить аппетит и кондиции лошади; благодаря высокому содержанию жиров улучшается состояние кожного и волосяного покрова (блеск, лоск) [11].

Соль нужно включать в концентраты в количестве 1 %. Натрий и хлор играют важную роль в поддержании электролитического баланса [12].

Премикс содержит все необходимые для развития животных макро- и микроэлементы: кальций, фосфор, цинк, медь, селен, серу, йод, витамины А, Е, Д [13].

В комбикорма для кобыл вводят: овес, пшеницу, кукурузу, отруби пшеничные, жмых подсолнечный, муку мясокостную, соль поваренную, известняковую муку, премикс.

Зерно пшеницы включают в состав комбикормов за счет ее высокой энергетической ценности и значительного содержанием белка. Пшеница улучшает качество гранул (чем больше содержание пшеницы, тем плотнее и крепче гранула) [14].

По содержанию протеина пшеница превосходит все виды злаковых (13 – 15 %). Она отличается очень высоким содержанием крахмала (515 г в 1 кг), а также высоким содержанием клейковины, что значительно снижает ее ценность как кормовой культуры для лошадей. Клейковина пшеницы нерастворима в воде, зато способна присоединить большое ее количество, образуя при этом резиноподобную массу или клейстер [14].

Образование такой массы в желудке снижает доступность всех питательных веществ ферментам пищеварения и может стать причиной колик [14].

Также компонентами комбикорма могут являться свекловичный жом и меласса.

Свекловичный жом содержит сырой клетчатки (до 19 %), что обеспечивают ему высокую энергетическую ценность. Именно благодаря этому качеству жома его часто используют для замены зерновых

концентратов, особенно в случаях, когда необходимо максимально снизить содержание крахмала и белка в рационе, сохранив при этом энергию [15].

Жом достаточно богат кальцием, медью и йодом – содержание последних двух является важным качеством жома, т.к. традиционно этих микроэлементов в рационе лошадей недостаточно [15].

В рационе лошади меласса играет важную роль в усвоении энергии за счет регулятора липидного обмена – бетаина, является хорошим источником кальция и калия, содержит до 58-60 % углеводов (в основном сахара), около 9 % азотистых соединений и 7-10 % золы [16].

Мелассу при гранулировании кормов используют как связывающий ингредиент [16].

В зависимости от времени года рацион лошади изменяется.

В летний период времени лошадь необходимо кормить зелёным кормом. Молодая трава богата каротином, витаминами, минеральными, ароматическими веществами, также являясь универсальным возбудителем пищеварительных желёз [17].

Трава является абсолютно естественным питанием для лошадей, и в тёплый период она должна составлять основу рациона. Считается, что средняя лошадь может съесть (без вреда для здоровья) до 50-60 кг сочной пастбищной травы в день, годовалые жеребцы потребляют 30-40 кг в сутки. Кормление зелёной травой требуется частое, но желательно, чтобы оно проходило небольшими порциями [17].

Переедание зелёного корма может привести к двум печальным последствиям: к ламиниту и ожирению [17].

В зимний период лошадь кормят, помимо комбикормов – сеном, соломой, силосом и сенажом.

Сено обеспечивает лошадь питательными веществами, необходимыми для нормальной жизнедеятельности. В среднем, за счет сена лошадь на 30 – 40 % восполняет запас энергии. Для лошади солома зимой может стать самым согревающим кормом [18, 19].

При переваривании грубых кормов выделяется наибольшее количество энергии идущей на обогрев лошади, а солома в этом отношении занимает лидирующую позицию [19].

Ежедневный рацион лошади должен включать 2 – 2,5 % сена от массы лошади. Для лошади массой 500 кг – это 10 – 12,5 кг [18].

Хороший силос в зимний этап служит источником протеина, каротина и кальция [8].

Сенаж в отличие от силоса является пресным кормом, близок по содержанию сахара к зелёной траве и охотно поедается лошадьми. Сенажа в зимний период дают взрослым лошадям до 5-8 кг, молодняку старше года – 3-4 кг в сутки [20].

Подводя итог можно сделать следующие выводы:

— для того чтобы правильно выбрать рацион для лошади, необходимо знать ее потребность в питательных и биологически активных веществах, которая зависит от возраста, пола, живой массы, физиологического состояния, интенсивности выполняемой работы, породы;

— лошадям необходимо скармливать корм с большим количеством клетчатки для здоровья кишечника. Рацион на 50 % должен состоять из грубых кормов;

— необходимо учитывать тот фактор, что в зависимости от времени года рацион лошади изменяется, так в летний период основу рациона должны составлять зелёные корма, в зимнюю пору – грубые корма такие, как сено, солома;

— необходимо кормить лошадь кормами высокого качества для обеспечения рациона всеми питательными веществами.

## Литература

1. Лошади – прибыльное увлечение [Эл. рес.] [http://financialfamily.ru/index.php?s\\_id=articles&e\\_id=844](http://financialfamily.ru/index.php?s_id=articles&e_id=844)
2. Бизнес-идея: прокат лошадей и обучение верховой езде [Электронный ресурс]. < <http://prostodengi.com.ua/biznes-idei/biznes-ideya-prokat-loshadej-i-obuchenie-verxovoj-ezde/> >
3. Кормление лошадей [Электронный ресурс]. < <http://zooresurs.ru/horse/maintenance-horse/251-kormlenie-loshadej.html> >
4. Основы кормления лошадей [Электронный ресурс]. < <http://news.elitzoo.com.ua/2013/03/20.html> >
5. Сторов Б.В., Технологія виробництва комбікормів. – Одеса: Друкарський дім, 2011. – 448 с.
6. Зерно овса [Электронный ресурс]. < <http://rp-rassvet.ru/publ/11-1-0-92> >
7. Овес как корм. Плюсы и минусы [Электронный ресурс]. < [http://www.derby.kz/index.php?option=com\\_content&view=article&id=509&Itemid=493](http://www.derby.kz/index.php?option=com_content&view=article&id=509&Itemid=493) >
8. Лошадиное меню [Электронный ресурс]. < <http://www.grandp.spb.ru/index1.php?m=6&id1=11> >
9. Лошадиное меню [Электронный ресурс]. < <http://www.grandp.spb.ru/index1.php?m=6&id1=12> >
10. Кормление лошадей – Отруби [Электронный ресурс]. < <http://www.grandp.spb.ru/index1.php?m=6&id1=26> >
11. Жмыхи и шроты [Электронный ресурс]. < <http://www.grandp.spb.ru/index1.php?m=6&id1=22> >

12. Кормление лошадей [Электронный ресурс]. < [http://www.e-reading-lib.org/chapter.php/81810/26/Gerasimov\\_-\\_Loshadi.html](http://www.e-reading-lib.org/chapter.php/81810/26/Gerasimov_-_Loshadi.html) >
13. Для лошадей [Электронный ресурс]. < <http://www.kombikorm33.ru/horse/> >
14. Лошадиное меню [Электронный ресурс]. < <http://www.grandp.spb.ru/index1.php?m=6&id1=19> >
15. Чудо-свекла [Электронный ресурс]. < <http://horse.zhuk.tv/index.php?name=pages&op=view&id=288> >
16. Меласса [Электронный ресурс]. < <http://www.km-balance.ru/index.php?id=2134> >
17. Типы кормов лошадей: зелёные корма (трава) [Электронный ресурс]. < <http://fourhoofs.ru/?r=eating&id=11> >
18. Сено – всему голова! [Электронный ресурс]. < <http://www.grandp.spb.ru/index1.php?m=6&id1=24> >
19. Солома [Электронный ресурс]. < <http://www.grandp.spb.ru/index1.php?m=6&id1=25> >
20. Сенаж [Электронный ресурс]. < <http://zoocompas.ru/articles/view/1145> >

УДК 664.661:613.2

## КОМПЛЕКСНА ПЕРЕРОБКА ВІДХОДІВ ЗЕРНОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМПЛЕКСУ ГІДРОЛАЗ ДРІЖДЖІВ *S. CEREVISIAE*

Данилова О.І., канд. хім. наук, ст. наук. співр., Решта С.П., канд. техн. наук, доц.,  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

*Намічені напрями удосконалення технології комплексної переробки відходів зернової промисловості за допомогою комплексу гідролаз дріжджів *S. cerevisiae*, які дозволять більш повною мірою використовувати широкий спектр рослинної сировини. Отримані дані можна використати для покращення технології післязбиральної обробки зернових культур під час луціння зерна, оскільки ферментні комплекси *S. cerevisiae* здатні до розривлення оболонок зернової сировини, а невисока температура обробки дозволяє зберегти всі її біологічно активні компоненти.*

*Outlined the directions of the improvement of integrated grain industry waste recycling technology with the help of hydrolase *s. cerevisiae* yeast complex, which will allow better use a wide range of plant materials. The obtained data can be used to improve post-harvest technology of crops during the shelling of grain, because enzyme complexes *S. cerevisiae* able to loosening skins of grain raw, and a low treatment temperature allows to keep all its biologically active components.*

Ключові слова: відходи зернової промисловості, дріжджі *Saccharomyces cerevisiae*.

У сучасних умовах одним із шляхів інтенсифікації харчової промисловості є впровадження нових безвідходних технологій. Це вимагає підвищення повноти переробки сільськогосподарської сировини з більш вичерпним отриманням корисних компонентів, а також розробку і удосконалення технологій із переробки відходів сільськогосподарського виробництва. Рослинна сировина відрізняється значним вмістом вуглеводних компонентів, особливо це стосується відходів переробки зернової промисловості – оболонок, висівок тощо [1-3]. Тому останніми роками увага приділяється пошуку нових способів виділення і аналізу цінних речовин із неживаних раніше рослинних відходів, особливий пріоритет при цьому мають біотехнологічні методи переробки, які, з одного боку, є найбільш ефективними, а з іншого – достатньо екологічно безпечними. Біотехнологічна переробка вимагає використання комплексних ферментних препаратів, які містять гідролази, здатні вилучати із сировини олігомери вуглеводів, білкових речовин. Такий комплекс містять дріжджі *S. cerevisiae*. Більше того, клітинні стінки дріжджів мають у своєму складі маннанолігосахариди, які в шлунково-кишковому тракті ефективно зв'язують і абсорбують різні патогенні мікроорганізми, включаючи *E. coli*, *Clostridium*, *Vibrio*, *Salmonella* та ін., таким чином, знижується можливість виникнення інфекції [4], вони є ефективними сорбентами мікотоксинів [5]. Дріжджова біомаса – повноцінне джерело білкових речовин, вітамінів, полісахаридів, вітамінів і мікроелементів, що дозволяє розглядати мікроорганізми як перспективні субстрати для одержання біологічно активних добавок, але поживна цінність дріжджової біомаси обмежена низькою доступністю внутрішньоклітинних біополімерів для дії травних ферментів та високим вмістом нуклеїнових кислот. Для повноцінного засвоєння як білкових речовин, так і полісахаридного комплексу необхідно зруйнувати клітинні стінки дріжджів і перевести високомолекулярні полімери, що втримуються в них, у розчинні легкозасвоювані сполуки [6-8] та біологічно

активні речовини [9] і здійснити денуклеїнізацію зразків. Деструкція дріжджової клітини може бути здійснена за допомогою ферментативного каталізу [10], при цьому можна отримати низку БАД комплексної дії.

Метою досліджень є удосконалення технології комплексної переробки відходів зернової промисловості за допомогою комплексу гідролаз дріжджів *S. cerevisiae*.

Науковці, що займаються переробкою зерна і питаннями раціонального харчування, говорять про високу біологічну і харчову цінність усіх частин зерна і про нехтування людей своїм здоров'ям, коли виключаються з раціону харчування так звані побічні продукти борошномельних виробництв, про необхідність переглянути чинну концепцію зернопереробки. Цьому питанню присвячено багато робіт у різних країнах світу. Зокрема, ставили завдання збагачення продуктів харчування, у тому числі борошна за допомогою перенесення до нього частинок насінної оболонки, алеїронового шару і зародка. Проте, в умовах відсутності промислової технології комплексної переробки зерна пшениці (і перш за все, зародка, як найбільш цінної частини), яка забезпечила б збереження біохімічного, вітамінного і ферментного складу, усі ці спроби будуть просто фіксацією нерационального використання людьми того, що дає їм природа. Наявні методи переробки, відрізняючись гідротермальною і хімічною дією, наявністю залишкових розчинників, як правило, обумовлюють такі значні зміни біохімічного складу початкової сировини, що зводять нанівесь усю поживну і медичну цінність отримуваних продуктів.

Роботами багатьох дослідників доведено, що мікроорганізми здатні накопичувати в біомасі ряд мінеральних компонентів, які перебувають у клітинах в органічній формі, що добре засвоюється. Збагачення дріжджової біомаси різними мікроелементами при культивуванні дріжджів на середовищах з високою концентрацією цих елементів є доведеним фактом. Крім того, завдяки введенню до складу поживного середовища *S. cerevisiae* різних компонентів можна досягти вироблення мікроорганізмами необхідних компонентів [11]. Нами здійснено культивування біомаси дріжджів *S. cerevisiae* (пивних або хлібопекарських) в аеробних умовах за наявності присутності твердої фази – попередньо підготовлених відходів переробки зернових культур, із використанням гідролізату вуглеводмісної сировини із додаванням необхідних для життєдіяльності дріжджів солей та джерела селену.

Культивування дріжджів *S. cerevisiae* здійснювали на поживному середовищі, що містить меласу як джерело цукрів, мінеральні солі, за наявності джерела селену – розчину селенистої кислоти або селеніту натрію чи іншої солі селену. Як джерело цукрів додатково використовували гідролізат рослинної сировини, культивування проводили за наявності твердого носія – залишку після гідролізу вуглеводмісної сировини. Для росту дріжджів використовували солі у такому співвідношенні компонентів, мас. %:

|                              |             |
|------------------------------|-------------|
| $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ | 0,46-0,55   |
| $\text{KH}_2\text{PO}_4$     | 0,08-0,09   |
| $\text{K}_2\text{HPO}_4$     | 0,011-0,19  |
| $\text{MgSO}_4$              | 0,045-0,055 |
| $\text{NaCl}$                | 0,001-0,015 |
| $\text{CaCl}_2$              | 0,006-0,015 |

селенова кислота або селеніт натрію або

інші солі селену 0,00002-0,00015

твердий вуглеводмісний залишок 8,0 – 15,0

гідролізат вуглеводмісного рослинного субстрату решта.

Твердий залишок, відокремлений після культивування, промивали розчином хлориду натрію для зменшення кількості нуклеїнових кислот у цільовому продукті, який після сушіння можна використати як БАД, у тому числі, при приготуванні тіста. Склад отриманих БАД наведений у табл. 1.

Для отримання гідролізатів було використано відходи борошномельного і круп'яного виробництва (висівки, плівки, мучка), вичавки консервних виробництв (яблучні, айвові, кабакові, морквяні, сливові), відходи сахарних виробництв (буряковий жом), олійних виробництв (соє, ріпак), які отримано завдяки кислотному гідролізу сульфатною, хлороводневою, фосфатною, етановою кислотою з масовою часткою кислоти 0,5 – 5 %. Вміст цукрів у гідролізаті контролювали і заміняли від 5 до 80 % меласи на гідролізат.

При такому способі вирощування досягається активація росту дріжджової біомаси, стає можливим отримання БАД із високим вмістом білка, вуглеводів, мінеральних речовин, зокрема селену, біологічно активних речовин. Важливим є те, що дріжджі починають інтенсивно виробляти гідролази, які необхідні для постачання вуглеводів для життєдіяльності мікроорганізмів. Активація вироблення гідролаз пояснюється необхідністю переробки мікроорганізмами твердого залишку, наявного в культуральному середовищі.



Таблиця 1 – Склад БАД з селеном і дріжджами

| №  | Вид вуглеводо-вмісного ролинного субстрату | Білкові речовини | Нерозчинні вуглеводи | Кількість нуклеїнових кислот | Вміст селену в БАД, отриманих при культивуванні, мг/г $n \cdot 10^{-3}$ |                              |
|----|--------------------------------------------|------------------|----------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
|    |                                            |                  |                      |                              | в звичайних умовах                                                      | в присутності джерела селену |
| 1  | Пшеничні висівки                           | $21,4 \pm 0,3$   | $66,5 \pm 0,5$       | $1,2 \pm 0,4$                | $3,04 \pm 0,03$                                                         | $5,32 \pm 0,04$              |
| 2  | Вівсяні висівки                            | $23,6 \pm 0,3$   | $62,1 \pm 0,4$       | $1,6 \pm 0,4$                | $3,75 \pm 0,05$                                                         | $6,23 \pm 0,01$              |
| 3  | Висівки тритикале                          | $21,9 \pm 0,3$   | $64,3 \pm 0,4$       | $1,1 \pm 0,5$                | $3,25 \pm 0,02$                                                         | $5,36 \pm 0,02$              |
| 4  | Оболонки сої                               | $19,9 \pm 0,3$   | $63,7 \pm 0,5$       | $1,3 \pm 0,5$                | $4,15 \pm 0,05$                                                         | $7,18 \pm 0,03$              |
| 5  | Мучка сої                                  | $21,8 \pm 0,3$   | $62,1 \pm 0,5$       | $1,6 \pm 0,3$                | $4,45 \pm 0,03$                                                         | $7,92 \pm 0,04$              |
| 6  | Оболонки гороху                            | $18,5 \pm 0,3$   | $61,6 \pm 0,4$       | $1,3 \pm 0,4$                | $3,95 \pm 0,02$                                                         | $6,64 \pm 0,03$              |
| 7  | Мучка гороху                               | $19,5 \pm 0,3$   | $64,8 \pm 0,6$       | $1,6 \pm 0,4$                | $4,10 \pm 0,02$                                                         | $6,52 \pm 0,03$              |
| 8  | Буряковий жом                              | $23,7 \pm 0,3$   | $61,1 \pm 0,5$       | $1,5 \pm 0,4$                | $4,22 \pm 0,03$                                                         | $7,01 \pm 0,02$              |
| 9  | Вичавки кабаку                             | $26,2 \pm 0,3$   | $59,0 \pm 0,5$       | $1,1 \pm 0,5$                | $3,91 \pm 0,03$                                                         | $6,73 \pm 0,02$              |
| 10 | Вичавки моркви                             | $27,4 \pm 0,3$   | $57,3 \pm 0,4$       | $1,5 \pm 0,4$                | $4,12 \pm 0,01$                                                         | $7,33 \pm 0,03$              |
| 11 | Вичавки яблук                              | $22,5 \pm 0,3$   | $65,1 \pm 0,4$       | $1,4 \pm 0,3$                | $3,85 \pm 0,02$                                                         | $6,70 \pm 0,03$              |
| 12 | Вичавки сливи                              | $18,9 \pm 0,3$   | $63,5 \pm 0,5$       | $1,4 \pm 0,4$                | $4,15 \pm 0,03$                                                         | $7,10 \pm 0,02$              |

Відомо, що є ряд способів переробки рослинної сировини [12-15], в т.ч. і зернових відходів на кормові білкові добавки. Термообробка і ферментативний гідроліз зернових культур проводиться при  $t = 65 - 90^\circ \text{C}$  з наступним вирощуванням дріжджів. Але у більшості публікацій відсутня кількісна оцінка ефективності процесів, що утрудняє вибір оптимальних варіантів. Авторами [12, 15] було досліджено ефективність процесу ферментативного гідролізу зернової сировини різними ферментними препаратами: амілосубтіліном, глюкавамоном, целовіридином. Встановлено, що перед ферментативним гідролізом необхідно зернову сировину піддати попередній термообробці: гідромодуль 1:5, витримка при температурі  $80 - 100^\circ \text{C}$  впродовж 1 год. Оптимальні умови наступного ферментативного гідролізу зернової сировини з ферментними препаратами амілосубтіліном, глюкавамоном, целовіридином (температура  $58 - 60^\circ \text{C}$ , pH 5,0 – 6,0; час обробки 1,5 години) забезпечують високий ступінь конверсії полісахаридів висівок – 84 % і ступінь оцукрення 34 – 38 % [15].

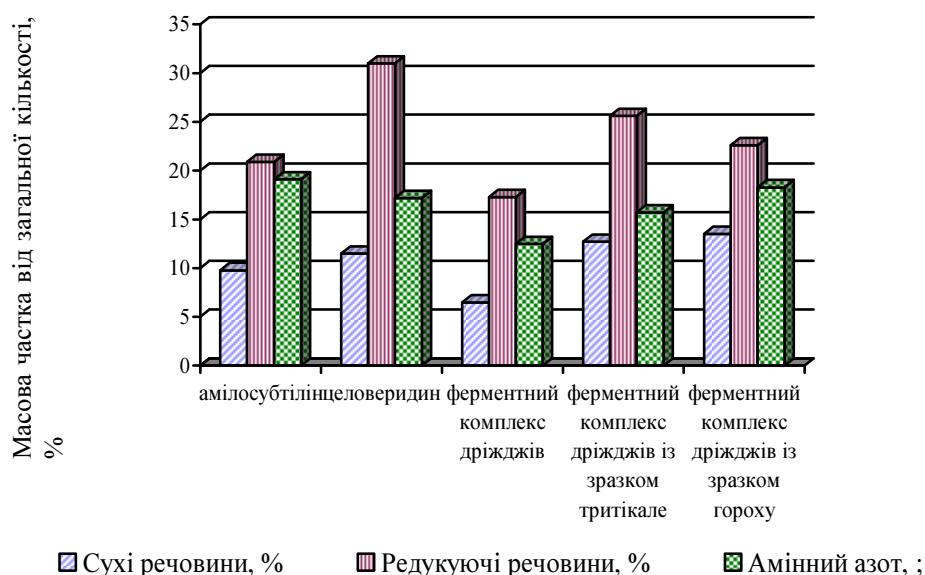


Рис. 1 – Вплив дії ферментних препаратів на накопичення сухих речовин, амінного азоту, редукуючих речовин у зразках із додаванням твердого залишку висівок тритикале та твердого залишку мучки гороху

Для удосконалення безвідходної технології переробки сільськогосподарської сировини необхідно було визначити можливість біотехнологічної переробки її за допомогою гідролізного комплексу дріжджів.

жів *S. cerevisiae*. На першому етапі досліджень вивчали специфічність дії ферментних препаратів із надосадкової рідини після вирощування дріжджів на різних субстратах. З'ясовано, що вони розрізняються за складом ферментативного комплексу. В якості субстратів використовували розчини ферментолізатів, у які додавали клейстеризований крохмаль (глюкан) із зерна тритикале у кількості 1 % та 1 % твердого залишку після гідролізу і ферментолізу. Клейстеризацію крохмалю із зерна тритикале здійснювали при  $t = 50 - 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Відомо, що при термічній обробці зернової сировини ( $55 - 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) зерна крохмалю набрякають, розпадаються і утворюють колоїдний розчин, тобто, набрякання крохмалю йде одночасно з клейстеризацією [12]. В ході експерименту вивчали накопичення продуктів гідролізу за вмістом відновлюваних цукрів через 24 год після початку процесу. З'ясовано, що додавання високовуглеводної сировини (оболонок, висівок) у культуральне середовище при вирощуванні дріжджів викликає збільшення утворення гідролаз, які мають найбільшу активність по відношенню до вказаних субстратів (рис.1). При введенні мучки сої, гороху, в яких залишається значна кількість білкових речовин, утворюються гідролази, здатні до перетворення білкових речовин на амінокислоти, що й підтверджується підвищенням вмісту амінного азоту, який визначали в цих ферментолізатах за Лоурі.

При дослідженні гідролітичної здатності суспензії дріжджових клітин *S. cerevisiae* для порівняння використовували ферментні препарати: амілосубтилін та целовіридин. «Амілосубтилін ГЗх» містить нейтральну амілазу, слаболужну і нейтральну протеазу, глюконазу та ін. ферменти. Препарат стандартизовано згідно з ОСТУ 59-9-72 за амілолітичною активністю (АС 600 ед. на 1 г препарату). Комплекс ферментів, наявних у препараті (ксіланаза,  $\beta$ -глюконаза, целюлаза, протеаза), дозволяє розщеплювати не тільки вуглеводні зв'язки, але й глюкопротеїдні, що забезпечує більш повну деградацію сировини. Ферментний препарат «Целовіридин Г 20х» містить комплекс ферментів, що гідролізують некрохмалисті полісахариди рослинної сировини. Оптимальна дія ферментного препарату «Целовіридин» проявляється при температурі  $50 \pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  і значеннях рН  $5,0 \pm 0,5$ . Целюлітичними ферментами розщеплюється також основний ланцюг геміцелюлоз  $\alpha$ -D-ксило- $\beta$ -D-глюкана, бічні ланцюги відщепляють глюкозидази. При цьому необхідно відзначити, що швидкість гідролізу під дією целовіридину зростала досить швидко і накопичення мономерів було більш активним. У ферментолізати дріжджів перейшов комплекс гідролітичних ферментів, зокрема, виявлені інвертазна й мальтазна активності.

Отримані дані можна використати для покращення технології післязбиральної обробки зернових культур під час лущення зерна, оскільки ферментні комплекси *S. cerevisiae* здатні до розрихлення оболонок зернової сировини, а невисока температура обробки дозволяє зберегти всі біологічно активні компоненти сировини. Крім того, завдяки біотехнологічній обробці відходів переробки зернових виробництв (висівок, оболонок, мучки) можна отримати препарати із підвищеним вмістом біологічно активних речовин: ферментів, амінокислот, вітамінів, вуглеводів, які можуть бути використані як БАД.

Таким чином, намічені напрями удосконалення технології комплексної переробки відходів зернової промисловості за допомогою комплексу гідролаз дріжджів *S. cerevisiae*, які дозволять більш повно використовувати широкий спектр рослинної сировини.

### Література

1. Черно Н.К. Пищевые волокна: состав, свойства, технология производства: Дис. док. техн. наук. – Одесса, 1990. – 250 с.
2. Иванова И.С. Разработка технологии биологически активной добавки к пище в виде белково-углеводного концентрата из биомассы хлебопекарных дрожжей: автореф. дис... канд. техн. наук. – М., 2003.
3. Капельянец Л.В., Юргачова К.Г. Функциональные продукты. – О.: Б.И., 2003. – 312 с.
4. Пробиотики + Пребиотики = двойной результат <http://www.rusprodimport.ru/?mod=articledetail&id=5>
5. Ахмадышин Равиль Айратович. Получение энтеросорбента микотоксинов из дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* : дисс. ... канд. техн. наук : 03.00.23 Всерос. науч.-исслед. и технол. ин-т биол. пром-сти. – Щёлково, 2008. – 163 с.
6. Иванова И.С. Разработка технологии биологически активной добавки к пище в виде белково-углеводного концентрата из биомассы хлебопекарных дрожжей: автореф. дис... канд. техн. наук. – М., 2003.
7. Доценко О.Н., Садова В. В. Функционально-технологические характеристики белкового продукта дрожжевой биомассы // Известия вузов. Пищевые технологии. 2002. – №2.
8. Юскина Ольга Николаевна. Разработка биотехнологического способа получения препарата белка из биомассы дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* на основе направленного гидролиза клеточных стенок : дисс. ... канд. биол. наук : 03.00.23 Всероссийский научно-исследовательский и технологический институт биологической промышленности. – Кашинцево, 2008. – 190 с.

9. Синицкая Наталья Сергеевна. Нуклеопротеиновые комплексы дрожжей : Получение и характеристика: дисс. ... канд. биол. наук : 03.00.23. – Санкт-Петербург, 2000. – 132 с.
10. Римарева Л.В., Оверченко М.Б., Серб Е.М., Игнатова Н.И., Туляков Т.В., Фурсова Н.А., Пасхин А.В. Использование комплексного препарата Амилопротооризин КФПА для ферментативного гидролиза дрожжевой биомассы // Хранение и переработка сельхозсырья. 2002. – № 1.
11. Бутова С.Н. Биотехнологическая деградация отходов растительного сырья. – М.: Россельхозакадемия, 2004.
12. Сушкова В.И., Баранова А.В. Исследование оптимальных параметров процесса сернокислотного гидролиза некондиционного зерна// Химическая технология. 2004. – № 1.
13. Сушкова В.И. Оптимизация режимов переработки водной пульпы отрубей на кормовую белковую добавку// Кормопроизводство. 2004. – № 2.
14. Безотходная конверсия растительного сырья в биологически активные вещества. Сушкова В.И., Воробьева Г.И. – Киров, 2007. – 204 с.

УДК 620.95-611

## КЛАСИФІКАЦІЯ І ХАРАКТЕРИСТИКА ТВЕРДИХ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВІДНОВЛЮВАНИХ ВИДІВ БІОЛОГІЧНОГО ПАЛИВА

Бордун Т.В., канд. техн. наук, доцент

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

*У матеріалах статті показано високу привабливість використання біомаси, особливо рослинного походження, для виробництва твердого біопалива (гранул та брикетів). Здійснено спробу класифікувати тверді види біопалива в залежності від виду рослинної сировини, форми випуску, способу пресування і призначення. Наведено деякі європейські стандарти якості на паливні гранули і брикети.*

*In the materials is demonstrated that high attractiveness of biomass, especially of plant origin for the production of solid biofuels (pellets and briquettes). An attempt to classify solid biofuels, depending on the type of plant material, release forms, compression method and purpose. Shows some European quality standards for pellets and briquettes.*

Ключові слова: відновлювані джерела, рослинна сировина, біомаса, біопаливо, класифікація, технологія, гранули, брикети, стандарти якості.

Енергетична проблема дедалі гостріше постає перед людством усього світу. Вона виникла не сьогодні, але вирішувати її потрібно саме зараз. Розвиток сучасних технологій не дозволяє позбутися залежності від невідновлюваних джерел енергії, краще, навпаки, сприяє планомірному залученню до процесу суспільного виробництва значної частки цих ресурсів, що залишилися у розпорядженні людини [1]. На сьогоднішній день внесок відновлюваних джерел енергії в енергобаланс країни становить лише 2,7 %, з яких 2 % – гідроенергетика, біомаса 0,5 % та ін. Згідно з програмою Європейського Співтовариства передбачається, що до 2015 року 12 % енергії має виходити за рахунок відновлюваного палива, в т. ч. 5,5 % – з твердої біомаси. При цьому частка біопалива зростає до 74 % загального вкладу відновлюваних джерел енергії [2].

Відповідно до Закону України «Про альтернативні види палива» № 1391-XIV від 14.01.2000 року біологічні види палива (біопаливо) – тверде, рідке і газоподібне паливо, виготовлене з біологічно відновлюваної сировини (біомаси), яке може використовуватися як самостійне паливо або як компонент інших видів палива [3]. Біопаливо в усьому світі, і в тому числі, й в Україні класифікують за його агрегатним станом на тверде, рідке і газоподібне (рис. 1).

Метою наших досліджень стало вивчення саме твердих видів біопалива і перспективи їх виробництва на території України.

З урахуванням аналізу ринку, а також на основі вивчення й узагальнення літературних, патентних та інтернет джерел, нами була запропонована класифікація твердих видів біопалива в залежності від виду рослинної сировини, форми випуску, способу пресування і призначення (рис. 2).

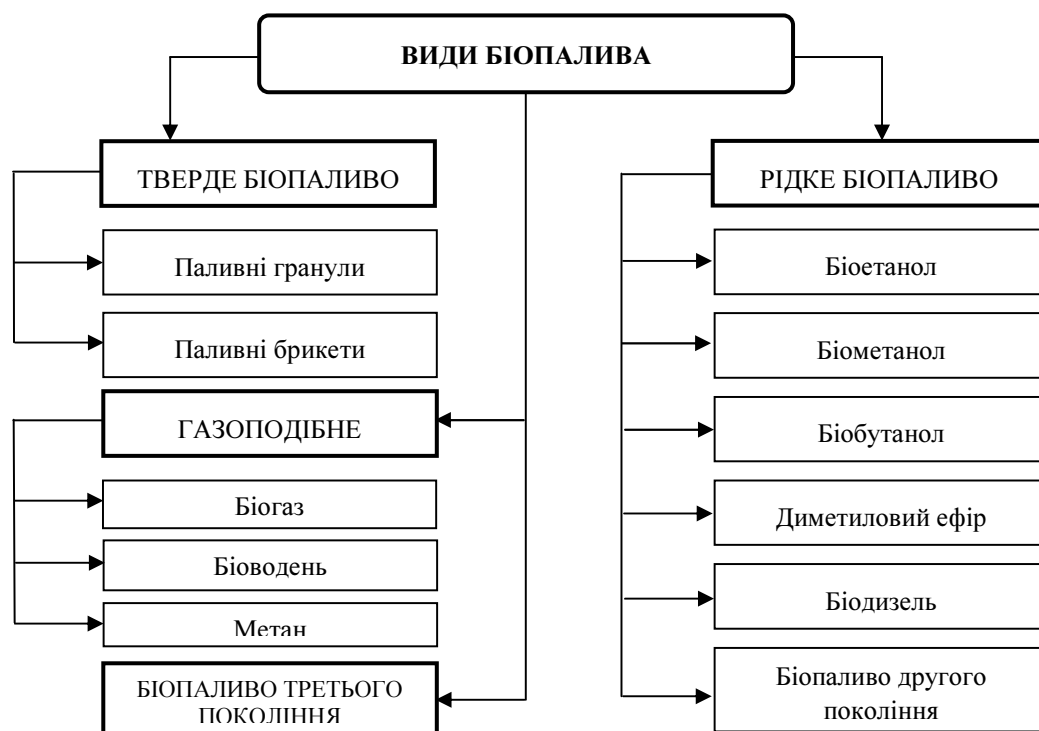


Рис. 1 – Класифікація біопалива за агрегатним станом

Залежно від виду рослинної сировини тверде біопаливо можна одержувати з відходів і побічних продуктів переробки деревини (стружка і тирса без кори, відходи з корою, кора, відходи виробництва МДФ, шліфувальний пил, відходи фанерних виробництв тощо), з відходів і побічних продуктів сільськогосподарської сировини (соломи, лушпиння зернових культур, рису, кукурудзи, соняшнику тощо) та з інших видів сировини.

Саме відходи і побічні продукти сільськогосподарської сировини становлять значну частку всієї біомаси і можуть бути значним джерелом палива для більшості сільських регіонів, особливо в регіонах з невеликими лісовими масивами. За оцінками провідних фахівців у сфері біоенергетики, економічний потенціал біомаси становить близько 30 млн тонн у.п./рік, що може забезпечити до 14 % потреби України в первинній енергії, з яких 17 млн тонн у.п. доступні вже сьогодні. Основний потенціал становлять відходи сільського господарства – солома пшениці та ріпаку, стебла і качани кукурудзи, лушпиння соняшнику та ін. Потенціал деревної біомаси – близько 1,63 млн. тонн у.п., що в 7 разів менше потенціалу сільськогосподарських відходів. Ці види сировини мають ряд переваг: вони є одним з найдешевших відновлюваних джерел енергії, мають високі енергетичні характеристики, і при спалюванні твердого біопалива, одержаного з відходів і побічних продуктів сільськогосподарської сировини, утворюється значно менша кількість шкідливих викидів, наприклад, в атмосферу виділяється рівно стільки  $\text{CO}_2$ , скільки було поглинуто рослиною під час її росту [4].

Залежно від форми випуску тверде біопаливо поділяється на паливні гранули (пелети) і паливні брикети. Невід'ємним складником, який впливає на форму випуску гранул і брикетів, є спосіб пресування. В залежності від способу пресування розрізняють: гранулювання, як спосіб виробництва гранул (пелет) та гідравлічне, ударно-механічне і шнекове (або екструдерне) пресування, як спосіб виробництва брикетів.

Паливні гранули (пелети) – біопаливо, що отримують з відходів і побічних продуктів переробки деревини, сільськогосподарської сировини та інших видів рослинної біомаси шляхом гранулювання після висушування і подрібнення. Являють собою циліндричні гранули правильної форми різних розмірів.

Гранули відрізняються від звичайної сировини більш низькою вологістю (8 – 12 % води проти 30 – 50 % у дровах) і вищою – приблизно в 1,5 – 2 рази – щільністю. Ці якості забезпечують високу теплотворну здатність у порівнянні з вихідною сировиною. Основні властивості пелет:

— одна тонна пелет при спалюванні виділяє таку саму кількість енергії, як 1600 кг дров, 685 л мазуту, 500 л дизельного палива, 480  $\text{м}^3$  газу;

— теплотворна здатність пелет у порівнянні з вугіллям становить 4,3 – 4,7 кВт/кг, (в 1,5 разу більше, ніж у деревини);

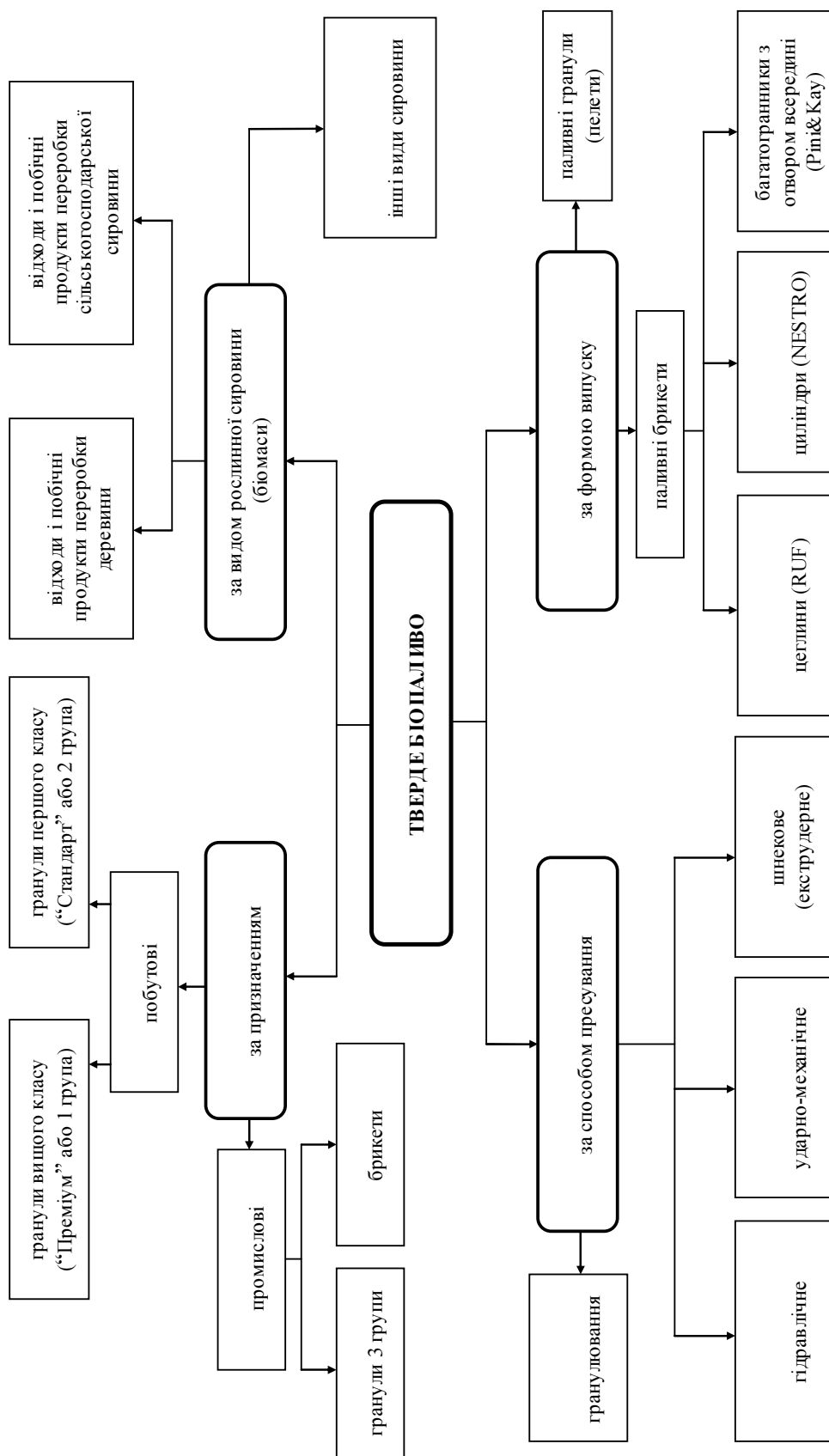


Рис. 2 – Класифікація твердого біопалива

— конструктивні особливості печей дозволяють автоматизувати процес отримання необхідної кількості теплової енергії;

— горіння пелет у топці котла більш ефективно: залишки (зола) не перевищують 0,5 – 1,0 % від загального обсягу використовуваних гранул;

— при спалюванні гранули не мають негативного впливу на навколишнє середовище;

— пелети не містять прихованих пор, схильних до самозаймання при підвищенні температури [5].

Паливні брикети – екологічно чистий продукт, який виробляють без хімічних добавок і склеювальних речовин з натуральних, не оброблених ніякими хімічними препаратами відходів і побічних продуктів переробки деревини, сільськогосподарської сировини та інших видів рослинної біомаси шляхом пресування. Теплотворна здатність брикетів становить 4,5 – 5 кВт/кг.

Брикети мають широке застосування і можуть використовуватися для всіх видів топок, котлів центрального опалення, відмінно горять у камінах і печах, грилях тощо. Великою перевагою брикетів є стабільність температури при згорянні протягом 4 годин.

Брикети ущільнені в 4 – 12 разів, у результаті чого зменшується площа складування. Брикети легше подавати в камеру топки в порівнянні з дровами і вугіллям. Вони добре розпалюються, горять довго і рівномірно. Згоряння брикетів відбувається більш ефективно: кількість залишків (золи) не перевищує 0,5 – 8,0 % від загального обсягу використаного палива (зольність деяких сортів вугілля досягає 30 – 40 %), а зола може використовуватись як калійне добриво. При спалюванні брикети не спричиняють негативного впливу на навколишнє середовище й атмосферу опалювального приміщення. При горінні не поширюють неприємного запаху, не стріляють і не іскрять, практично не виділяють диму, кіптяви, чадного газу та інших шкідливих речовин, на відміну від дров чи вугілля [6].

В залежності від способу пресування та форми випуску брикети класифікують на три види: у вигляді цеглини (RUF) – одержані способом гідравлічного пресування, циліндричної форми (NESTRO) – одержані способом ударно-механічного пресування та багатогранники з отвором всередині (Pini&Kay) – одержані способом шнекового (екструдерного) пресування.

Брикети у вигляді цеглини (RUF) мають форму прямокутного паралелепіпеда зі скошеними кутами. Такий брикет одержують шляхом гідравлічного пресування, і його розміри залежать від “пухкості” сировини, з якої він виготовлений, і тиску, який на нього чинився. Обмеження пов’язані з продуктивністю, а також з якістю і фіксованою формою брикету, призводять до того, що брикети RUF в Європі дуже мало використовуються на промисловому ринку, у великих котельнях. Якщо говорити про споживчий ринок, то й тут вони програють за декількома показниками брикетам, які виготовлені ударно-механічним способом, у середньому їх ринкова вартість на 20 % нижча. Також вони не користуються широким попитом і на внутрішньому ринку України [7].

Циліндричні брикети (NESTRO) одержують шляхом пресування на обладнанні ударно-механічного типу. Ці брикети виготовляють з отвором і без отвору всередині діаметром 50 і 80 мм, але можливо формувати змінювати в залежності від застосовуваної насадки. Вони мають нескінченну довжину і можуть бути розділені як на шайби, так і на поліна. Мають дуже високу щільність, користуються великою популярністю в Європі. На внутрішньому ринку України найчастіше використовують кускові брикети, виготовлені за даною технологією, як паливо для твердопаливних котлів [8].

Багатогранники (призма 6 або 8-кутна) з отвором всередині (Pini&Kay) одержують шляхом шнекового пресування за допомогою поєднання високого тиску і термічної обробки в пресах-екструдерах. Такі брикети обов’язково мають отвір всередині та обпалену верхню поверхню. В основі екструзійної технології виробництва брикетів лежить процес пресування шнеком під високим тиском при нагріванні від 200 до 300 °С. Висока температура при пресуванні сприяє оплавленню поверхні брикетів, яка завдяки цьому стає міцною і водонепроникною, що важливо при подальшому зберіганні і транспортуванні брикетів, також знищується вся бактеріальна флора і виходить “мертвий” продукт для паразитів (жуків і мікроорганізмів). Вони користуються попитом у Прибалтиці, Росії, також їх охоче купують такі країни, як Німеччина, Данія, Великобританія, Норвегія, Швеція, Італія [9].

За призначенням тверді види біопалива класифікують на побутові і промислові. До промислових відносять переважно паливні брикети. Паливні гранули (пелети) побутового призначення поділяються на: гранули вищого класу (“Преміум” або 1 група), гранули першого класу (“Стандарт” або 2 група). До гранул 3 групи відносять гранули побутового призначення. Паливні гранули вищого класу повинні містити не більше ніж 1,0 % золи, а гранули першого класу – не більше ніж 3,0 %. У цій класифікації важливе значення приділяють таким показникам, як теплотворна здатність, діаметр, довжина, щільність, вміст пилу, об’ємна маса, вологість, масова частка шкідливих речовин і вміст зв’язувальних речовин.

У різних країнах прийнято різні стандарти на виробництво паливних гранул і паливних брикетів. У 1996 році в Німеччині вперше були сертифіковані гранули з відходів переробки деревини – стандарт DIN 51731. В Австрії діє стандарт ONORM M 7135, але у зв’язку з приходом на ринок низькосортних гранул,

виготовлених в основному за кордоном, з весни 2002 року на гранули в Німеччині отримують новий сертифікат DIN plus, у якому поєднано вимоги німецького та австрійського стандартів. У Великобританії – The British Biogen Code of Practice for biofuel (pellets), у Швейцарії – SN 166000, а у Швеції – SS 187120 [5]. Вимоги до якості паливних гранул і паливних брикетів у відповідності до європейських стандартів наведено в табл. 1, 2 [5].

**Таблиця 1 – Деякі європейські стандарти якості на паливні гранули (пелети)**

| Показники                                     | DIN 51731<br>Німеччина | ONORM<br>M 7135<br>Австрія | DIN plus<br>Німеччина | SS 187120<br>Швеція |         |         |
|-----------------------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------|---------|---------|
|                                               |                        |                            |                       | 1 група             | 2 група | 3 група |
| Діаметр, мм                                   | 4-10                   | 4-10                       | 4-10                  | ≤ 25                | ≤ 25    | ≤ 25    |
| Довжина, мм, не більше                        | 50                     | 5d                         | 5d                    | 4d                  | 5d      | 5d      |
| Щільність, кг/м <sup>3</sup> ,<br>не менше    | 1,0-1,4                | 1,12                       | 1,12                  | н/в                 | н/в     | н/в     |
| Вологість, %, не більше                       | 12,0                   | 10,0                       | 10,0                  | 10,0                | 10,0    | 12,0    |
| Об'ємна маса, кг/м <sup>3</sup> ,<br>не менше | 650,0                  | 650,0                      | 650,0                 | 500                 | 500     | 500     |
| Вміст пилу, %, не більше                      | 5,0                    | 2,3                        | 2,5                   | н/в                 | н/в     | н/в     |
| Зольність, %, не більше                       | 1,5                    | 0,5                        | 0,5                   | 0,7                 | 1,5     | 1,5     |
| Теплотворна здатність,<br>МДж, не менше       | 17,5-19,5              | 18,0                       | 18,0                  | 16,9                | 16,9    | 15,1    |
| Масова частка, %, не більше: сірки            | 0,08                   | 0,04                       | 0,04                  | 0,08                | 0,08    | н/в     |
| азоту                                         | 0,30                   | 0,30                       | 0,30                  | н/в                 | н/в     | н/в     |
| хлору                                         | 0,03                   | 0,02                       | 0,02                  | 0,03                | 0,03    | н/в     |
| миш'яку                                       | 0,80                   | н/в                        | 0,80                  | н/в                 | н/в     | н/в     |
| свинцю                                        | 10,00                  | н/в                        | 10,00                 | н/в                 | н/в     | н/в     |
| кадмію                                        | 0,50                   | н/в                        | 0,50                  | н/в                 | н/в     | н/в     |
| хрому                                         | 8,00                   | н/в                        | 8,00                  | н/в                 | н/в     | н/в     |
| міді                                          | 5,00                   | н/в                        | 5,00                  | н/в                 | н/в     | н/в     |
| ртуті                                         | 0,05                   | н/в                        | 0,05                  | н/в                 | н/в     | н/в     |
| цинку                                         | 100,00                 | н/в                        | 100,00                | н/в                 | н/в     | н/в     |
| Вміст зв'язувальних речовин, %, не більше     | н/в                    | 2,0                        | 2,0                   | н/в                 | н/в     | н/в     |

Примітка: н/в – не визначається

В Україні національних стандартів на паливні гранули та паливні брикети поки що не існує. А оскільки основна частка виробленого твердого біопалива іде на експорт, то виробники дотримуються вимог до якості країни-експортера. Проте, необхідно зазначити, що Західна Європа на сьогоднішній день має великий дефіцит у біопаливі, а це означає, що вимоги до якості мінімальні. На перше місце виходять критерії стабільності поставок. Отже, при виробництві твердого біопалива є сенс тимчасово орієнтуватися не на ті чи інші стандарти, а на вимоги конкретних покупців і на технічні можливості підприємств.

Таким чином, процес виробництва твердого біопалива залежить від ряду факторів, таких як наявність сировинної бази, ефективність технологій виготовлення готової продукції (паливних гранул і брикетів), ринку реалізації, державного регулювання та підтримки. Адже виробництво біопалива є достатньо специфічним виробництвом, оскільки одним із основних завдань, покладених на нього, є підвищення екологічної безпеки країни і світу в цілому.

Таблиця 2 – Деякі європейські стандарти якості на паливні брикети

| Показники                                  | ONORM7135           |                 | SS18 71 21              |                 |         | SS18 71 21           |         |         |      |     |
|--------------------------------------------|---------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|---------|----------------------|---------|---------|------|-----|
|                                            | брикети із деревини | брикети із кори | група 1                 | група 2         | група 3 | 5 класів за розміром |         |         |      |     |
| Діаметр, мм                                | 20-120              | 20-120          | min 25                  | min 25          | min 25  | HP1                  | HP2     | HP3     | HP4  | HP5 |
| Довжина, мм                                | max 400             | max 400         | > 1/2 діаметра, max 300 | min 10, max 100 | –       | >300                 | 150-300 | 100-150 | <100 | <50 |
| Об'ємна маса, кг/м <sup>3</sup> , не менше | –                   | –               | 550,0                   | 450,0           | 450,0   | –                    |         |         |      |     |
| Вміст пилу, %, не більше                   | 15                  | –               | 8                       | 10              | > 10    | –                    |         |         |      |     |
| Вологість, %, не більше                    | 12,0                | 18,0            | 12,0                    | 12,0            | 15,0    | 12,0                 |         |         |      |     |
| Зольність, %, не більше                    | 0,5                 | 6,0             | 1,5                     | 1,5             | –       | 1,5                  |         |         |      |     |
| Теплотворна здатність, МДж, не менше       | 18,0                | 18,0            | 16,2                    | 16,2            | –       | 17,5-19,5            |         |         |      |     |
| Масова частка, %, не більше: сірки         | 0,04                | 0,08            | 0,08                    | 0,08            | –       | 0,08                 |         |         |      |     |
| азоту                                      | 0,30                | 0,60            | –                       | –               | –       | 0,30                 |         |         |      |     |
| хлору                                      | 0,02                | 0,04            | 0,03                    | 0,03            | –       | 0,03                 |         |         |      |     |
| кадмію                                     | –                   | –               | –                       | –               | –       | 0,50                 |         |         |      |     |
| хрому                                      | –                   | –               | –                       | –               | –       | 8,00                 |         |         |      |     |
| ртуті                                      | –                   | –               | –                       | –               | –       | 0,05                 |         |         |      |     |
| цинку                                      | –                   | –               | –                       | –               | –       | 100,00               |         |         |      |     |
| Вміст зв'язувальних речовин, %, не більше  | 2,0                 |                 | –                       | –               | –       | –                    |         |         |      |     |

## Література

1. Лук'янихіна О.А. Визначення напрямків розвитку альтернативної енергетики у контексті виробництва біопалива [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://essuir.sumdu.edu.ua/>
2. Зінчук Т.О. Еколого-економічні аспекти розвитку біоенергетики в ЄС: нові тенденції та перспективи для України [Текст] / Т.О. Зінчук // Вісн. ДАУ. – 2007. – №1. – С. 233 – 245.
3. Законодавство України / Закон України “Про альтернативні види палива” № 1391-XIV від 14.01.2000 року [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/>
4. Ключ С.В. Оценка и прогноз потенциала твердого биотоплива Украины [Електронний ресурс] / С.В. Ключ, Г.Н. Забарный // Компрессорное и энергетическое машиностроение. – 2011. – № 2. – С. 8 – 13.
5. Топливная гранула: Россия, Беларусь, Украина [Текст]: Справочник / сост. А.Д. Овсянко. – С.Пб.: Биотопл. портал Wood-Pellets.com, 2007. – 182 с.
6. Древесные топливные брикеты – евродрова [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://novotop.ru>.
7. Гидравлический пресс RUF [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://bioresurs.com/press/ruf.php>
8. Пресс C.F. Nielsen [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://bioresurs.com/press/nielsen.php>
9. Шнековое прессование [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://bioresurs.com/press/pinikay.php>



## СПОСОБИ ПОЛІПШЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

Осадчук П. І. канд. тех. наук, доцент  
Одеський державний аграрний університет, м. Одеса  
Кудашев С. М. канд. тех. наук, ст. наук. спів.

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

*У статті проаналізовано якість біопалива та наведено порівняльну характеристику дизельного палива, біопалива та композитного палива, у результаті чого зроблено висновок про перспективи використання композитного палива.*

*In the article quality of biopropellant is analysed and comparative description of fuel-oil, biopropellant and composite fuel is resulted. A conclusion is as a result done about the prospects of the use of composite fuel.*

Ключові слова: дизельне паливо, біопаливо, композитне паливо, метилові ефіри, рослинні олії.

Синтезовані на сьогодні метилові ефіри рослинних олій (в основному, ріпакової олії) не відповідають деяким вимогам технічних умов до дизельних палив. Таке біопаливо не співпадає з нафтовим дизельним паливом за такими фізико-хімічними характеристиками, як в'язкість, щільність, фракційний склад, кислотне і йодне число, низькотемпературні властивості. Тому на сучасному етапі біопаливо використовується тільки в якості компонента дизельного палива. Так, відповідно до ГОСТ Р 52368-2005 дозволяється добавка до нафтового дизельного палива не більше 5 % (об.) біопалива.

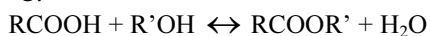
Істотним недоліком сумішей нафтового і біодизельного палив є наявність в їхньому складі вуглеводнів нафти, спалювання яких призводить до значного забруднення навколишнього середовища. Крім того, наявність дизельних нафтових фракцій визначає схильність цих палив до утворення парафінів при низьких температурах. Це погіршує їхні низькотемпературні характеристики, що призводить до необхідності застосування депресорних присадок.

Застосування нафтових фракцій обумовлено тим, що до складу біопалива входять тільки висококиплячі складні ефіри метилового спирту і високомолекулярних аліфатичних ненасичених кислот. А для дизельних двигунів оптимальним є використання палив із широким фракційним і груповим складом.

Створення складу рідкого палива для дизельних двигунів із широким фракційним і груповим складом на основі біодизельного палива можливе при додаванні складних ефірів органічних аліфатичних кислот і спиртів меншою молекулярної маси. Фізико-хімічні властивості такої суміші будуть еквівалентні фізико-хімічними властивостями нафтового дизельного палива. При цьому композитне паливо нового складу не міститиме нафтових компонентів, а тому не буде спостерігатися погіршення екологічних характеристик [1].

Складні ефіри меншої молекулярної маси можна отримати етерифікацією аліфатичних кислот меншої молекулярної маси, що містять від чотирьох до семи атомів вуглецю, спиртів, що містять від п'яти до десяти атомів вуглецю.

Етерифікація протікає у водному середовищі в присутності сірчаної кислоти при температурі 100 – 105 °С.



Реакція зворотна, для зрушення рівноваги в бік утворення складних ефірів, вода, що утворюється, відганяється і уловлюється в пастці.

Для створення композитного палива можна використовувати такі складні ефіри:

- октиловий ефір масляної кислоти  $\text{C}_3\text{H}_7\text{COOC}_8\text{H}_{17}$ ;
- гептиловий ефір валеріанової кислоти  $\text{C}_4\text{H}_9\text{COOC}_7\text{H}_{15}$ ;
- ноніловий ефір валеріанової кислоти  $\text{C}_4\text{H}_9\text{COOC}_9\text{H}_{19}$ ;
- ноніловий ефір капронової кислоти  $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{COOC}_9\text{H}_{19}$ ;
- ізоаміловий ефір масляної кислоти  $\text{C}_4\text{H}_9\text{COOC}_5\text{H}_{11}$ .

Спирти і кислоти для синтезу можна одержувати синтетичним шляхом із вуглеводнів та їхніх функціональних похідних, а можна і з відновлюваної рослинної сировини. Таку кислоту, як масляна, можна отримати з крохмалю, цукру, гліцерину при різних бактеріальних процесах бродіння (*Bacterium butylicus*, *Granulobacter*). Ці процеси використовуються в промислових масштабах. Валеріанова кислота утворюється поряд із іншими жирними кислотами при окисненні стеаринової кислоти і касторової олії. Капронова кислота утворюється при маслянокислому бродінні цукру.

Ізоаміловий спирт є однією з основних частин сивушних масел (джерелом його утворення в процесі бродіння є амінокислота лейцин, що входить до складу білків). Складні ефіри октилового спирту виявлені в ефірних маслах різних видів *Neoraspum*, а ефіри нонілового спирту – в олії шкірок помаранчів.

У таблиці 1 наводяться значення фізико-хімічних характеристик нафтового дизельного палива (ДП), метилових ефірів ріпакової олії (біопаливо) і композитного палива, що складається з 50 % (об.) біопалива (метилові ефіри ріпакової олії) і 50 % (об.) суміші синтетичних ефірів [1].

Таблиця 1 – Фізико-хімічні характеристики палив

| Показники                                           | ДП            | Біопаливо | Композитне паливо |
|-----------------------------------------------------|---------------|-----------|-------------------|
| Щільність при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>              | 820 – 860     | 870       | 864               |
| Кінематична в'язкість при 20 °С, мм <sup>2</sup> /с | 1,8 – 6,0     | 7,8       | 4,1               |
| Цетанове число                                      | не менше 45   | 52        | 53                |
| Температура, °С:                                    |               |           |                   |
| – спалах                                            | 35 – 80       | 130       | 60                |
| – помутніння                                        | от –1 до –10  | –3        | –9                |
| – застигання                                        | от –10 до –20 | –9        | –21               |
| Фракційний склад, °С:                               |               |           |                   |
| – температура початку кипіння                       | 170 – 200     | 315       | 172               |
| – температура перегонки 50 %                        | 270 – 280     | 346       | 279               |
| – температура перегонки 96 %                        | 320 – 360     | 347       | 320               |
| – температура кінця кипіння                         | 360 – 380     | 348       | 340               |
| Кислотне число, мг КОН/г                            | не більш 0,2  | 0,46      | 0,22              |
| Зольність, %                                        | не більш 0,01 | 0,01      | 0,006             |
| Наявність води, %                                   | відсутня      |           |                   |
| Випробування на мідній пластині                     | витримує      |           |                   |
| Наявність водорозчинних кислот і лугів              | відсутня      |           |                   |

Як видно з отриманих даних, композитне паливо, яке не містить нафтопродуктів, відповідає товарному літньому дизельному паливу практично за всіма параметрами, в тому числі і за температурами помутніння і застигання, що виключає необхідність використання депресорних присадок.

Крім того, екологічні характеристики пропонованого палива кращі, ніж товарного дизельного палива або біопалива (табл. 2).

Порівняльні моторні випробування проводилися на тракторному дизелі 4С11/12, 5 (Д-243) в штатній комплектації. Всі системи і механізми двигуна були перевірені і відрегульовані у відповідності з інструкцією по експлуатації тракторів МТЗ-80/82.

Як видно з отриманих даних, вміст оксиду вуглецю (II) і вуглеводнів, а також димність у вихлопних газах мають найнижчі показники при роботі двигуна на композитному паливі [1].

Використання рідкого палива на основі біопалива дозволяє зберегти природний енергетичний баланс. Рослинна сировина в природних умовах засвоюється аеробними організмами – при цьому біогенному процесі виділяється певна кількість енергії, так само як у процесі техногенного окислення, в тому числі спалювання палива у двигуні.

У роботах І.Б. Груднікова зі співробітниками на прикладі окислення бітумів показано, що, незважаючи на істотне розходження природи біогенних і техногенних процесів окислення, для оцінки енергії цих процесів успішно використовується однаковий підхід: віднесення кількості виділеної енергії до кількості спожитого в процесі кисню.

У відповідності з розрахунком теплота окислення триолеїна (його формулу можна вважати еквівалентною формулі рослинної олії) становить 4,70 ккал на 1 літр спожитого кисню [2].

Нами було розраховано теплоти згорання продуктів алкоголізу рослинних олій - метилових ефірів вищих жирних кислот і вони склали 4,67 ккал на 1 літр спожитого кисню. Таким чином, теплоти, що виділяються при аеробному метаболізмі рослинної сировини і при використанні продуктів переробки рослинної сировини в якості біопалива, у розрахунку на 1 літр споживаного кисню, практично однакові, що відповідає концепції єдності законів природи.

Таблиця 2 – Екологічні показники двигуна Д-243 при роботі на різних видах палива (навантаження номінальна)

| Зміст у вихлопних газів, % | Види палива                |             |            |
|----------------------------|----------------------------|-------------|------------|
|                            | Дизельне                   | біодизельне | композитне |
|                            | $n = 1400 \text{ хв}^{-1}$ |             |            |
| Оксид вуглецю (II)         | 0,22                       | 0,25        | 0,13       |
| Вуглеводні                 | 0,0012                     | 0,0015      | 0,001      |
| Димність                   | 29,3                       | 32,2        | 23,3       |
|                            | $n = 1600 \text{ хв}^{-1}$ |             |            |
| Оксид вуглецю (II)         | 0,41                       | 0,44        | 0,32       |
| Вуглеводні                 | 0,0013                     | 0,0015      | 0,001      |
| Димність                   | 53,7                       | 56,3        | 43,5       |
|                            | $n = 1800 \text{ хв}^{-1}$ |             |            |
| Оксид вуглецю (II)         | 0,52                       | 0,55        | 0,42       |
| Вуглеводні                 | 0,0014                     | 0,0016      | 0,001      |
| Димність                   | 67,5                       | 70,5        | 56,3       |
|                            | $n = 2000 \text{ хв}^{-1}$ |             |            |
| Оксид вуглецю (II)         | 0,57                       | 0,6         | 0,44       |
| Вуглеводні                 | 0,0015                     | 0,0018      | 0,0011     |
| Димність                   | 73,5                       | 76,4        | 63,3       |
|                            | $n = 2200 \text{ хв}^{-1}$ |             |            |
| Оксид вуглецю (II)         | 0,62                       | 0,63        | 0,46       |
| Вуглеводні                 | 0,0017                     | 0,002       | 0,0011     |
| Димність                   | 76,0                       | 79,1        | 65,1       |

Використання палива композитного складу дозволяє створювати технології з високими природоохоронними характеристиками за рахунок виключення застосування токсичних речовин нафтового походження, зменшувати шкідливий вплив мобільної енергетики на довкілля, вплинути на розширення сировинної енергетичної бази.

#### Література

1. Пат. 2374302 Російська Федерація, С10L 1/18. Склад рідкого палива / С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, О.В. Матвеев, А.П. Лікутіна, І.А. Рязанцева. – Бюл. винаходів. – 2009. – № 33.
2. Грудника, І.Б. Про оцінку енергії процесів окислення в техногенних і біогенних системах / І.Б. Грудника, Є.І. Грегор // Хімія і технологія палив і олив, – 2006. – № 6. – С. 36-37.

УДК 62229.316.0002.51

## ВИКОРИСТАННЯ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ ОЛІЇ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНЕ ПАЛИВО

Осадчук П.І. канд. тех. наук, доцент

Одеський державний аграрний університет, м. Одеса

Кудашев С.М. канд. тех. наук, ст. наук. спів.

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

У статті наводиться аналіз дослідів відомих фірм Америки та Європи відносно роботи двигунів на біодизельному паливі. Аналізуються позитивні та негативні боки впливу біодизельного пального на експлуатаційні режими двигунів.

*In the article the analysis of experiments of the known firms of America and Europe is pointed in relation to work of engines on a biodiesel fuel. The positive and negative sides of influence of biodiesel fuel are analysed on the operating modes of engines.*

Ключові слова: біодизельне паливо, фракційний склад, рослинні олії, метилові ефіри.

Фізико-хімічні показники біодизельного палива більшою мірою відповідають товарному нафтовому дизельному паливу, у порівнянні з характеристиками рослинних олій.

Починаючи з 1997 р., в Америці та країнах Європи з'явилися стандарти на біодизельне паливо, куди увійшли фізико-хімічні показники, які визначають якість метилових ефірів рослинних олій (МЕРО), що використовуються не тільки як самостійний вид палива, але й як компонент сумішевого палива (наприклад, в суміші з нафтовим дизпаливом (ДП)).

Оскільки жирно-кислотний склад ефірів рослинних олій може дещо варіюватися, то й характеристики біодизельного палива можуть змінюватися. У таблиці 1 представлено усереднені характеристики біодизельного палива, отриманого з різних олій та вимоги до МЕРО за стандартами DIN EN 14214 і за ГОСТ 395-82.

**Таблиця 1 – Фізико-хімічні показники палив**

| Параметри                                             | DIN EN 14214    | Ефір со-<br>няшничко-<br>вої олії | Ефір ку-<br>рудзяної<br>олії | Ефір ра-<br>псової<br>олії | Ефір<br>льняної<br>олії | ДП літнє (зимове)<br>ГОСТ 305-82 |
|-------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Цетанове число                                        | не нижче<br>51  | 53                                | 52                           | 53                         | 53                      | не нижче 45                      |
| Щільність 15 °С,<br>кг·м <sup>-3</sup>                | 860 – 900       | 878                               | 880                          | 883                        | 875                     | н/н                              |
| Щільність 20 °С,<br>кг·м <sup>-3</sup>                | н/н             | 872                               | 874                          | 876                        | 870                     | 860 (840)                        |
| В'язкість, 40 °С,<br>мм <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | 3,5 – 5,0       | 4,0                               | 4,1                          | 5,3                        | 5,0                     | н/н                              |
| В'язкість, 20 °С,<br>мм <sup>2</sup> ·с <sup>-1</sup> | н/н             | 6,1 – 7,1                         | 6,4 – 7,4                    | 8,0 – 8,6                  | 7,7 – 8,0               | 3,0 – 6,0 (1,8 – 5,0)            |
| Температура<br>застигання, °С                         | не > –20        | –19                               | –19                          | –20                        | –18                     | Не > – 10 (–35)                  |
| Температура<br>помутніння, °С                         | н/н             | –13                               | –                            | –15                        | –                       | не вище – 5 (–25)                |
| Температура спа-<br>лаху,<br>°С                       | не нижче<br>120 | 149                               | 152                          | 161                        | 153                     | не нижче 40 (35)                 |
| Зміст сірки, мг·кг <sup>-1</sup>                      | не > 10         | 7,9                               | 8,5                          | 5,7                        | 6,7                     | не > 2000 (0,2 %)                |
| Зміст води, мг·кг <sup>-1</sup>                       | не > 500        | 315                               | 328                          | 325                        | 305                     | відсутнє                         |
| Зміст мехдомішок,<br>мг·кг <sup>-1</sup>              | не > 24         | 11,38                             | 13,25                        | 12,75                      | 11,24                   | відсутнє                         |
| Зміст метанолу, %                                     | не більш<br>0,2 | 0,03                              | 0,04                         | 0,05                       | 0,004                   | н/н                              |
| Зольність, %                                          | не > 0,02       | 0,015                             | 0,013                        | 0,014                      | 0,012                   | не більш 0,01                    |

Як видно з даних, представлених у таблиці, характеристики одержуваних на сучасному етапі метилових ефірів рослинних олій досить близькі і задовольняють вимогам європейського стандарту, сформульованого для компонента дизельного палива; їхні характеристики набагато ближчі до показників товарного палива, ніж відповідні значення для рослинних масел. Однак за рядом параметрів МЕРО не відповідають вимогам, що пред'являються діючими на сьогодні ГОСТ 305-82 або ГОСТ Р 52368-2005.

Так, цетанове число біодизельного палива вище, ніж вимагає ДСТУ, але не перевищує 55 одиниць (при більш високому Цетановому числі погіршується економічність роботи двигуна і збільшується димність відпрацьованих газів). Таке цетанове число забезпечить м'яку, без «стуку» роботу двигуна.

Щільність і, особливо, в'язкість МЕРО помітно нижча, ніж у рослинних олій, але трохи вища, ніж у товарного дизельного палива. Щільність палива  $\rho$ , кінематична  $\nu$  і динамічна в'язкості  $\mu$ , а також поверхневий натяг  $\sigma$  відносяться до показників палива, які впливають на процеси випаровування, сумішоутворення і згорання.

У Харківському державному політехнічному університеті вивчали вплив відмінностей у рівні  $\rho$ ,  $\nu$ ,  $\mu$  і  $\sigma$  біопалива на характеристики його впорскування, динаміку розвитку паливного факела, дрібності розпилювання та ін [1]. Велика в'язкість продуктів переробки рослинних олій призводить до збільшення дальності паливного факела.

У зв'язку з цим зменшується частка об'ємного сумішоутворення, більша частина пального буде потрапляти на стінки камери згоряння. Крім того, зменшується кут розсіювання паливного факела, збільшується середній діаметр крапель. Зростання поверхневого натягу МЕРО стосовно ДП на 14 % є причиною збільшення неоднорідності розпилювання палива. У зв'язку із зростанням щільності МЕРО по відношенню до ДТ на 6 % збільшиться максимальний тиск пальника, зрушиться у бік збільшення дійсний момент початку впорскування палива.

Проведені розрахунки показали, що використання 100 % МЕРО порівняно з ДП призводить до збільшення середнього діаметра крапель на 14%, при цьому кут розсіювання паливного факела зменшується на 15 %.

При використанні МЕРО в якості палива на випар буде потрібно більше часу, паливо згорить не цілком; збільшиться його витрата; підвищиться інтенсивність нагароутворення.

Фракційний склад палив має дуже важливе експлуатаційне значення, оскільки характеризує його випаровуваність у двигунах і тиск парів при різних температурах, тисках. Паливо для двигунів із запалюванням від іскри повинно мати таку випаровуваність, яка забезпечила б легкий запуск двигуна при низьких температурах, швидкий прогрів двигуна, рівномірний розподіл палива по циліндрах.

Фракційний склад палива також має великий вплив на швидкість його випаровування і створення суміші з повітрям після впорскування.

Якщо рослинні олії при атмосферному тиску закипають при температурі близько 300 °C і розкладаються при нагріванні, то для біодизельного палива можливе визначення фракційного складу, оскільки молекулярна маса ефірів біодизелю практично в три рази менша, ніж у триацілгліцеринів рослинних олій. Однак у середньому їхня маса більша, ніж у компонентів нафтового дизельного палива, тому температури википання 50 % фракцій і, особливо температури початку кипіння у МЕРО вищі, ніж у товарного палива. Відсутність легколетких з'єднань буде ускладнювати запуск двигуна при знижених температурах. У цілому більш важкий фракційний склад біодизеля буде викликати підвищене нагароутворення на деталях двигуна [2].

У біопалив, отриманих при переробці ріпакової і соняшникової олій, починаючи з 20 до 80 % температура разгонки практично постійна. Сумішеві складки поводяться, як дизельне паливо незалежно від концентрацій складових. Все: і ефіри й суміші мають максимально наближені значення кінця перегонки.

Низькотемпературні характеристики біодизеля дозволяють використовувати його без додавання депресорних присадок тільки в якості літнього палива.

Висока температура спалаху робить це паливо більш безпечним при зберіганні, транспортуванні та експлуатації.

Низький вміст сірки покращує екологічні характеристики біодизеля.

Чистота палива оцінюється, насамперед, змістом механічних домішок. ГОСТ 305-82 нормує його як «відсутність», метод випробування – за ГОСТ 6370, показує, що масова частка механічних домішок до 0,005 % (50 мг / кг) включно оцінюється як їхня відсутність. Стандарт DIN EN 14214 жорсткіше нормує цей показник (до 24 мг / кг), цього вимагає конструкція найсучасніших дизельних двигунів. Видно, що МЕРО задовольняють цим вимогам.

Одним з найбільш важливих переваг використання біодизельного палива є зниження викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами. Проведено велику кількість досліджень впливу сумішевих та чистих біодизельних палив на викиди окремих компонентів відпрацьованих газів дизелів. Практично всі дослідники відзначають зниження викидів оксиду вуглецю, вуглеводнів, дисперсних частинок і деяке підвищення викидів оксидів азоту.

За даними Міністерства енергетики США (Department of Energy – DOE) застосування біодизельного палива знижує викиди практично всіх викидів шкідливих речовин, за винятком оксидів азоту, знижує канцерогенність вихлопу на 94 %, мутагенність на 80 – 90 % (у разі застосування чистого біодизельного палива).

У Дослідному інституті палив і двигунів в Колорадо (Colorado Institute for Fuels and Engine Research), США, проводилися дослідження впливу складу біодизельного палива, в тому числі пов'язаного з використовуваною сировиною, на викиди шкідливих речовин. Досліджувалися метилові і етилові ефіри жирів рослинного і тваринного походження, а також окремі ефіри жирних кислот (лінолевої, ліноленової, стеаринової, пальмітинової та ін.) Викиди оксидів азоту порівняно з роботою на дизельному паливі зростили на 1 – 10 % при використанні похідних рослинних і тваринних жирів і змінювалися в межах від – 10 % для метилового ефіру стеаринової кислоти до +21 % для метилового ефіру ліноленової кислоти [3].

Цікаві результати були отримані в Національній лабораторії з поновлюваних джерел енергії США (National Renewable Energy Laboratory - NREL), де проводилися випробування двох автобусів на бігових барабанах по замському їздовому циклу для важких автомобілів (City Suburban Heavy Vehicle Cycle). Автобуси були обладнані дизелями Cummins ISM 2000. Дослідження проводили з використанням зви-

чайного дизельного палива та суміші 20 % біодизельного палива з дизельним (B20). Було відзначено, як і в інших дослідженнях, зниження викидів дисперсних частинок на 24 %, вуглеводнів – на 40 %, оксиду вуглецю – на 32 % при роботі на паливі B20. Також відзначалося деяке зниження викидів оксидів азоту – на 5 %, що, мабуть, можна пояснити особливостями складу застосовуваного палива та режимів роботи двигуна в даному їздовому циклі [4].

При роботі дизеля на біодизельному паливі практично відсутня викид сполук сірки, оскільки вміст сірки в паливі знаходиться на рівні не більше 10 – 15 мг / кг.

Теплота згоряння чистого біодизельного палива нижча, ніж у дизпалива на 11 – 12,5 % (на одиницю маси) і на 7-8 % (на одиницю об'єму). Більш низька теплота згоряння призводить до деякого (до 10 %) зниження потужності двигуна і збільшення витрати палива. Застосування сумішевого палива B20 знижує потужність на 1-2 %, що практично непомітно в експлуатації. Разом з тим, деякі дослідники відзначають менш значне зниження потужності, і навіть деяке її підвищення на окремих режимах. Дослідження, проведені в Німеччині в Технічному університеті Ганновера (Technical University of Hannover) на дизелі Deutz, показали, що зовнішня навантажувальна характеристика двигуна та крутний момент при роботі на біодизельному паливі з рапсу змінюється дуже незначно. Дослідники з Університету Теннесі (University of Tennessee) проводили випробування дизеля Volvo потужністю 110 к.с. при роботі на біодизельному паливі з соєвого масла. Було відзначено зниження потужності двигуна на 2 – 7 % при роботі на чистому біодизельному паливі в порівнянні з нафтовим дизпаливом залежно від навантаження і частоти обертання колінчастого вала. Однак на режимах, близьких до номінального (частота обертання 3800 хв-1), потужність двигуна на обох паливах була практично однакова. Незвичайним було відзначене підвищення потужності на 13 % на більш низькій частоті обертання (1855 хв-1) при номінальному навантаженні. Таке підвищення потужності можна пояснити, мабуть, більш ефективним процесом згоряння біодизельного палива, через уміст у ньому кисню на режимах з низьким коефіцієнтом надлишку повітря [4].

Дослідження дизелів Cummins і Detroit Diesel для вантажних автомобілів, проведені в Південно-західному дослідному інституті (Southwest Research Institute) у США, показали, що застосування палива B20 призводить до зменшення номінальної потужності двигуна на 1,5 – 2 %, а при використанні чистого біодизельного палива B100 – на 8 % порівняно з дизельним паливом.

Більш низька теплота згоряння біодизельного палива призводить, поряд із зменшенням потужності, також і до збільшення витрати палива. Дослідження, проведені в Південно-західному дослідному інституті показали, що при роботі дизеля Cummins на суміші B20 витрата палива зростає на 2 %, а при роботі на чистому біодизельному паливі B100 з ріпакової олії – на 14 % порівняно з дизельним паливом. Дослідження, проведені компанією CytoCulture на дизелі Mercedes Benz показали збільшення витрати палива на 15 % при роботі на біодизельному паливі, при відсутності помітних змін у потужності і динаміці розгону автомобіля і більш тихій роботі двигуна на холостому ходу. Дослідження Національної лабораторії з поновлюваних джерел енергії США впливу біодизельного палива, отриманого з різних джерел сировини, на показники дизеля Cummins ISB дозволили зробити висновок про підвищення витрати палива на 13,6 – 14,3 % при роботі на чистому біодизельному паливі B100 і при роботі на сумішах B20 на 1,7 – 2,7 % в порівнянні з дизельним паливом [3].

Біодизельне паливо володіє кращими змащувальними властивостями, ніж дизпаливо. Навіть у невеликій кількості 1-2 % біодизельне паливо істотно покращує змащувальні властивості суміші з дизельним паливом. Компанія Exxon досліджувала параметри змазування і зносу при використанні суміші B20 і нафтового дизельного палива. Було відзначено зменшення розміру плями зносу з 492 мкм при змащеннях дизпаливом до 193 мкм при змащеннях сумішшю B20. Відзначалося поліпшення властивості сумішевого палива B20 покривати поверхню деталі плівкою (на 93 % площі в порівнянні з 32 % у дизпалива). Проведені в Південно-західному дослідному інституті дослідження зносу металевих кульок, що труться об поверхню диска за методом BOCLE (Ball On Cylinder Lubricity Evaluator) при змащенні місця контакту чистим біодизельним паливом привели до зменшення маси кульки на 3,5 г, сумішшю B20 – 4,1 г, дизельним паливом – 6,1 г за період проведення тесту [5].

Дослідження надійності дизеля протягом 1000 годин в Університеті Айдахо (University of Idaho) не показали ніяких істотних відмінностей в надійності і зносі двигуна при роботі на біодизельному та дизельному паливі. У ході досліджень визначалися потужність двигуна, закоксування розпилювачів форсунок, знос компонентів двигуна на основі аналізу змісту металів в олії [4].

Дослідження, проведені на замовлення Minnesota Resources and Minnesota Soygrowers Association, протягом двох років (пробіг автомобіля на суміші B20 склав 135 000 миль) не виявили ніяких проблем із підвищенням зносу або зниженням надійності двигуна і паливної системи.

Дослідження восьми поштових автомобілів Ford і Mack, половина з яких працювала на дизпаливі, а половина - на суміші B20, були проведені в США. Кожен з автомобілів пройшов протягом чотирьох років понад 350 000 миль. У автомобілів Ford не було виявлено ніяких істотних відмінностей, пов'язаних

із видом використовуваного палива, однак у автомобілів Mack на підставі дослідження зносу елементів паливної апаратури дослідники дійшли висновку про необхідність заміни форсунок, інші вузли і деталі двигуна були в межах норми. Проблеми з підвищеним зносом форсунок пов'язують з недостатньо високою якістю використаного палива [5].

У зв'язку з постійно посилюваними вимогами до зниження вмісту сірки в дизпаливі виникають проблеми із забезпеченням змащувальних властивостей палива, що особливо важливо для надійної роботи паливної апаратури. Дослідники відзначають, що навіть добавка в розмірі 1-2 % біодизельного палива до дизельного зможе забезпечити необхідні умови мастила паливного насоса і форсунок.

Біодизельне паливо є досить сильним розчинником, тому при тривалому впливі спостерігалася розм'якшення або пошкодження шлангів, сальників, ущільнень, клеїв. Особливо схильні до дії біодизельного палива поліпропілен, полівініл і деякі сорти гуми. Сумісні з біодизельним паливом фторопласти, тефлон, вітон (Viton). При використанні сумішевих палив із вмістом біодизельного палива до 20 % помітного негативного впливу на матеріали не відзначалося.

У присутності латуні, бронзи, міді, свинцю, олова і цинку відбувається більш інтенсивне окислення біодизельного палива з утворенням солей та інших сполук, що сприяють забиванню фільтрів. Добре сумісні з біодизельним паливом вуглецева і нержавіюча сталь і алюміній.

При переведенні дизелів, що знаходяться в експлуатації, на біодизельне паливо відзначався ефект «вимивання» відкладень із паливного бака і трубопроводів, що призводило до швидкого забивання паливного фільтра.

#### Література

1. Семенов, В.Г. Фізико-хімічні показники і еколого-економічні характеристики роботи дизельного двигуна / В.Г. Семенов. – Харків, – 2002.
2. Дослідження фракційного складу біопалив, отриманих біоконверсією рослинної сировини / С.А. Нагорнов, С.І. Дворецкий, С.В. Романцова та ін. // Питання сучасної науки і практики. Університет ім. В.І. Вернадського. – 2009. – № 6 (20). – С. 83 – 94.
3. Ikilic, C. Investigation of the Effect of Sunflower Oil Methyl Esther on the Performance of a Diesel Engine / C. Ikilic, H. Yucesu // Energy Sources. – 2006. – Vol. 27. – № 13. – P. 1225 – 1234.
4. Wolfensberger U. Treibstoff im Vordergrund des Interesses / U. Wolfensberger // Schweizer Landtechnik. – 1992. – Jg. 53. – № 7. – P. 4 – 8.
5. Agarwal, A.K. Effect of Biodiesel Utilization of Wear of Vital Parts in Compression Ignition Engine / A.K. Agarwal, J. Bijwe, L.M. Das // Transactions of the ASME. Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. – 2003. – Vol. 125. – № 2. – P. 604 – 611.

УДК 664.7.013:005.8

## КОМПЛЕКСНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ЗЕРНОПЕРЕРОБНОЇ ГАЛУЗІ

Браженко В.Є., канд. техн. наук, доцент

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

*У статті розглянуто варіанти розробок комплексного проектування підприємств по зберігання та переробці зерна. Наведено шляхи інтенсифікації технології виробництва високоякісної конкурентоспроможної продукції з розширенням асортименту.*

*The article considers the options for the design of complex engineering development of enterprises for the storage and processing of grain. Show ways to improve an intensification of production of high-quality competitive products with range expansion.*

Ключові слова: комплексне проектування, енергоефективність виробництва, технологічні процеси, комбікормові підприємства.

Напрямок розвитку агропромислового комплексу України спрямований на підвищення ефективності технологій виробництва високоякісної продукції рослинного та тваринного походження на підприємствах зернопереробної галузі. Подальше вдосконалення виробництва залежить від своєчасного розв'язування завдань, які пов'язані з технічним, технологічним забезпеченням, агрохімічним, біологічним станом та організаційно-економічним розвитком підприємств. Системне вирішення конкретних проблем шляхом застосування інноваційних технологій на основі комплексної механізації та автоматизації виробництва і раціона-

льної побудови організаційної структури підприємств дозволяє підвищити продуктивність праці, знизити собівартість готової продукції, збільшити обсяг продажу продукції вищої якості й одержати більше прибутків. Одночасно розширюється асортимент готової продукції для птахофабрик, свиноферм, крупних тваринницьких комплексів, які розташовані поряд з комбікормовим підприємством. В залежності від їх попиту на комбікормову продукцію йде формування оптимальної спеціалізації комбікормових підприємств, яка передбачає мінімальні витрати на транспортування готової продукції. Практично у всіх регіонах країни є підприємства, які виробляють комбікормову продукцію для птиці, свиней державних комплексів. Питання інтенсифікації виробництва високоякісної продукції та її конкурентоспроможність у ринкових умовах сьогодні залишаються актуальними для зернопереробних підприємств [1...7].

Мета досліджень – інтенсифікація виробництва високоякісної продукції на підприємствах зернопереробної галузі та забезпечення населення екологічно чистими продуктами харчування.

Досягнення поставленої мети передбачає розв'язування таких завдань:

- проаналізувати за літературними джерелами та на основі досвіду практичної роботи спеціалістів підприємств зернопереробної галузі взаємозв'язки між цехами, заводами у виробництві;
- розширити цикл виробництва сучасних підприємств зернопереробної галузі.
- Встановлено, що вітчизняні виробники комбікормової продукції умовно розподіляються на три групи:

- незалежні комбікормові заводи (ККЗ) або комбінати хлібопродуктів (КХП), які виробляють комбікормову продукцію на замовлення споживачів;
- ККЗ, КХП, які мають самостійний статус і виробляють комбікормову продукцію для вертикально та горизонтально інтегрованих тваринницьких холдингів;
- ККЗ, кормоцехи, які мають самостійний статус і ввійшли до складу тваринницьких господарств.

За групами комбікормових підприємств їхній рівень технічного стану, оснащення та обсяги виробництва суттєво відрізняються. В 2009 р. близько 60 % від обсягу всіх комбікормів вироблено крупними підприємствами промисловості, а у 2005 р. обсяг виробництва досягав 48 %. Ці цифри свідчать про активну діяльність малопотужних підприємств, продукція яких задовольняла потреби невеликих тваринницьких комплексів. Поживна цінність комбікормової продукції малопотужних підприємств не відповідає вимогам повноцінної годівлі високогенетичних порід тварин. Нестабільна якість готової продукції, велика частка комбікормів у розсипному вигляді, погана транспортабельність на великі відстані з втратами якості обумовили розвиток регіональної високої конкуренції серед виробників і низьку міжобласну конкуренцію. Особливо велика масова частка виробників у виробництві кормів для великої рогатої худоби та свиней.

Для годівлі сільськогосподарської птиці виробляють комбікорми у гранульованому вигляді, які збалансовані за поживними речовинами. Виробництво високоякісних повнораціонних комбікормів здійснюють комбікормові підприємства з високим рівнем технічного стану, які входять до складу крупних промислових підприємств. Така продукція реалізується в цьому самому регіоні споживачам без тривалого терміну зберігання у складських приміщеннях, що дозволяє зменшити площі та підвищити ефективність їх використання. У структурі продажу в регіонах комбікормової продукції, за оцінками операторів ринку, масова частка споживачів досягає 80 % [8, 9]. Собівартість та вартість комбікормової продукції зменшується за рахунок мінімальних транспортних перевезень.

Для досягнення високих економічних показників роботи комбікормових підприємств передбачено комплексне проектування підприємств зернопереробної галузі. Комплексні проекти, за якими створені публічні акціонерні товариства, компанії, корпорації, холдинги базуються на застосуванні найновішого обладнання та впровадженні сучасних технологій виробництва.

За розробками комплексних проектів побудовані в Україні:

- ПАТ «Миронівський хлібопродукт», яке є одним із провідних агропромислових холдингів, що засновано в 1998 р. Ця вертикально інтегрована компанія, до складу якої входять 19 підприємств, об'єднує виробничі потужності всього технологічного ланцюга м'ясного виробництва – від вирощування сировини, виробництва кормів для птахофабрик, ферм з вирощуванням батьківського поголів'я, інкубаційних яєць, великої рогатої худоби та домашньої птиці до переробки і реалізації готової продукції [8];

- ПАТ «Луганськмлин», що є підприємством з найновішим обладнанням та сучасною технологією виробництва, до складу якого входять:

1. Млиновий завод з виробництва 3-х гатунків пшеничного борошна, крупи манної, крупки макаронної продуктивністю 500 тонн за добу.
2. Круп'яне виробництво з виробництва крупи пшеничної, ячевої, перлової, кукурудзяної, гороху, вівса, пшона, гречихи, борошна житнього та кукурудзяного продуктивністю 100 тонн.
3. Комбікормовий завод з виробництва висівок пшеничних, гранульованих, розсипних комбікормів для великої рогатої худоби, свиней, птиці, собак, риб продуктивністю 500 тонн за добу [9];



— ТОВ СП «НІБУЛОН», яке є одним з найбільших підприємств, вітчизняних виробників, інвесторів і експортерів сільськогосподарської продукції (пшениці, ячменю, кукурудзи, жита, сояшнику та ін.). Компанія «НІБУЛОН», що засновано в 1991 р., досягла вертикальної інтеграції в сільському господарстві. До складу підприємства входять 43 філії в 12 регіонах України. Земельний банк підприємства становить більше ніж 81 тис. га орендованих земель сільськогосподарського призначення. Підприємство має сучасну матеріально-технічну базу виробництва сільгосппродукції, власний транспорт, потужності зберігання зерна (до 420 тис. тонн) і власний перевантажувальний термінал. ТОВ СП «НІБУЛОН» єдине в регіоні забезпечило контроль над усіма стадіями руху зерна по ланцюжку «поле – лінійні елеватори – перевантажувальний термінал». Підприємство займається тваринництвом, виробництвом ковбасних виробів, має судноплавну компанію та постійно підвищує ефективність роботи інфраструктури. Так, зроблена реконструкція суднобудівельного заводу, на якому вже побудовано серію суден для перевезення зернових культур до 3 млн тонн по Дніпру та Південному Бугу, заплановано будівництво суден не тільки для України, але й для Росії (відродження Волги, Волги-Дону, Каспію) [10].

Як свідчить досвід, виробнича діяльність підприємств зернопереробної галузі у складі крупних холдингів забезпечує отримання високоякісних показників готової продукції за поживною цінністю зі зменшенням витрат на одиницю отримання продукції та підвищення конкурентоспроможності її на ринках збуту.

Проектування таких холдингів передбачає одночасну комплексну розробку проектів, таких як:

- елеваторів;
- млинзаводів;
- комбікормових заводів;
- цехів з виробництва преміксів і білково-вітамінних мінеральних добавок;
- крупозаводів і крупоцехів;
- зернових терміналів (портових елеваторів);
- зернових сховищ;
- складів для зберігання сировини, продукції.

Комплексне проектування підприємств по зберігання і переробці зерна сьогодні виконує ОАО «Ростовский Промзернопроект» – одна із провідних проектних організацій Росії. Фахівці ОАО «Ростовский Промзернопроект» розробляють також проекти з будівництва спеціальних споруд, транспортних мереж. Проектування проводиться у співпраці зі спеціалістами вітчизняних фірм та компаній країн СНД, Європи, які є провідними в зернопереробній галузі [11].

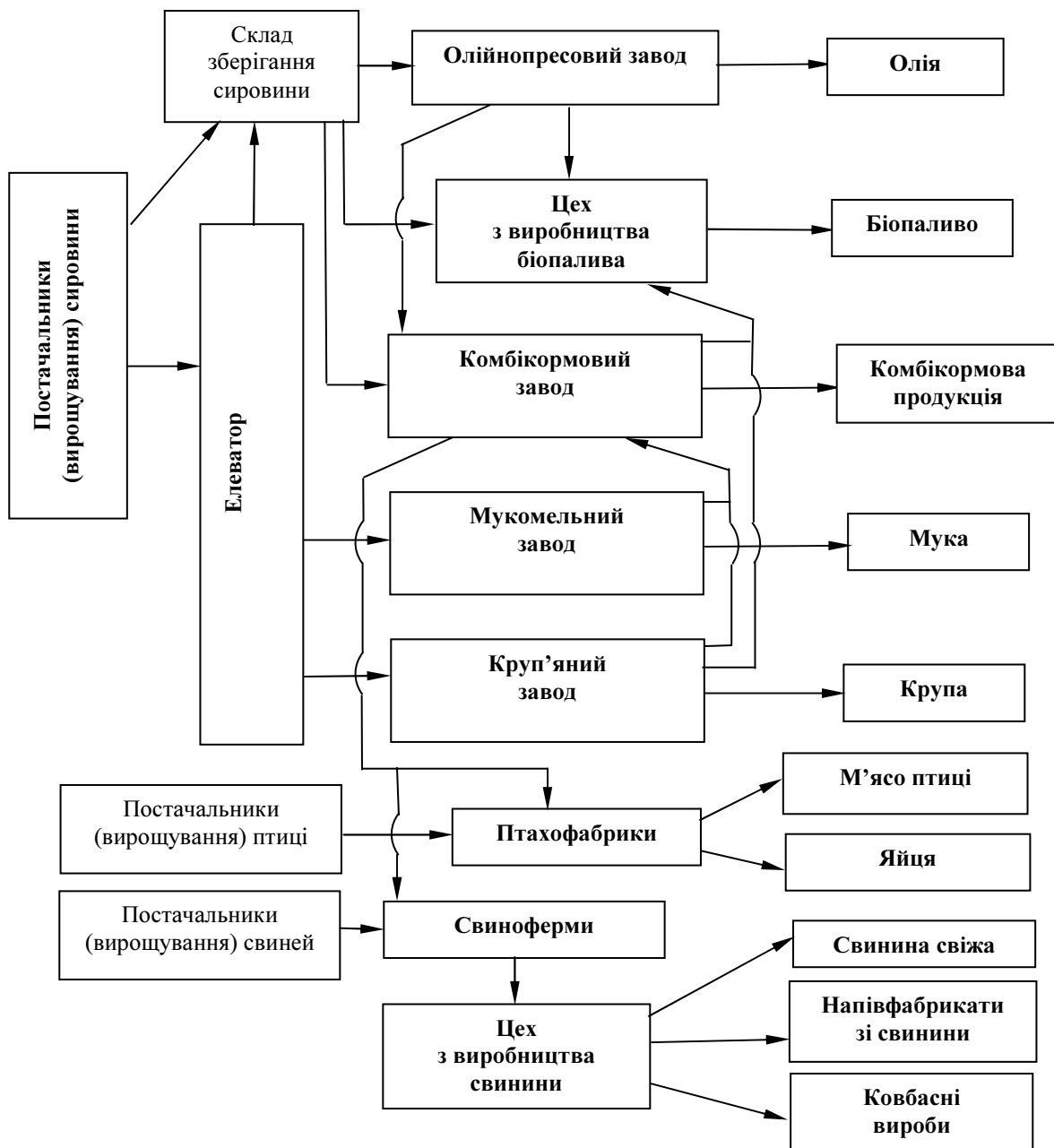
Співробітники Одеської національної академії харчових технологій на підставі результатів наукових, експериментальних досліджень та досвіду практичних проектних розробок виконують міжкафедральні комплексні проекти, які передбачають розширення циклу виробничої діяльності підприємств, що входять до складу холдингів. Так, комплексне проектування додатково містить розробки проектів цехів з переробки м'яса птиці, свинини, великої рогатої худоби (рис. 1) [1...7].

Фахівці кафедри технології комбікормів і біопалива розробляють комплексні проекти, які складаються з проектів будівництва (реконструкції) комбікормових заводів та будівництва цехів з виробництва біопалива. У проектах будівництва цехів як джерело сировини для виробництва біопалива застосовані зерновий пил, лушпиння, побічні продукти переробки сояшнику та інші побічні продукти, які є на підприємствах холдингів. Проекти будівництва цехів з виробництва біопалива передбачають отримання пелет, гранул, брикетів для потреб підприємств холдингів, що дозволить забезпечити всі потреби підприємств в енергії за рахунок відновлювальних джерел та зменшити собівартість готової продукції. Це дає додаткові прибутки підприємству при реалізації готової продукції на ринках збуту України, країн СНД, Європи (рис. 1) [1...7, 12]. У зв'язку з розглядом біопалива як вагової альтернативи традиційному пальному вважається, що його виготовлення в найближчі роки буде максимально економічно вигідним для української економіки. Ринок біопалива України нерозвинений та знаходиться на стадії формування. Саме тому сьогодні у сфері енергозбереження особлива увага приділяється технологіям переробки біологічних відходів для забезпечення надійності енергопостачання та зниження негативного техногенного впливу на навколишнє середовище.

Таким чином, розробка комплексних проектів підприємств агрохолдингів з розширеним циклом виробництва готової продукції має економічну та екологічну доцільність.

### Література

1. Єгоров, Б.В. Технологія виробництва комбікормів [Текст]: підруч. для вищ. навч. закладів / Б.В. Єгоров. – Одеса.: Друкарський дім, 2011. – 448 с.



**Рис. 1 – Схема взаємозв'язків між цехами, заводами з розширеним циклом виробництва готової продукції зернопереробних підприємств**

- Егоров, Б.В. Опыт эксплуатации комбикормовых заводов IV поколения [Текст] / Б.В. Егоров, Н.В. Ворона // Зернові продукти і комбікорми. – 2011. – № 4. – С. 24-29.
- Правила організації і ведення технологічного процесу виробництва комбикормової продукції [Текст]: затв. наказом Агропромислового комплексу України 20.03.98. – Київ: МАКУ і КІХ, 1998. – 256 с.
- Шоповаленко, О.І. Шляхи розвитку виробництва комбікормів в Україні [Текст] / О.І. Шоповаленко, Т.І. Янюк // Проблеми розвитку сучасних комбікормових технологій. Матеріали науково-практичної конференції з міжнародним участям, посвященої 115-летию со дня народження професора Демидова П.Г. 26 – 27 июня 2008 г. – Одеса, 2008. – С. 16 – 22.
- Правила організації і ведення технологічного процесу виробництва комбикормової продукції [Текст]: затв. наказом Міністерства Агропромислового комплексу України 20.03.98. – К.: МАКУ і КІХ, 1998. – 256 с.

6. Успех приходит, когда возможность встречается с готовностью [Текст] // Зернові продукти і комбі-корми. – 2004. – С. 28 – 29.
7. Проектирование зерноперерабатывающих предприятий с основами САПР [Текст] / И.Т. Мерко, Н.Е. Погирной, Б.В. Касьянов, А.П. Чакар. – М.: Агропромиздат, 1989. – 367 с.
8. ПАТ «Миронівський хлібопродукт» [Електрон. ресурс] //www.ua-region.com.ua.
9. ПАТ «Луганськмлин» [Електрон. ресурс] //www.luganskmlin.business-guide.com.ua.
10. Про компанію ТОВ СП «Нібулон». Історія створення підприємства [Електрон. ресурс] //www.nibulon.com/r/about.php.
11. ОАО «Ростовский Промзернопроект» [Електрон. ресурс] //www.rostov.maps.ru.
12. Гранулятор. Виробництво пелет [Електрон. ресурс] //www.pellety.ub.ua.

УДК 664.7:725.36:629.35

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ПРИЙМАННЯ ЗЕРНА З АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ НА ПрАТ «УКРЕЛЕВАТОРПРОМ»

Буценко І.М., голова правління ПрАТ «Укрелеваторпром»,  
Станкевич Г.М. д.т.н., проф., Страхова Т.В. к.т.н., доц., Будюк Л.Ф. к.т.н., доц.  
Одеська національна академія харчових технологій

*Наведені результати хронометражу основних етапів вивантаження зерна з автомобілів. Проведено аналіз роботи підприємства при прийманні зерна з автотранспорту.*

*The results of time-study of basic stages of unloading of corn from cars. The analysis work of enterprise is conducted at the reception of corn from a motor transport.*

Ключові слова: приймання зерна, хронометраж, автомобільний транспорт.

**Постановка проблеми.** Україна є значущим гравцем на світовому ринку зерна і, згідно з рейтингом USDA, займає сьоме місце по виробництву зерна і шосте місце з його експорту. Згідно з національним проектом «Зерно України» виробництво зерна у 2015 році збільшиться майже в двічі — до 75...80 млн. тонн, а експорт становитиме більше 30 млн. тонн на рік.

На цей час місткість сертифікованих зерносховищ для зерна в Україні складає близько 30 млн. т і за оцінкою Мінагрополітики найближчим часом буде доведений до 55 млн. т. Очікується введення в експлуатацію нових лінійних елеваторів та зернових терміналів.

Разом з тим виникає необхідність серйозних вкладень у дооснащення потужностей існуючих елеваторів та зернових терміналів. До крупних зернових терміналів відноситься ПрАТ «Укрелеваторпром», заснований у 2002 році. Загальна місткість його зерносховищ складає 210 тис. тонн.

**Метою** проведеної роботи було дослідження пропускної здатності приймання зерна з автомобільного транспорту для обґрунтування оптимальних шляхів її збільшення.

**Об'єкти та методи досліджень.** Основним методом дослідження тривалості зважування завантажених і порожніх автомобілів, роботи візуальної лабораторії та розвантаження автомобілів є хронометраж [1]. При цьому кожну із вказаних операцій розбивають на ряд етапів та фіксують початок і кінець кожного етапу для 20 автомобілів, вказуючи час початку та кінця з точністю до секунд включно. Математичну обробку отриманих даних хронометражу проводять наступним чином: визначають тривалість кожного етапу та операції в цілому в секундах, потім вираховують середні значення, середньоквадратичне відхилення і коефіцієнт варіації. Якщо коефіцієнт варіації не перевищує 10 %, то отримані середні тривалості етапів представляють по операціям у вигляді циклограм. Якщо коефіцієнт варіації перевищує 10 %, то необхідно провести додатковий хронометраж для такого числа автомобілів, щоб він досяг значення менше 10 %.

Підприємство, де проводили дослідження, має дві основні дільниці. Перша дільниця знаходиться на морському березі на території порту і включає в себе 28 металевих силосів місткістю по 6 тис. тонн. Тут здійснюється приймання зерна із залізничного транспорту в двох приймальних пристроях повздовжнього типу, які дозволяють за добу вивантажувати 120-130 вагонів. Завантаження суден місткістю від 15 до 65 тис. тонн роблять за допомогою суднозавантажувальної машини Зуєвського електромеханічного заводу продуктивністю 1200 т/год. Друга дільниця відокремлена від першої територією ДПЗКУ «Одеський зерновий термінал» («ОЗТ»). Вона включає в себе 10 металевих силосів місткістю по 4,2 тис. тонн. Тут відбувається приймання зерна з автотранспорту та передача його двома конвеєрними галереями (через те-

риторію ДПЗКУ «ОЗТ» та оминаючи цю територію) на ділянку № 1 для його відпускання на водний транспорт.

Підприємство має перспективу щодо збільшення об'ємів відпускання зерна на водний транспорт шляхом спорудження на ділянці № 1 ще однієї лінії відпускання тієї ж продуктивності, що призведе одночасно до необхідності збільшення об'ємів приймання зерна.

Приймання зерна з автомобільного транспорту на ПрАТ «Укрелеваторпром» здійснюється наступним чином. В першу чергу водій надає до вагової накладної. Завантажений автомобіль заїжджає на підприємство і зважується на автомобільних вагах марки 2119 ВА-80Е з максимальною межею зважування 80 т (детальна характеристика ваг наведена в табл. 1). Потім за допомогою пневматичного пробовідбірника Rakoraf відбираються проби з автотранспорту, водій якого перед зважуванням знімає з автомобіля захисне покриття. Час відбору проби в п'яти точках — 40 секунд. Проба автоматично доставляється в лабораторію де можна визначити вологість зерна експрес-методом, смітну і зернову домішки та за допомогою приладів «ІНФРАТЕК» — вміст білка, «ГЛЮТАМАТИКУ» — вміст клейковини, «ІНСТАЛАБУ» — вміст олії та глюкозинолатів ріпаку, АЛЬВЕОГРАФу — силу борошна. Далі автомобіль на невеликій швидкості проїжджає до одного з двох автомобілерозвантажувачів марки РАГ-65.01 вантажопідйомністю 50 тонн і розвантажується в бункер місткістю 24 тонни. Якщо автомобіль має причеп, то розвантажувач спочатку автомобіль, а потім причеп. Зерно із бункера забирається скребковим конвеєром та норією продуктивністю 600 т/год і може подаватись безпосередньо у силоси С7, С8, С9, С10 або на надсилосні конвеєри та в силоси С1–С6. Після розвантаження автомобіль зважується на вагах 2120 ВА-60Е з максимальною межею зважування 60 тонн і, після того, як водій забере документи, від'їжджає з підприємства.

**Таблиця 1 – Технічні характеристики ваг, встановлених на підприємстві**

| Марка       | НПВ | НмПВ | Розмір платформи, м | Допустима похибка (кг) для інтервалів зважування |
|-------------|-----|------|---------------------|--------------------------------------------------|
| 2119ВА-60Е  | 80  | 200  | 3×18                | від 0,2 до 5,0 т ±10                             |
| 2120 ВА-60Е | 60  | 200  | 3×18                | від 5,0 до 20,0 т ±15<br>від 20 до 40,0 т ±20    |

**Таблиця 2 – Характеристика автомобілів, які надходили на підприємство**

| Марка      | Вантажопідйомність, кг | Примітки   |
|------------|------------------------|------------|
| 1. МАЗ     | 32280                  | з причепом |
| 2. MAN     | 48880                  | з причепом |
| 3. MAN     | 41500                  |            |
| 4. DAF     | 42640                  | з причепом |
| 5. DAF     | 37920                  | довгомір   |
| 6. КамАЗ   | 38840                  | з причепом |
| 7. DAF     | 41540                  | довгомір   |
| 8. Renault | 41740                  | довгомір   |
| 9. MAN     | 47240                  | з причепом |
| 10. MAN    | 44920                  | з причепом |
| 11. КаМАЗ  | 34840                  | з причепом |
| 12. MAN    | 48580                  | з причепом |
| 13. MAN    | 45560                  | з причепом |
| 14. MAN    | 31240                  | з причепом |
| 15. MAN    | 41460                  | з причепом |
| 16. DAF    | 34120                  |            |
| 17. DAF    | 40380                  | довгомір   |
| 18. MAN    | 42720                  |            |
| 19. MAN    | 36680                  | довгомір   |
| 20. DAF    | 38040                  | довгомір   |

**Результати та їх обговорення.** Був проведений хронометраж приймання зерна з автомобільного транспорту 20 автомобілів, які доставляли сою (характеристика автомобілів наведена в табл. 2). З них 10 — марки MAN, 6 — DAF, 2 — КамАЗ, 1 — МАЗ, 1 — Renault; 8 — без причепів та 12 — з причепами. Всі автомобілі великої вантажопідйомності — від 30 до 40 тонн.

У дослідженнях визначали тривалість роботи візуальної лабораторії, зважування завантажених та порожніх автомобілів, а також розвантаження автомобілів. Дані хронометражу після обробки наведено у вигляді циклограм на рис. 1–3, які побудовані за усередненими показниками. З отриманих даних видно, що візування займає 7,3 хв, зважування завантажених автомобілів — 1,7 хв, їх розвантаження — 18,5 хв та зважування порожніх автомобілів — 2,0 хв. Підсумкова тривалість розглянутих вище операцій складає 29,4 хв. Однак було встановлено, що з урахуванням тривалості очікування автомобілями своєї черги на обслуговування автомобіль в середньому знаходиться на території підприємства 55 хв. Протягом доби за такої організації приймання зерна пропускна здатність підприємства складе 140 автомобілів.

Разом з тим, аналіз ситуації приймання зерна з автомобільного транспорту на підприємствах галузі показує, що з кожним роком габаритні розміри

автомобілів збільшуються і тому з часом потрібно проводити заміну автомобільних ваг, оскільки їх платформа не буде вміщувати автомобілі. Це є недоцільною тратою коштів та часу. Набагато ефективнішим було б поєднання одразу 2-х технологічних операцій: зважування та розвантаження автомобілів. Для цього слід встановити тензометричні датчики [2] для вимірювання маси зерна в приймальному бункері. Розрахунки показують, що на досліджуваному підприємстві це дозволило б приймати додатково 30 автомобілів.

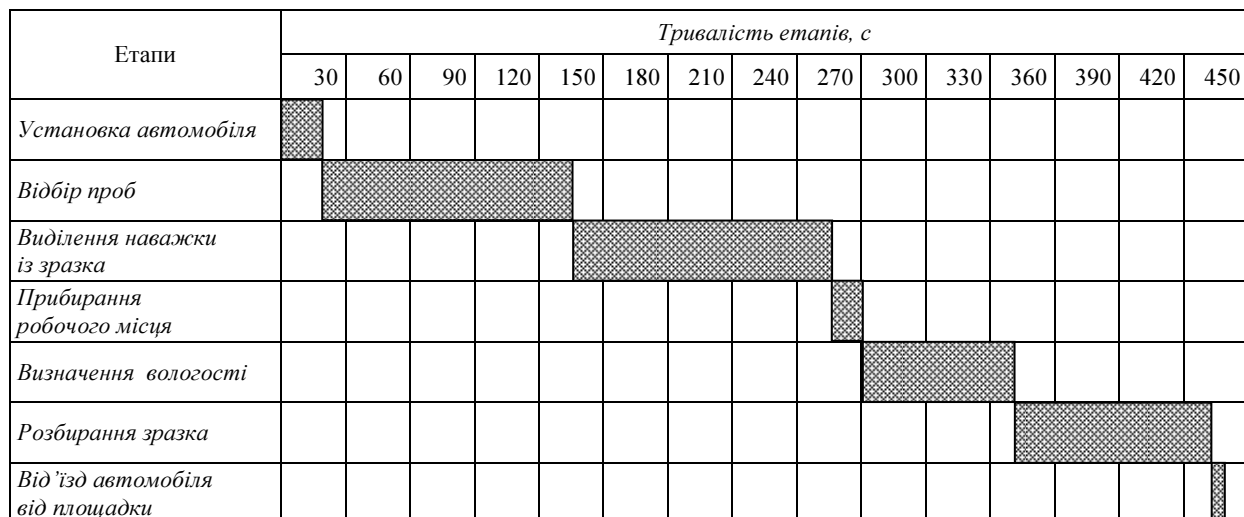


Рис. 1 – Циклограма роботи візуальної лабораторії підприємства

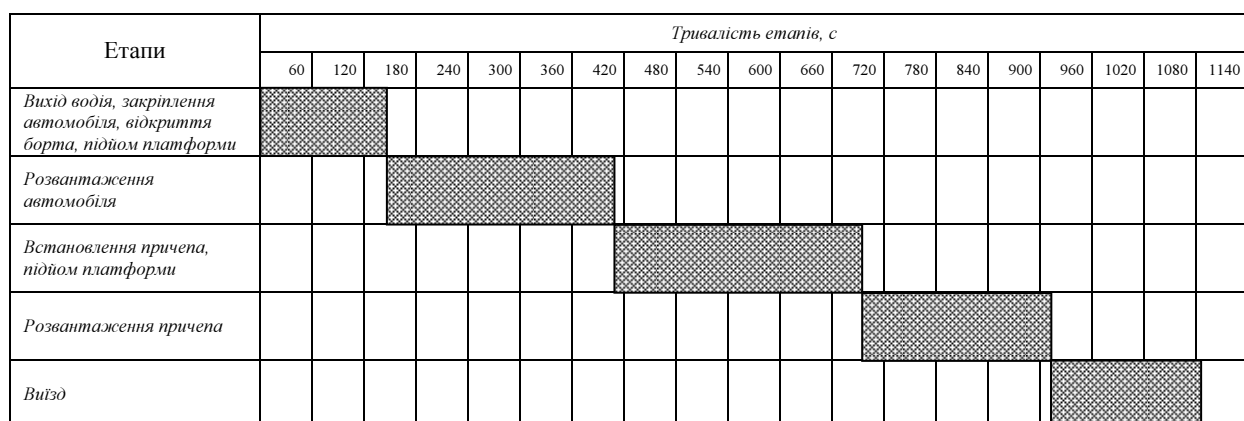


Рис. 2 – Циклограма роботи автомобілерозвантажувача на підприємстві

Для більшості культур, які надходять на дільницю № 2, в лабораторії визначають тільки вологість експрес-методом, смітну та зернову домішки. Коли ж надходить пшениця, то визначення вмісту білка, кількості та якості клейковини значно збільшує тривалість роботи візуальної лабораторії, пропускна здатність дільниці зменшується.

Підприємство розташоване в межах міста, а дільниця № 2 — біля траси, і можливість обладнання території для відстою автомобільного транспорту немає. Тому, щоб уникнути накопичення автомобілів, був придбаний майданчик за містом (дільниця № 3), де може розміститися 175 автомобілів. Також тут є лабораторія, яка не має приладів для проведення зазначених аналізів по пшениці. Якщо обладнати її належними чином, то всі необхідні аналізи можна зробити на дільниці № 3, що дозволить збільшити пропускну здатність дільниці № 2. При цьому додатково на дільниці № 2 можна буде прийняти 50 автомобілів.

Зменшити тривалість розвантаження автомобілів на даний час не вдається. Тому, якщо планувати значне збільшення пропускної здатності дільниці № 2, то можна розглядати проект зведення нової черги елеватора з двома автомобілерозвантажувачами місткістю 35...40 тис. тонн. Для цього на дільниці є віільна площадка. При цьому необхідно встановити автомобільні ваги на додатковому виїзді автомобілів.

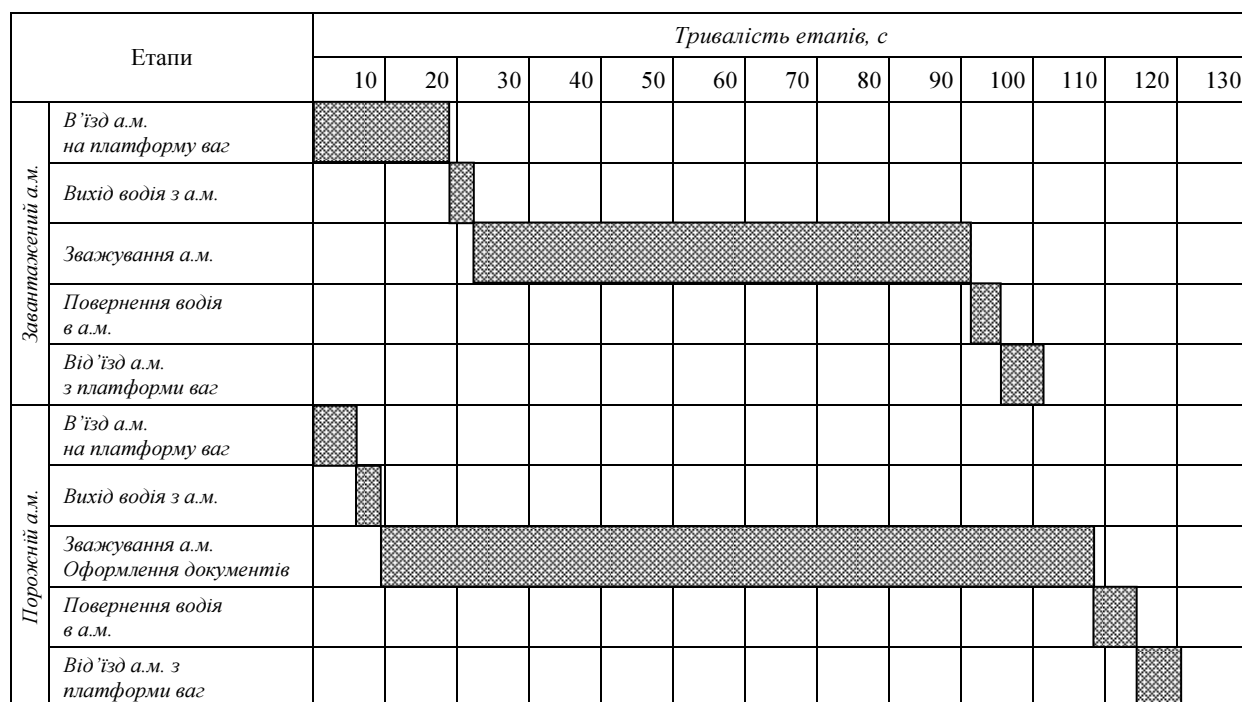


Рис. 3 – Циклограма зважування завантажених і порожніх автомобілів

### Висновки

З побудованої циклограми роботи автомобілерозвантажувача видно, що середній час перебування машини на розвантаженні в цілому складає 18,5 хвилин. Це є забагато для такого розвантажувача. Більшу частину часу займають проміжні операції. Незважаючи на те, що автомобілерозвантажувач працює не з максимальною ефективністю, його заміну проводити недоцільно, оскільки він справляється з розвантаженням всіх типів машин, які надходять на підприємство.

Хоча працівники візуальної лабораторії справляються з існуючим об'ємом робіт, однак штат лабораторії замалий для таких об'ємів робіт і тому рекомендується задіяти більшу кількість лаборантів.

Аналіз отриманих даних та розрахунків показав, що «подвійне» зважування на підприємстві ПрАТ «Укрелеваторпром» займає невеликий проміжок часу в порівнянні з іншими операціями, такими як, наприклад, розвантаження, і воно не суттєво впливає на пропускну здатність підприємства.

Оскільки з кожним роком з'являються нові типи автомобілів для перевезення зерна зі збільшеними габаритними розмірами, що вимагає заміни автомобільних ваг, доцільно поєднувати одразу дві технологічні операції — зважування та розвантаження автомобіля. Для цього слід встановлювати тензометричні датчики для зважування зерна в приймальному бункері під автомобілерозвантажувачем, що зменшить витрати підприємства та підвищить його пропускну здатність.

### Література

1. Гудилин, А.В. Технология обработки зерна на элеваторах / А.В. Гудилин, С.М. Савченко – М. Колос, 1982. – 124 с.
2. Тензометричні датчики мембранного типу [Електрон. ресурс]. Режим доступу: [//www.tensom.ru/pages/21?id=81](http://www.tensom.ru/pages/21?id=81)

УДК :633.171:005.336

## ХІМІЧНІ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ СВІЖОЗІБРАНОГО ЗЕРНА ПРОСА

Овсянникова Л.К., канд. техн. наук, доц., Євдокимова Г.Й., канд. техн. наук, доц.

Калаянова В.В., інж., Драч П.Л., студент

Одеська національна академія харчових технологій

*Досліджено механічні характеристики зерна проса 2012 року врожаю. Наведені результати мікробіологічних досліджень, що свідчать про свіжість зерна та можуть бути використані для подальшого контролю якості при зберіганні.*

*Mechanical characteristics of millet grain yield in 2012. The results of microbiological studies indicate freshness grain, and can be used for further control quality during storage.*

Ключові слова: просо, зберігання, механічні характеристики, мікробіологічні показники.

**Постановка проблеми.** Просо є однією з круп'яних культур України, цінність якої визначається практично безвідходним використанням продуктів її переробки в харчовій, комбікормовій, фармацевтичній, мікробіологічній та інших галузях виробництва. У кормовиробництві ця культура має високу оцінку завдяки тому, що і зерно, і продукти його переробки є цінним кормом для сільськогосподарської худоби. Просо використовують у пивоварній промисловості для виробництва солоду.

Ця культура характеризується високою посухостійкістю та забезпечує досить стабільні врожаї у нашій зоні, що є досить позитивним при поступових змінах клімату протягом останнього десятиріччя. Воно може також використовуватись як страхова культура для пересівання озимих на післязливних та після-укісних посівах [1].

За останні роки в Україні площі посіву проса значно зменшились, як і обсяг виробництва, — до 94,6...115,0 тис. тонн, хоча в оптимальній структурі валового збору зерна в масштабах України воно має займати 0,7...1,3 %, при споживанні тільки продовольчого зерна на рівні 120 тис. тонн.

До 2010 року площі посіву проса не перевищували 7,9 тис. га, що свідчить про відсутність зацікавленості сільськогосподарських виробників у вирощуванні цієї культури. В результаті цих фактів спостерігалось різке подорожчання пшона в 2010 році. І вже торік площа посіву проса суттєво зросла, до 13,6 тис. га. На даний час в Україні виробництво проса досягло 140 тис. тонн [2, 3].

Найбільші площі вирощування проса, за даними Державної служби статистики України, в 2011 році були зосереджені в таких областях: Дніпропетровській — 19,8 тис. га, Запорізькій — 17,3 тис. га, Миколаївській — 16,1 тис. га, Харківській — 14,5 тис. га, Херсонській — 14,4 тис. га. Найбільші валові збори, за підсумками минулого року, отримали у Харківській області (33,1 тис. т), Дніпропетровській (33 тис. т), Запорізькій (25,8 тис. т). Найвищу врожайність зерна з 1 га отримали аграрії Полтавщини (2,65 т/га), Харківщини і Черкащини (на рівні 2,42 т/га).

Основне виробництво проса зосереджене в сільськогосподарських підприємствах. Так, за підсумками минулого року, агроформуваннями було зібрано 132,6 тис. тонн. Якість свіжозібраного зерна в основному залежить, від умов дозрівання, стану стиглості та вмісту вологи в період збирання і післязбирального зберігання. Свіжозібрана зернова маса неоднорідна за вологістю і ступенем стиглості окремих зерен, має високу фізіолого-біохімічну і мікробіологічну активність, понижену енергію проростання, схожість, погані технологічні властивості, нестійка при зберіганні. При різкому порушенні режиму обробки і зберігання зерно проса може проростати, як окремими зернівками, так і цілими ділянками насипу [4-6].

Зерно проса характеризується підвищеним вмістом жиру, яким особливо багатий зародок. Цим і пояснюється одна з причин низької стійкості зберігання крупи з проса. Залежно від сорту, ґрунтово-кліматичних умов вирощування, пшоно містить: 12...14 % білка, 80...82 % крохмалю, 2,0...3,5 мг/кг каротиноїдів, 2...3 % жиру [4, 7].

Просо відрізняється високою плівчастою. Плівки оберігають ядро від механічного ушкодження, зберігають сипкість зерна, забезпечують його підвищену міцність. Таким чином, плівки захищають ядро від зволоження при підвищеній відносній вологості повітря. Крім того, вони захищають тканини ядра від мікроорганізмів. Порушення їх цілісності створює передумови для пліснявіння зерна, окиснення жиру і швидкого згіркнення крупи. Насип проса складається з ряду компонентів, що мають різну рівноважну вологість.

Просо характеризується неодноразовим дозріванням зерна в мітелці, верхня частина якої дозріває швидше і починає обсіпатися, тоді як нижня ще залишається зеленою. В межах однієї рослини волоть дозріває по-різному: на основних стеблах раніше, на бічних — пізніше. Тому просо, що надходить на підприємство, містить значну кількість зернівок з підвищеною вологістю, що не досягли ще технічної стиглості. Крім того, в насипі зерна завжди містяться зерна з пошкодженими плівками, подрібнені ядра. Усе це у поєднанні з підвищеним вмістом жиру, що робить насип проса дуже нестійким при зберіганні. Низька температуропровідність сприяє швидкому наростанню температури в насипі при виникненні процесу самозігрівання, яке зазвичай починається в місцях скупчення смітної домішки, подрібнених і обрушених зерен.

Характерні зміни хімічного складу, що відбуваються у зерновій масі при зберіганні, залежать від умов зберігання та мікроорганізмів, які розвиваються в ній, оскільки останні неоднаково впливають на сировину, викликають процеси гниття, різні види бродіння та інше [7]. Переробка засіяного мікроорганізмами зерна призводить до того, що вони, потрапляючи до готової продукції, знижують його якість, а в деяких випадках сировина стає непридатною до використання в зв'язку з накопиченням токсичних продуктів життєдіяльності мікроорганізмів. Тому вивчення видового та кількісного складу мікрофлори має велике значення для розробки й застосування на практиці раціональних способів зберігання зерна проса та подальшого його використання в харчовій і комбікормовій промисловості [10]. Вміст мікроорганізмів в зерні є своєрідним показником його біологічної цінності, якості і безпеки. Високий вміст міцеліальних грибів в масі зерна може побічно свідчити про наявність серед них патогенних і токсигенних видів.

**Метою** даної роботи є визначення технологічних, хімічних та мікробіологічних показників свіжозібраного зерна проса, які є важливими критеріями якості зерна, що надходить на зерно заготівельні підприємства, та вибору подальших заходів з його надійного зберігання.

**Об'єкти та методи досліджень.** В якості об'єкту дослідження було обрано зерно проса різних типів, вирощене в Одеській та Кіровоградській областях врожаю 2012 року.

При визначенні фізико-технологічних властивостей досліджуваного об'єкта були використані методи, затверджені відповідними нормативними документами.

Відбір проб проводили за ГОСТ 13586.3-83. Вологість зерна визначали згідно ГОСТ 13586.5-93. Були визначені наступні показники: кут природного укосу згідно ГОСТ 28254-89, гранулометричний склад, натура (ГОСТ 10840-64), маса 1000 зерен згідно ГОСТ 10842-89, шпаруватість.

Сирий протеїн та азот визначали в лабораторних умовах згідно ГОСТ 13496.4-93 на аналізаторі *Kejeltec 2300* фірми «FOSS». Принцип дії аналізатора заснований на фотометричному титруванні водного розчину аміаку в присутності речовин-індикаторів. Закінчення процесу титрування — у момент зміни забарвлення розчину з зеленого на фіолетовий. Виходячи із об'єму та концентрації титрувального розчину, а також маси чи об'єму проби, відібраної для аналізу, блок керування та обчислень розраховує вміст азоту в пробі. Суть методу полягає в розкладанні органічної речовини проби киплячою концентрованою сірчаною кислотою з утворенням солей амонію в аміак, переведення амонію в аміак, відгону його в розчин кислоти, кількісному обліку аміаку титриметричним методом і розрахунку вмісту азоту в досліджуваному матеріалі.

Показник кількості мезофільних аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ) — найбільш розповсюджений мікробіологічний тест. Він всюди застосовується в харчовій технології для мікробіологічної оцінки якості продукту. Ідентифікація та визначення кількості патогенних, умовно-патогенних мікроорганізмів, плісневих грибів та дріжджів необхідних з точки зору безпеки, так як наявність або підвищення їх вмісту у порівнянні з припустимим нормами може бути причиною харчових отруєнь.

Для оцінки якості свіжозібраного зерна нами було проведено мікробіологічне дослідження зразків свіжозібраного зерна проса врожаю 2012 року Кіровоградської та Одеської областей.

У всіх досліджуваних зразках визначали кількість мезофільних аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ) та бактерії групи кишкової палички (БГКП); умовно-патогенні, до яких віднесені *Escherichia coli* і *Staphylococcus aureus*; плісневі гриби й дріжджі визначали шляхом висівання змивів мікроорганізмів з проса на поживні середовища з наступним культивуванням та характеристикою за культуральними та морфологічними ознаками по ГОСТ 10444.12, 10444.15 [8–9].

Проби досліджуваних зразків відбирали в асептичних умовах, які виключають мікробне забруднення продукту з навколишнього середовища в стерильний посуд. Загальну кількість бактерій визначали на м'ясопептидному агарі (МПА) після 48 годин культивування при температурі  $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ , міксоміцети — на сусли агарі (СА) через 7 діб при температурі  $(28 \pm 1)^\circ\text{C}$ . Спорів форми бактерій визначали в пастеризованих змивах, які висівали на комплексне поживне середовище МПА і СА у співвідношенні 1:1 після 48 годин термостування.



До геометричних характеристик зерна та насіння олійних культур відносять лінійні розміри (довжину  $l$ , ширину  $a$  та товщину  $b$ ), об'єм  $V$ , площу зовнішньої поверхні  $F$ , сферичність  $\psi$ , а також відношення  $V/F$ .

**Результати та їх обговорення.** Результати досліджень розмірних характеристик були отримані усе-редненням даних вимірювань 50 зернин, що забезпечило середню величину відносної похибки  $\delta$  не більше 5 %. Для порівняння у табл. 1 наведено також літературні дані [2–4, 7] лінійних розмірів проса.

Таблиця 1 – Геометричні характеристики зерна проса

(n = 3, p ≥ 0,95)

| Культура – просо               | Лінійні розміри, мм |            |             | Площа зовнішньої поверхні $F$ , мм <sup>2</sup> | Об'єм $V$ , мм <sup>3</sup> | Сферичність, $\psi$ | Відношення $V/F$ , мм |
|--------------------------------|---------------------|------------|-------------|-------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------------|
|                                | довжина $l$         | ширина $a$ | товщина $b$ |                                                 |                             |                     |                       |
| Літературні дані               | 1,8...3,2           | 1,2...3,0  | 1,0...2,2   | 1,0...1,8                                       | 5,0...6,0                   | 0,90...0,94         | 0,70...0,80           |
| I-го типу, Кіровоградська обл. | 1,9...3,3           | 1,6...2,5  | 1,4...1,9   | 1,7...2,6                                       | 2,4...8,8                   | 0,89...0,91         | 0,28...0,43           |
| II-го типу, Одеська обл.       | 2,3...3,2           | 1,7...2,3  | 1,5...2,0   | 1,9...2,6                                       | 3,3...8,2                   | 0,90...0,91         | 0,31...0,41           |
| III-го типу, Одеська обл.      | 2,4...3,3           | 2,0...2,5  | 1,7...2,1   | 2,1...2,7                                       | 4,6...9,7                   | 0,90...0,91         | 0,34...0,44           |

З таблиці 1 видно, що усі геометричні характеристики проса помітно варіюють. Так, довжина зерен розрізняється в 2,0...2,5 рази, ширина — у 2...3 рази, товщина — у 2,5...3,0 рази. В результаті змінюються і значення  $V$ ,  $F$ ,  $\psi$  та  $V/F$ . Це істотно впливає на вирівненість зернової маси за крупністю і при відсутності фракціонування зерна утрудняє вибір належних режимів сепарування, лушення та інших технологічних процесів.

Порівняльна характеристика деяких механічних характеристик зерна проса різного походження наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Механічні характеристики проса

(n = 3, p ≥ 0,95)

| Культура – просо               | Густина, т/м <sup>3</sup> | Натура, г/л | Маса 1000 зерен, г | Кут природного укусу, град | Кут тертя спокою, град |              |
|--------------------------------|---------------------------|-------------|--------------------|----------------------------|------------------------|--------------|
|                                |                           |             |                    |                            | по сталі               | по пластмасі |
| Літературні дані               | 0,8...1,2                 | 800         | 6,0...6,5          | 29                         | 11                     | 11           |
| I-го типу, Кіровоградська обл. | 1,41...1,42               | 714...731   | 5,0...5,2          | 22 ...25                   | 15...19                | 16...20      |
| II-го типу, Одеська обл.       | 1,23...1,27               | 726...737   | 6,3...6,6          | 21...25                    | 20...24                | 17...20      |
| III-го типу, Одеська обл.      | 1,39...1,40               | 747...766   | 7,1...7,3          | 21...25                    | 17...20                | 18...20      |

Наведені характеристики зерна проса дозволяють вирішувати велику кількість прикладних задач, що мають практичне значення. Так, механізація і автоматизація транспортування, обробки і зберігання зернових мас в сховищах (силосах сучасних елеваторів, металевих бункерах і сховищах) базуються на низці фізичних властивостей зерна, до яких відносяться, зокрема, сипкість, самосортування, щільність та ряд інших.

Відомо, що білок не накопичується в організмі людини та має надходити щоденно з їжею, його нестача має досить негативні наслідки для здоров'я. Так як збільшення виробництва білка та підвищення його цінності є досить актуальною проблемою сьогодення, просо є досить перспективною культурою для його отримання.

Нами було проведено дослідження вмісту білка свіжозібраного зерна проса, дані якого наведені у табл. 3 в порівнянні з даними літературних джерел.

Неоднорідність хімічного складу і нерівномірність розподілу хімічних речовин за анатомічними частинами зерна має велике значення для оцінки поживної цінності, організації післязбиральної обробки, особливо при виконанні масообмінних технологічних операцій (активне вентильовання, сушіння, охолодження) та зберіганні і подальшій переробки зернової маси. Умови формування зерна також впливають

на його хімічний склад. Більше впливають район вирощування (грунтово-кліматичні умови), рік врожаю, сорт рослини і агротехнічні заходи.

**Таблиця 3 – Вміст білка в зерні досліджених зразків проса,**  
(% від маси сухої речовини)

(n = 3, p ≥ 0,95)

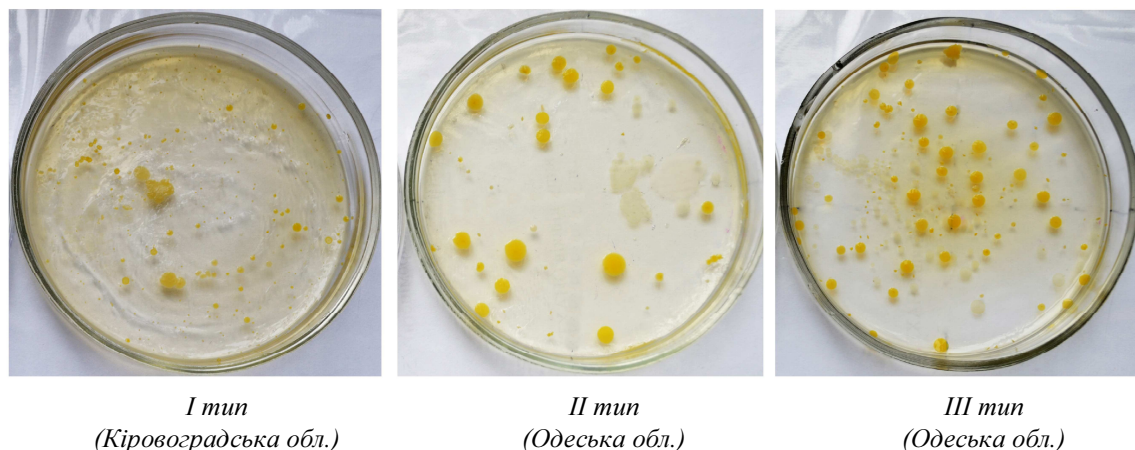
| Показник | Зернова культура – просо       |                          |                           |                    |                     |
|----------|--------------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------|
|          | I-тип<br>(Кіровоградська обл.) | II-тип<br>(Одеська обл.) | III-тип<br>(Одеська обл.) | Просо<br>в плівках | Просо<br>без плівок |
| Білок    | 11,25                          | 11,80                    | 11,90                     | (літературні дані) |                     |
|          |                                |                          |                           | 10...15            | 14,6...19,5         |

Результати досліджень мікробіологічних показників свіжозібраного зерна проса приведені в табл. 4 та рис. 1.

**Таблиця 4 – Результати мікробіологічного дослідження свіжозібраного проса**

| Тип проса | Область вирощування | Кількість мікроорганізмів, КУО/г |
|-----------|---------------------|----------------------------------|
| I         | Кіровоградська      | $1,6 \cdot 10^5$                 |
| II        | Одеська             | $4,6 \cdot 10^4$                 |
| III       | Одеська             | $4,1 \cdot 10^5$                 |

Аналіз отриманих результатів показав, що переважною складовою бактеріальної мікрофлори зерна проса є неспороутворююча паличка *Erwinia herbicola* (рис. 1) — звичайний супутник зерна при зберіганні в стандартних умовах (представник епіфітної мікрофлори).



**Рисунок 1 – Ріст *Erwinia herbicola* на поживному середовищі (змив з різних типів проса)**

Прийнято вважати, що кількість цих бактерій є показником свіжості зерна. Відсоток бактерій *Erwinia herbicola* від загальної кількості всіх бактерій складає 75 %, що підтверджує хорошу якість зерна (рис. 1). Частка коліформних бактерій на зерні проса становила 16,2 %. Із спороутворюючих бактерій виявленні бактерії групи *Subtilis-licheniformis*, відносна кількість яких склала на зерні проса – 8,8 % від загальної кількості бактерій. Із мікроміцетів у зразках проса були виявленні плісєневі гриби родів *Aspergillus*, *Penicillium* та польові гриби роду *Mucor* — які широко розповсюджені у верхньому шарі ґрунту, на поживному середовищі вони дали суцільний ріст. Мікробіологічне дослідження показало, що в усіх зразках, незалежно від типу проса та умов вирощування відсутні як патогенні, так і умовно патогенні мікроорганізми.

#### Висновки

Дослідження технологічних та геометричних показників свіжозібраного зерна проса свідчать, що чисельні значення таких показників як натура, кут природного укусу, сипкість, кути зовнішнього тертя спокою та в стадії руху, залежать від умов вирощування та початкової вологості зерна, і можуть бути використані на практиці при організації технологічного процесу зберігання, підготовки та переробки зерна проса для харчових та кормових цілей.

Хімічні та мікробіологічні показники зерна проса підтверджують задовільну якість досліджених зразків свіжозібраного зерна проса. Однак необхідно проводити подальші дослідження впливу різних етапів післязбиральної обробки на показники якості зерна проса для забезпечення тривалого та надійного його зберігання в різних типах зерносховищ та різних умовах довкілля.

#### Література

1. Зерновий та хлібопродуктовий товарообіг в Україні [Текст]: енциклопедичний довідник / В.Т. Александров, М.В. Гладій, Є.М. Лавров і др. – К.: АртЕк, 2000. – 500 с.
2. Морфология и анатомия семян зерновых злаков (часть 1). [Електронний ресурс]. Режим доступа: <http://girls4girls.ru/zernovedenie/1494-morfologiya-i-anatomiya-semyan-zernovyh-zlakov-chast-1.html>
3. Украинский рынок гороха, овса и проса: здравствуй, 2012/13 МГ! [Електронний ресурс]. Режим доступа: <http://www.apk-inform.com/ru/exclusive/topic/1007817#.UHVEdFHm5dg>
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. Тихонов, Н. И. Хранение зерна: учебн. [Текст] / Н. И Тихонов, А. М. Беляков. – Волгоград: ВолГУ, 2006. – 108 с.
6. Послеуборочная обработка и хранение зерна: учебн. [Текст] / Е.М. Вобликов, В.А. Буханцов, Б.К. Маратов, А.С. Прокопенко. – Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2001. – 240 с.
7. Казаков, Е.Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов [Текст] / Е.Д. Казаков, Г.П. Кириленко. – СПб: ГИОРД, 2005 – 512 с.
8. Технічна мікробіологія [Текст] / Л.В. Капрельянц, Л.М.Пилипенко, А.В.Єгорова та ін. – О.: Друк, 2006. – 308 с.
9. Смирнова, Т.А. Микробиология зерна и продуктов его переработки [Текст] / Т.А. Смирнова, Е.И. Костров. – М.: Агропромиздат, 1987. – 192 с.

РОЗДІЛ 2

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

УДК [664.859:582.788.1]:664.144

## ПРИМЕНЕНИЕ КИЗИЛОВОГО ПЮРЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЛУКУМА СБИВНОГО

Иоргачова Е.Г., д-р техн. наук, профессор, Гордиенко Л.В., канд. техн. наук, доцент,  
Толстых В.Ю., канд. техн. наук, доцент, Аветисян К.В. ст. научн. сотр.

*Исследована целесообразность использования при производстве лукума сбивного пюре из плодов кизила, установлено его влияние на процесс пено- и структурообразования лукумных масс, а также на качество готовых изделий. Разработаны новые изделия, которые позволят расширить ассортимент сбивных восточных сладостей, получить лукум улучшенного качества, повышенной пищевой ценности.*

*Investigated the feasibility of use in the manufacture of lacoum cornel puree, and found to influence on the process of foam and structure formation lacoum masses, as well as the quality of finished products. Develops new kinds of Turkish delight, which will allow to expand assortment of whipped Eastern sweets, to collect the confectionary goods of improved quality, high nutritional value.*

Ключевые слова: восточные сладости, лукум сбивной, пюре из плодов кизила, пенообразующая способность, стабильность пены, вязкость, плотность, прочность.

Расширение ассортимента восточных сладостей путем разработки новых изделий со сниженной калорийностью, обладающих функционально-физиологическими свойствами, является перспективным направлением развития кондитерской отрасли Украины. Лукум сбивной – один из наиболее популярных видов восточных сладостей и пользуется постоянно растущим спросом у потребителей. По своим физико-химическим свойствам он представляет собой мягкий студень пенообразной структуры, состоящий из двух дисперсных фаз – твердой и газообразной. Получают лукумные массы аналогично другим кондитерским пенам диспергационным способом [1, 2].

Одним из основных углеводсодержащих рецептурных компонентов для производства сбивных восточных сладостей являются фруктово-ягодные полуфабрикаты. Их использование обусловлено особой студнеобразной структурой сбивных изделий, которая возникает благодаря способности пектиновых веществ, входящих в состав фруктово-ягодного сырья, при определенных условиях образовывать студень необходимой прочности. Этим достоинством в большей степени обладает яблочное пюре. Однако назначение фруктово-ягодных полуфабрикатов определяется не только как пектинсодержащего сырья, но и продуктов, придающих сбивным изделиям вкус натуральных фруктов и ягод, обогащающих изделия витаминами и минеральными веществами. При производстве сбивных восточных сладостей возможно использование нетрадиционного сырья – пюре из плодов кизила, благодаря его химическому составу и функциональным свойствам, отвечающим требованиям технологии сбивных изделий.

В плодах кизила содержится 9-15 % сахаров, в основном глюкоза и фруктоза; пектиновые соединения – 0,58-1,18 %; органические кислоты – 2-3,5 %; дубильные и ароматические вещества – 0,2-0,36 %; 50-105 мг% аскорбиновой кислоты (что иногда превосходит черную смородину); 4 мг% железа (в 2 раза больше, чем в яблоках); калия 363 мг% (по количеству калия уступает только финикам) [3]. Кизил имеет противомикробное действие, нормализует артериальное давление, предупреждает склероз, кроме того, его рекомендуют применять при нарушении обмена веществ, как кроветворное, тонизирующее, противотуберкулезное средство [4].

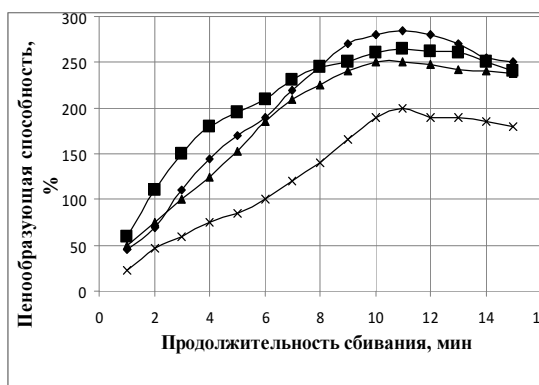
Ранее проведенными исследованиями доказана возможность полной замены в рецептуре лукума сбивного «Донецкий» картофельного крахмала на модифицированный марок Perfectamyl Gel 30 (E 1404) и Perfectamyl Gel MB (E 1420) [5, 6]. Для совершенствования технологии приготовления лукума сбивного на модифицированных крахмалах и получения изделий улучшенного качества исследована целесообразность использования пюре из плодов кизила, его влияние на процесс пено- и структурообразования лукумной массы, а также на качество изделий. Массовая доля кизилового пюре изменялась: 0, 40, 50 и 60 % от массовой доли сухих веществ яблочного пюре.

Оценить характер формирования структуры лукумных масс в процессе их приготовления и дальнейшей механической обработке: отливке, резке, выстойке, можно по основным структурно-реологическим свойствам – пенообразующей способности и стабильности пены, вязкости, плотности и прочности массы, а также по органолептическим показателям.

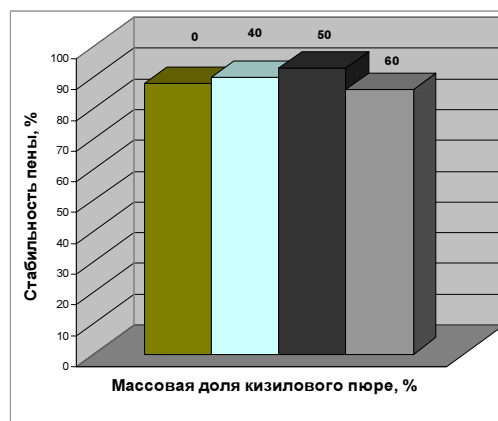
При производстве лукума сбивного последовательно протекают два процесса: пено- и студнеобразование. Пенообразные сбивные массы представляют собой дисперсную систему, состоящую из ячеек, за-

полненных воздухом и отделенных друг от друга пленками дисперсионной среды – крахмало-сахаро-белково-фруктового золя, способного переходить в гель. Углеводная составляющая дисперсионной среды существенно влияет на ее реологические свойства, от которых в свою очередь зависит процесс пенообразования.

Исследования пенообразующей способности (ПОС) массы лукума проводились при постоянной температуре 70 °С и интенсивности сбивания 340 об/мин. Установлено, что максимальную ПОС имеет масса контрольного образца – 285 % при продолжительности сбивания 10-12 мин (рис. 1).



**Рис. 1 – Пенообразующая способность лукумных масс при массовой доле кизилового пюре: 1 – 0 %; 2 – 40 %; 3 – 50 %; 4 – 60 %.**



**Рис. 2 – Стабильность пены лукумных масс с различной массовой долей кизилового пюре**

Добавление пюре из плодов кизила приводит к снижению пенообразующей способности смеси, так у образца с 40 % кизилового пюре ПОС снижается на 6 %, с 50 % пюре – на 10 %, у образца с 60 % пюре наблюдается значительное снижение ПОС – на 29 % по сравнению с контрольным образцом. Это объясняется, по-видимому, наличием большого количества клеточных стенок растительной ткани, содержащихся в пюре, под тяжестью которых происходит некоторое разрушение пенной структуры. Также известно, что максимальная пенообразующая способность белков проявляется в изоэлектрической точке, которая достигается в слабокислых средах [7]. Тогда как с увеличением массовой доли кизилового пюре кислотность рецептурной смеси повышается, что может привести к снижению ПОС.

Показателем качества для пористых структур является стабильность пены, которую фиксировали по высоте столба пены через 1 час после прекращения сбивания. Установлено, что в образцах с внесением 40 и 50 % кизилового пюре происходит повышение стабильности пены (рис. 2), так как пектиновые вещества, обладающие стабилизирующими свойствами, адсорбируясь на поверхности раздела фаз воздух-жидкая часть сбитой массы, увеличивают подвижность межфазных адсорбционных слоев с одновременным повышением прочности оболочки воздушных пузырьков. С повышением массовой доли кизилового пюре до 60 % наблюдается снижение пеностабилизирующей способности, что объясняется увеличением содержания влаги в массе (за счет влаги пюре), при этом происходит более быстрое стекание жидкости под действием силы тяжести в пленках дисперсной среды из верхних слоев в нижние.

Прочность студня характеризуется таким показателем, как предельное напряжение сдвига. Установлено, что с увеличением массовой доли нетрадиционного кизилового пюре происходит незначительное уменьшение прочности всех исследуемых образцов, что характеризуется снижением их предельного напряжения сдвига (табл. 1). Так, с увеличением массовой доли кизилового пюре в смеси снижается общее содержание пектиновых веществ. Но наличие органических кислот (2-3,5 %), которые выступают в качестве электролита, приводит к уменьшению сил электростатического отталкивания, и, следовательно, к более прочному сцеплению молекул пектина. При внесении 50 % кизилового пюре студень имеет хорошо сформированную пространственную сетку, достаточную упругость и прочность. Дальнейшее увеличение массовой доли пюре из плодов кизила приводит к ухудшению качественных характеристик студня.

Показатель вязкости лукумных масс характеризует в некоторой мере качество пектинсодержащего сырья и отражает изменения, происходящие с пектином в процессе обработки растительной ткани, так как вязкость изменяется за счет необратимых изменений структуры пектиновых веществ в процессе приготовления плодово-фруктовой смеси. Молекулы пектина легко ассоциируют друг с другом и крупными

молекулами сопутствующих веществ. Вязкость углеводсодержащего сырья зависит от концентрации, длины молекулярной цепи, степени этерификации пектина, присутствия электролитов и температуры [7].

**Таблица 1 – Показатели качества лукумных масс и готовых изделий с нетрадиционной углеводсодержащей компонентой**

| Показатели                                 | Контрольный образец | Массовая доля кизилового пюре, % |      |      |
|--------------------------------------------|---------------------|----------------------------------|------|------|
|                                            |                     | 40                               | 50   | 60   |
| <b>Лукумные массы:</b>                     |                     |                                  |      |      |
| Предельное напряжение сдвига, кПа          | 41,6                | 39,5                             | 37,0 | 33,2 |
| Плотность, кг/м <sup>3</sup>               | 614                 | 590                              | 564  | 553  |
| Вязкость ( $\eta=5 \text{ с}^{-1}$ ), Па·с | 784                 | 769                              | 757  | 748  |
| <b>Готовые изделия:</b>                    |                     |                                  |      |      |
| Массовая доля сухих веществ, %             | 78,0                | 77,8                             | 77,7 | 77,5 |
| Кислотность, град                          | 1,6                 | 1,7                              | 1,8  | 2,0  |
| Массовая доля редуцирующих веществ, %      | 26,3                | 27,0                             | 27,3 | 28,0 |

В результате исследований установлено, что начало разрушения структуры лукумных масс при температуре 60 °С происходит при градиенте скорости сдвига 5,0 с<sup>-1</sup>. С повышением концентрации кизилового пюре в исследуемых образцах происходит насыщение межфазных адсорбционных слоев, подвижность которых вследствие укрепления снижается. Достаточно высокая прочность структуры в адсорбционном слое приводит к снижению его стабилизирующего действия из-за образования хрупких разрывов, при этом наблюдается некоторое снижение плотности и вязкости масс лукама. Так, в образце с добавлением 40 % кизилового пюре плотность снижается на 3,9 %, вязкость на 2 %, в образце с 50 % кизилового пюре плотность снижается на 8 %, вязкость на 3,5 %, а в образце с 60 % кизилового пюре – на 10 % и 4,6 % соответственно.

Результаты исследований физико-химических показателей лукама сбивного показали, что изделия соответствуют требованиям ГОСТ 30058-95 на восточные сладости типа мягких конфет. С повышением массовой доли кизилового пюре наблюдается некоторое увеличение кислотности лукама, при этом массовая доля редуцирующих веществ у исследуемых образцов повышается не более чем на 2 % (табл. 1).

На основании проведенных исследований установлено, что рациональная дозировка кизилового пюре при производстве лукама сбивного составляет 50 % от массы яблочного пюре, изделия на его основе обладают хорошими студнеобразующими свойствами – достаточно прочным, способным удерживать заданную форму длительное время студнем, нежной, пенообразной консистенцией с высокой дисперсностью воздушных включений.

Для органолептической оценки полученных изделий была применена балльная шкала [8]. Качество лукама оценивали по следующим показателям: внешний вид, форма, вкус, цвет, структура и консистенция. В результате проведенной экспертной оценки (рис. 3) было подтверждено, что образец с внесением 50 % кизилового пюре имел наилучшие показатели – хороший внешний вид, мелкодисперсную консистенцию, правильную форму, светло-розовый цвет, приятный кисло-сладкий вкус и аромат кизила, свойственные данному виду изделий.

Анализ химического состава лукама сбивного с кизиловым пюре показал, что содержание калия увеличивается в 1,5 раза, железа – в 2 раза, аскорбиновой кислоты – в 3,5 раза по сравнению с контрольным образцом на яблочном пюре, что свидетельствует о повышении пищевой ценности разработанных изделий.

В результате комплекса проведенных исследований доказана технологическая возможность частичной замены яблочного пюре нетрадиционным кизиловым пюре при производстве лукама сбивного. Изучен характер формирования структуры лукумных масс, определены их основные структурно-реологические показатели, проведена оценка качества изделий на основе кизилового пюре по органолептическим показателям. Разработаны новые виды лукама, которые позволят расширить ассортимент сбивных восточных сладостей, получить изделия улучшенного качества, повышенной пищевой ценности.

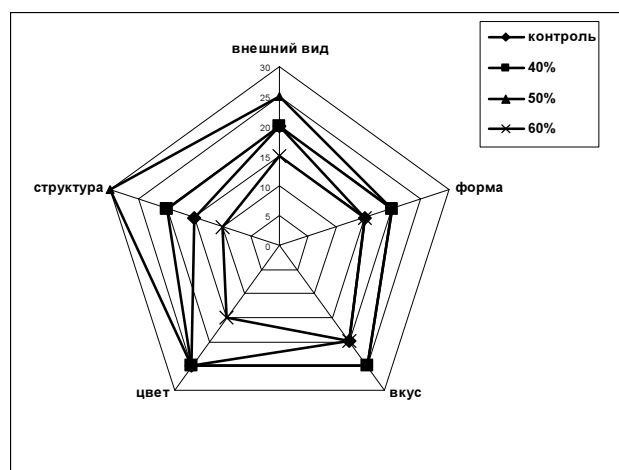


Рис. 3 – Профилограмма органолептической оценки лукума сбивного на основе кизилового пюре

#### Литература

1. Иоргачева Е.Г. Перспективы производства низкосахаристых восточных сладостей на рынке Украины / Е.Г. Иоргачева, Л.В. Гордиенко, В.Ю. Толстых, К.В. Аветисян // Пищевая наука и технология. – 2012. – № 1. – С. 3-5.
2. Иоргачова К.Г., Банова С.І. Вплив вуглеводної нетрадиційної сировини на процес структуроутворення зефірної маси / Зб. наук. праць «Обладнання та технології харчових виробництв», Вип 8. – Донецьк, – 2003. – С. 32-39.
3. Иоргачева Е.Г. Новые желейные изделия с полуфабрикатами из кизила / Е.Г. Иоргачева, Л.В. Гордиенко, В.Ю. Толстых // Пищевая наука и технология. – 2009. – №1. – С. 39-42.
4. Липкан Г.Н. Применение плодово-ягодных растений в медицине. – К.: Здоровье, 1988. – 152 с.
5. Иоргачева Е.Г. Использование модифицированных крахмалов при производстве лукума сбивного / Е.Г. Иоргачева, Л.В. Гордиенко, В.Ю. Толстых // Пищевая наука и технология. 2013. – № 1. – С. 5-7.
6. Рецептуры на восточные сладости. – Легкая и пищевая пром-сть. – 1984. – 72 с.
7. Зубченко А.В. Физико-химические основы технологии кондитерских изделий: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. / Воронеж. гос. технол. акад. – Воронеж, – 2001. – 389 с.
8. Иоргачева Е.Г. Исследование структурно-реологических свойств масс для нуги / Е.Г. Иоргачева, Л.В. Гордиенко, В.Ю. Толстых // Зб. Наук. пр. ОНАХТ. – Одеса, – 2012. – Вип. 42, Т. 1. – С. 187-190.

УДК 664.143.022.3 – 027.242 : 579.87

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО–СТАТИСТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗЕФИРА С СИНБИОТИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ

Коркач А.В., канд. техн. наук, доцент, Пшенишнюк Г.Ф., канд. техн. наук, доцент,  
Пальчук С., магистрант

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

*В работе показана возможность применения про- и пребиотиков в технологии зефира, рассмотрены вопросы оптимизации технологического процесса производства зефирных масс методом полного факторного эксперимента.*

*This paper shows the possibility of pro-and prebiotics in marshmallow technology, issues of production process optimization marshmallow masses by the full factorial experiment*

Ключевые слова: пробиотики, пребиотики, синбиотический комплекс, иммобилизованные бифидобактерии, лактулоза, зефирная масса, зефир.



По данным Всемирной организации здравоохранения, состояние здоровья человека лишь на 15 % зависит от организации врачебной помощи, настолько же от генетических особенностей и на 70 % – от образа жизни и питания. Поэтому питание должно удовлетворять не только физиологические потребности организма, но и выполнять профилактические и лечебные цели, так как в современных условиях увеличивается количество заболеваний, связанных именно с нарушением питания. Эти заболевания обусловлены рядом факторов, среди которых ухудшение экологической обстановки; накопление в продуктах питания токсичных и мутагенных веществ; рост потребления ряда лекарственных средств, в частности антибиотиков, без учета их действия на желудочно-кишечный тракт и населяющую его микрофлору. Человек сам может ослабить их влияние, принимая пищу, помогающую организму нормализовать функции, предупреждать появление болезней и бороться с ними.

Кондитерские изделия представляют группу пищевой продукции весьма обширного ассортимента, которые пользуются большой популярностью ввиду разнообразных потребительских свойств, штучной упаковки и той роли, которую они играют в восполнении энергетического баланса человека. Значительная часть населения потребляет кондитерские изделия каждый день, поэтому целесообразно направить внимание на придание данной группе пищевых продуктов функциональных свойств.

Большой интерес проявляется к кондитерским изделиям пенообразной структуры: зефиру, пастиле, сбивным конфетам, пользующимся большим спросом у потребителей. Это объясняется рядом особенностей, определяющих ценность данной группы изделий: значительной долей воздушной фазы и высокой степенью ее дисперсности, позволяющей образовывать структуры с высокими вкусовыми качествами и усвояемостью; высоким содержанием пектина, обладающего способностью выводить из организма человека холестерин, тяжелые металлы, радионуклиды, улучшать обмен веществ, придавать изделиям функциональные свойства; значительным содержанием яичного белка, определяющим их высокую биологическую ценность.

Объектом исследования являлись образцы зефира с добавлением в их рецептуру синбиотической добавки, которая представляет собой комплекс, состоящий из иммобилизованных бифидобактерий и лактулозы [1]. О положительном влиянии бифидофлоры, которая выступает в роли пробиотиков, на организм человека указывает ряд отечественных [2,3] и зарубежных авторов [5,6,7]. По их мнению, физиологическая роль бифидофлоры обусловлена её защитной и синтетической функциями.

Наряду с пробиотиками особого внимания в последнее время заслуживает применение в составе продуктов функционального питания пребиотиков. В качестве пребиотиков на сегодняшний день принято рассматривать лактулозу, олигосахариды (например, фруктоолигосахариды), биологически активные иммунные белки (лактоглобулин, гликопептиды), отдельные витамины и их производные (пантотеновая кислота,  $\beta$ -каротин). Наиболее эффективным «бифидус-фактором» считается лактулоза — дисахарид, содержащий остатки галактозы и фруктозы. Полагают, что лактулоза стимулирует в кишечнике рост не только бифидофлоры, но и лактобацилл, а также некоторые другие микроорганизмы семейства лактобацилл. Бифидобактерии и лактобациллы активно ферментируют лактулозу в кишечнике с образованием органических кислот. В условиях снижения значения pH содержимого кишечника подавляется развитие гнилостной микрофлоры, следствием чего является предотвращение образования токсичных продуктов белкового распада и абсорбции аммиака в кровь, уменьшение нагрузки на печень и почки. Существует предположение, что употребление лактулозы способствует адсорбции кальция, посредством чего повышается прочность костей [4].

Полагают, что смешанные препараты – «синбиотики», содержащие пробиотики и пребиотики, обеспечивают максимальный оздоровительный эффект и поэтому создание кондитерских изделий с синбиотическими свойствами является актуальным и своевременным.

В результате предварительной серии экспериментов было определено количество вносимых иммобилизованных бифидобактерий и массовую долю лактулозы.

Как известно, на качество зефирной массы и готового изделия оказывают влияние многие факторы. В ходе выполнения работы был осуществлен выбор наиболее значимых факторов, влияющих на физико-химические показатели качества зефирной массы. Для оптимизации качества зефирной массы применялся метод полного факторного эксперимента (ПФЭ). В качестве целевой функции  $Y$  или параметра оптимизации использовали плотность зефирной массы.

На параметр оптимизации оказывали существенное влияние следующие факторы:  $X_1$  – массовая доля лактулозы,  $X_2$  – время сбивания,  $X_3$  – давление воздуха в сбивальной камере (табл. 1). Все факторы относятся к количественным.

Реализация эксперимента по матрице плана ПФЭ  $2^3$  и математическая обработка данных (табл. 2) позволили получить зависимость параметра оптимизации от значений входных факторов и математическую модель в виде уравнения регрессии (1).

Таблица 1 – Факторы и уровни их варьирования

| Параметр              | Факторы                           |                            |                              |
|-----------------------|-----------------------------------|----------------------------|------------------------------|
|                       | Массовая доля лактулозы, %, $X_1$ | Время сбивания, мин, $X_2$ | Давление воздуха, мПа, $X_3$ |
| Основной уровень (0)  | 7,5                               | 4                          | 0,2                          |
| Интервал варьирования | 2,5                               | 2                          | 0,2                          |
| Верхний уровень (+1)  | 10                                | 6                          | 0,4                          |
| Нижний уровень (-1)   | 5,0                               | 2                          | 0                            |

Таблица 2 – План полного факторного эксперимента  $2^3$  с учетом взаимодействия факторов

| Номер опыта | Кодированные переменные |       |       | У, кг/м <sup>3</sup> |
|-------------|-------------------------|-------|-------|----------------------|
|             | $X_1$                   | $X_2$ | $X_3$ |                      |
| 1           | - 1                     | - 1   | - 1   | 752,35               |
| 2           | + 1                     | - 1   | - 1   | 607,36               |
| 3           | - 1                     | + 1   | - 1   | 521,79               |
| 4           | + 1                     | + 1   | - 1   | 561,85               |
| 5           | - 1                     | - 1   | + 1   | 344,2                |
| 6           | + 1                     | - 1   | + 1   | 296,21               |
| 7           | - 1                     | + 1   | + 1   | 386,86               |
| 8           | + 1                     | + 1   | + 1   | 339,2                |
| 9           | 0                       | 0     | 0     | 367,93               |
| 10          | 0                       | 0     | 0     | 381,9                |
| 11          | 0                       | 0     | 0     | 368,59               |

В результате ПФЭ  $2^3$  определили 8 коэффициентов регрессии в уравнении:

$$Y = 476,23 + 25,07x_1 - 23,8x_2 - 134,61x_3 + 23,17x_1x_2 + 1,16x_1x_3 + 45,22x_2x_3 + 23,09x_1x_2x_3 \quad (1)$$

В результате проведенного статистического анализа значимости коэффициентов уравнения (1) определили, что коэффициент 1,16 незначимо отличается от нуля, т.е. изменение выхода процесса при изменении уровней межфакторного взаимодействия факторов  $X_1$  и  $X_3$  будет соизмеримо с ошибкой его определения. Такое межфакторное взаимодействие из уравнения регрессии (1) было исключено.

В результате получили регрессионное уравнение, которое по рассчитанному критерию Фишера, адекватно описывает условия эксперимента следующего вида:

$$Y = 476,23 + 25,07x_1 - 23,8x_2 - 134,61x_3 + 23,17x_1x_2 + 45,22x_2x_3 + 23,09x_1x_2x_3 \quad (2)$$

На основании полученного уравнения (2) составлены математические модели, позволяющие определить оптимальное значение факторов – массовую долю лактулозы, время сбивания и давление воздуха при сбивании, при которых параметр оптимизации приобретает максимальное значение.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать вывод, что оптимальными показателями, определяющими наилучшее качество зефира по показателю плотности, являются: массовая доля лактулозы – 7,5 %; время сбивания зефирной массы – 4 мин и давление воздуха в сбивальной камере – 0,2 мПа.

### Литература

1. Коркач, А.В. Обоснование метода иммобилизации микроорганизмов и их применение в технологии кондитерских изделий [Текст] / А.В. Коркач, Г.В. Крусир, А.В.Егорова // Пищевая наука и технология. 2013. – №1. – С. 35-38.
2. Бевз, Н.И. Новый препарат-эубиотик на основе двух видов бифидобактерий (*B. bifidum* и *B. longum*) и его нормализующая микробиоценоз кишечника активность [Текст] : автореф. дис. канд. биол. наук. / Н.И. Бевз. – М., 1991. – 21 с.
3. Исаева, Н.П. Механизмы воздействия пробиотиков на функциональное состояние лимфоцитов при остром шигеллезе [Текст] / Н.П. Исаева, М.З. Шахмарданов, Л.Н. Зелескова, А.В. Григорьев, В.И. Лучшев // Журн. микробиол. 1994. – №6. – С.107-108.
4. Максимов, В.И. Лактулоза и микрорекология толстой кишки [Текст] / В.И. Максимов, В.Е. Родоман, В.М. Бондаренко // Журн. микробиол. 1998. – № 5. – С.101-107.
5. Challa A., Ramkishan Rao D., Chawa C.B., Shackelford. *Bifidobacteria longum* and lactulose suppress azoxymethane – induced colonic aberrant crypt foci in rats // Carcinogenesis. 1997. – Vol. 18. – P.517-521.

6. Fuller R. Probiotics in man and animals // Journal of Applied Bacteriology. 1989. – Vol. 66. – P. 365-378.
7. Sekine K., Watanabe-Sekine E., Ohta J., Toida T., Tatsuki T., Kawashima T. Induction and activation of tumoricidal cells in vitro and in vivo by the bacterial cell wall of Bifidobacterium infantis // Bifidobacteria and Microflora. 1994. – Vol. 13. – P. 65-77.

УДК 664.664.4:638.167

## РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ БОРОШНЯНИХ ДЕСЕРТНИХ ВИРОБІВ ІМУНОСТИМУЛЮВАЛЬНОЇ ДІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ АПІПРОДУКТІВ

Д'яконова А.К., д-р техн. наук, професор, Вікуль С.І., канд. техн. наук, доцент,  
Салавеліс А.Д., канд. техн. наук, доцент, Коновал М.П., магістр  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

*Наведено результати досліджень із створення технології борошняних десертних виробів з використанням продуктів бджільництва для всіх вікових груп населення з послабленим імунітетом. Розроблено рецептуру і технологію борошняного десерту з використанням апіпродуктів – меду, прополісу, перги, досліджено біологічну цінність різних сортів меду, встановлено компонентний склад апіпродуктів, розроблено спосіб їх підготовки і введення до складу кексів, визначено харчову і біологічну цінність отриманих продуктів.*

*Results of research on the creation of technology of flour dessert products with the use of bee products for all age groups, with a weakened immune system. Developed recipes and technology of flour and dessert using apiproducs - honey, propolis, pollen, investigated the biological value of the different varieties of honey, installed component composition apiproducs, developed the method of their preparation and introduction of the cupcakes, defined nutritional and biological value of the products obtained.*

Ключові слова: борошняний десерт, мед, прополіс, перга, біологічна цінність.

Різка погіршення екологічних умов та надмірне споживання продуктів з високою енергетичною цінністю призводить до порушення обміну речовин і виникнення так званих «хвороб цивілізації», до яких належать такі поширені в наш час хвороби, як серцево-судинні, атеросклероз, діабет, ожиріння тощо. Останнім часом спостерігається постійне зростання кількості людей, які споживають висококалорійну так звану «швидку їжу», вживання якої призводить до порушення процесів обміну і дефіциту необхідних для організму біологічно активних речовин.

Сьогодні в міжнародній практиці з метою покращення здоров'я і підвищення імунітету населення до несприятливих умов навколишнього середовища розробляються і впроваджуються у виробництво функціональні продукти харчування, які користуються великим попитом у населення всіх країн світу. Функціональні продукти характеризуються високим вмістом біологічно активних речовин, допомагають організму людини адаптуватися до дії різних несприятливих факторів існування, таких як стрес, інфекційні захворювання, радіація, перешкоджають виникненню «хвороб цивілізації», затримують процеси старіння. Тому проблема створення продуктів функціонального призначення, які повинні частково або повністю задовольняти потреби організму людини, незалежно від віку, в корисних та біологічно активних речовинах, є актуальною.

Вирішення цієї проблеми пов'язане із забезпеченням населення повноцінними і збалансованими як у біологічному, так і в енергетичному плані функціональними продуктами харчування. Для профілактики прогресуючих захворювань і зниження ризику їх виникнення необхідно створювати продукти харчування з низькою калорійністю, збагачені комплексом біологічно активних речовин [1]. У зв'язку з цим приділяється значна увага виробництву продуктів спеціального, лікувального і профілактичного харчування, які здатні задовольнити усі прошарки населення в харчових і біологічно цінних речовинах та одночасно зменшити шкідливий вплив навколишнього середовища на організм людини.

Для виробництва функціональних харчових продуктів використовують рослинну та тваринну сировину, до складу якої входить значна кількість фізіологічно і біологічно активних речовин, – плодово-ягідну, овочеву, дикорослі ягоди та лікарські трави, морепродукти, продукти бджільництва, субпродукти, рослинні жири тощо.

Продукти бджільництва сконцентрували в собі не тільки харчові речовини рослинного походження, але й комплекс біологічно активних речовин, які володіють властивостями нутрицевтиків і парафармаце-

втиків, активізують захисні сили організму, покращують функцію серця, печінки, шлунково-кишкового тракту, стимулюють кровотворення, підвищують розумову і фізичну діяльність, а також мають імуностимулювальні і радіопротекторні властивості. Вживання їх підвищує імунітет і знижує ризик виникнення онкологічних захворювань, спровокованих забрудненням навколишнього середовища, що дуже важливо для населення України.

Найбільш широке використання продукти бджільництва знайшли в молочній промисловості для збагачення кисломолочних напоїв, плавлених сирків, кисломолочного сиру, вершкового масла тощо. В кондитерській галузі мед використовують при виробництві пряників, печива, кексів, тортів. При заміні медом 50 % цукру в тісті вихід виробів збільшується, а консистенція і аромат покращуються. При виробництві цукерок і карамелі мед затримує карамелізацію цукру. Його додають у фруктові начинки, збиті молочні цукерки, льодяники, халву, пастилу тощо. Продукти бджільництва, які називають апіпродуктами або біларпродуктами, рекомендовані фармацевтами Національного фармацевтичного університету України для виготовлення кондитерських та медових виробів. Розроблено рецептури та технології виробництва нових збагачених апіпродуктами хлібобулочних і кондитерських виробів. Останнім часом у літературі досить часто зустрічаються рекомендації щодо збагачення борошнаних кондитерських виробів, які користуються постійно зростаючим попитом у всіх верств населення, різними біологічно цінними інгредієнтами для надання їм функціональних властивостей [3, 4].

Проведений аналіз літературних джерел засвідчив, що в наш час при виробництві кондитерських борошнаних виробів використовується тільки мед і майже відсутнє використання таких біологічно цінних продуктів бджільництва, як прополіс, перга, квіткова обніжка, маточне молочко.

Метою роботи є розробка рецептури і технології борошнаних кондитерських виробів функціональної спрямованості з імуностимулювальними властивостями з використанням таких біологічно цінних продуктів бджільництва, як мед, перга і прополіс. Прополіс – натуральна смолиста речовина тваринно-рослинного походження, збирена бджолами з бруньок і різних частин рослин. Перга – продукт переробки бджолами квіткового пилку.

Мед, прополіс, перга, маточне молочко, зібраний бджолами квітковий пилко суттєво відрізняються від продуктів рослинного походження. Унікальність їх полягає в тому, що до рослинних біологічно активних речовин (БАР), таких як фенольні сполуки, каротиноїди, вітаміни, мінеральні речовини, додаються специфічні поліненасичені деценові жирні кислоти, які виробляються організмом бджоли і не зустрічаються в природі у чистому вигляді. Тому мед являє собою рослинно-тваринний продукт, хімічний склад якого визначається ботанічним видом пилку і складними хімічними перетвореннями нектару під дією секретів слинних залоз бджоли [2].

До продуктів бджільництва належить перга, яка здатна швидко відновлювати енергетичні витрати організму при напруженій розумовій праці. За рахунок високої збалансованості за складом вітамінів і мікроелементів перга нормалізує роботу всього травного тракту. Перга не тільки не підвищує цукор у крові, але й сприяє його нормалізації і навіть зниженню при цукровому діабеті та панкреатиті, зміцнює судини, капіляри, благотворно впливає на головний мозок і його живлення. Мед із пергою є прекрасним дієтичним продуктом, який містить всі незамінні амінокислоти. Перга містить у 20 разів більше вітаміну А, ніж морква, багата органічним залізом, що робить мед із пергою дуже корисним при анемії, а післяопераційний період відновлення тощо [2].

Прополіс має високу антибактеріальну, фунгіцидну та антиоксидантну активність, причому остання в 4-5 разів перевищує класичний антиоксидант  $\alpha$ -токоферол в еквівалентній дозі. Виявлено тісний прямий кореляційний зв'язок між антиоксидантною активністю добавки з прополісу та вмістом у ній низькомолекулярних фенольних сполук, ароматичних речовин і каротину. На лабораторних дослідках встановлено вплив продуктів з прополісом на імунну систему тварин, який полягає в стимулювальній дії на Т-клітинні реакції імунітету [2].

Склад моноцукрів меду змінюється залежно від активності ферментів, виду пилку, часу його збору бджолами і ступеня зрілості. Вважається, що основні процеси у зміні складу меду під дією ферментів відбуваються протягом 6 місяців і мед вважається зрілим. Нами проведено дослідження складу цукрів різних сортів зрілого меду, зібраного на території Вінницької області й використаного в подальшій роботі (табл. 1).

Наведені дані свідчать, що вміст моноцукрів у акацієвому меді, на суху речовину, становить 78 %, соняшниковому – 70 %. В обох зразках меду вміст глюкози перевищує вміст фруктози, а цукрози – не досягає навіть 0,8 %. Тому мед особливо корисно вживати в якості цукрозамінника хворим на цукровий діабет, знижуючи таким чином навантаження на підшлункову залозу і одночасно посилюючи імунітет організму.

Таблиця 1– Вуглеводний склад різних сортів зрілого меду

| Вид меду                            | Вміст компонентів, % |         |          |         | Співвідношення<br>фруктоза/ глюкоза |
|-------------------------------------|----------------------|---------|----------|---------|-------------------------------------|
|                                     | Фруктоза             | Глюкоза | Мальтоза | Цукроза |                                     |
| Акацієвий (рідкий)                  | 42,6                 | 48,3    | 4,1      | 0,7     | 0,88                                |
| Соняшниковий<br>(закристалізований) | 38,2                 | 46,5    | 1,1      | 0,5     | 0,82                                |

Поряд з вуглеводним складом обраних сортів меду досліджували їх фізико-хімічні властивості – масову частку води, активну і титровану кислотність, діастазне число, реакцію на оксиметилфурфурол (табл. 2).

Таблиця 2 – Фізико-хімічні властивості та біологічна активність різних сортів зрілого меду

| Показники                                                              | Дослідні зразки меду |              |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------|
|                                                                        | Акацієвий            | Соняшниковий |
| Масова частка води, %                                                  | 14,0                 | 17,2         |
| Активна кислотність (pH)                                               | 3,8                  | 4,12         |
| Титрована кислотність, см <sup>3</sup> 1н. розчину NaOH, на 100 г меду | 1,2                  | 3,0          |
| Діастазне число, од. Готе                                              | 7                    | 12,1         |
| Біологічна активність, од. акт.                                        | 374,2                | 181,2        |
| Реакція на оксиметилфурфурол                                           | Негативна            | Негативна    |

До складу меду входять як органічні, так і неорганічні кислоти, які потрапляють у мед з нектару, пилових зерен, виділень бджоли, а також синтезуються в процесі ферментативного розкладання й окислювання цукрів. Активна кислотність (pH), яка характеризує присутність у меді вільних органічних кислот, в акацієвому меді значно вища, ніж у соняшниковому, в той час як в акацієвому меді переважає вміст кислот, які знаходяться у зв'язаному стані.

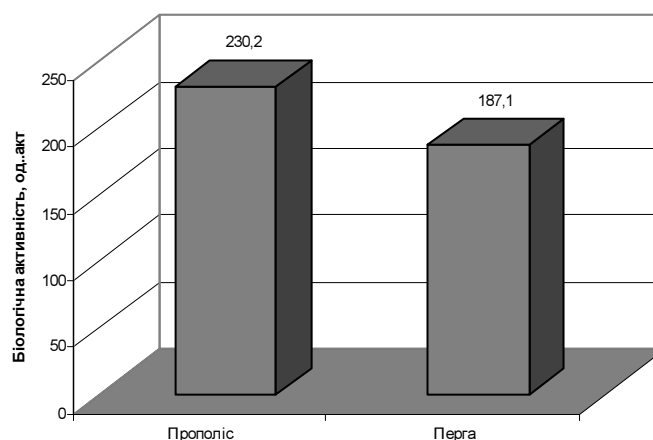
Одним із показників зрілості меду є його водність, тобто відсотковий вміст води, який визначали у дослідних зразках меду рефрактометричним методом. Встановлено, що масова частка води в акацієвому меді, порівняно із соняшниковим, менша майже на 3,0 %. Діастазне число, яке характеризує активність амілолітичних ферментів, вище у соняшниковому меді. Біологічну активність апіпродуктів досліджували в системі нікотинамідаденін динуклеотид відновлений NAD<sup>+</sup>H<sub>2</sub> – фероціанід калію K<sub>3</sub>Fe(CN)<sub>6</sub> у фосфатному буфері [5].

Як свідчать наведені дані, акацієвий мед характеризується значно вищою біологічною цінністю, що пов'язано з хімічним складом сировини, з якої збирався пилок. Хімічний склад прополісу залежить від видового складу рослин, фізіологічного стану бджіл, пори року та ряду інших факторів. До складу прополісу входять суміш смол і бальзамів, віск, ефірна олія, квітковий пилок, вітаміни А, С, Е, групи В та ін., а також макро- і мікроелементи. За нашими даними активна кислотність (pH) прополісу становить 6,6, а масова частка води – 1,0 %. Прополіс розчиняється в чистих органічних розчинниках та їхніх сумішах, таких як метиловий і етиловий спирт, діетиловий і петролейний ефір, бензин, рослинні і тваринні масла тощо. Протимікробні властивості екстрактів прополісу не втрачаються навіть після їх 30-хвилинного нагрівання при 120 °С або годинної витримки на киплячій водяній бані [6].

До складу перги входить до 28 % білків, до 14 % жиру, до 38 % вуглеводів, до 5 % мінеральних солей. Вміст каротиноїдів в 1 г перги досягає 18 мг, токоферолу – 0,56 мг. Кількість флавоноїдних з'єднань коливається від 1,5 до 6,5 %. Перга містить багато магнію, заліза, кальцію, калію, який на відміну від фармацевтичних препаратів калію добре засвоюється організмом. Активна кислотність перги (pH) дорівнює 5,4, вміст води – 15,7 %. Перга гармонізує роботу ендокринних залоз, знижує рівень холестерину в крові, покращує діяльність серця і системи кровообігу, посилює імунізаційні сили організму, не викликає алергії. Перга стійка до дії високих температур, біологічна активність її не знижується навіть при нагріванні протягом 30 хв. при температурі 121 °С [6].

Ефективність використання прополісу і перги в продуктах харчування залежить від багатьох чинників, серед яких важливу роль відіграють процеси розчинення біологічно цінних речовин і рівномірність розподілення їх у харчовому продукті. Враховуючи хімічний склад прополісу і перги, нами проведено дослідження процесу розчинення біологічно цінних речовин різними екстрагентами (вода, вершкове масло, 75 % етиловий спирт) і визначено ступінь їх переходу в екстрагент. Встановлено, що водний екстракт прополісу має біологічну активність (БА) 3624 од. акт., перги – 2394 од. акт., при використанні розчину спирту, відповідно, 25520 і 2764 од. акт. Враховуючи, що до складу рецептури кексів не входить

вода, а використання спирту в продуктах, призначених для всіх верств населення, є недоречним, в якості екстрагента БАР використали вершкове масло, яке містить від 16 до 20 % вологи, що забезпечує екстрагування як жиророзчинних, так і водорозчинних біологічно цінних фракцій прополісу і перги (рис. 1).



**Рис. 1 – Біологічна активність масляних екстрактів із продуктів бджільництва**

Враховуючи різний хімічний склад, фізико-хімічні властивості та біологічну цінність досліджених апіпродуктів, у роботі використали суміш перги і прополісу у співвідношенні 1:1, а після екстрагування з них БАР за допомогою вершкового масла отримали апімасло, яке використали в подальшій роботі.

Досліджено залежність ступеня екстрагування маслом БАР від тривалості процесу екстрагування. Встановлено, що чим довша тривалість екстрагування, тим більше БАР переходить у масло, але після 15 хв екстрагування при температурі  $(58 \pm 1)^\circ\text{C}$  вершкове масло починає розшаровуватись і його використання в подальшій роботі є недоцільним.

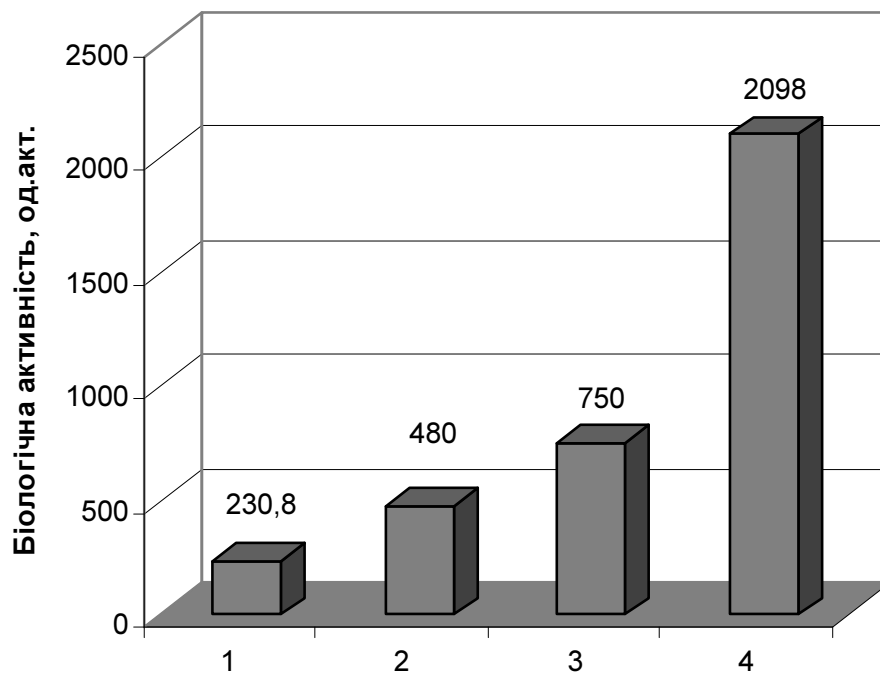
Для визначення найкращого співвідношення у рецептурному складі кексів меду і цукру, масла і апімасла досліджено 9 зразків борошняних виробів за органолептичними властивостями і консистенцією. Встановлено, що найкращим зразком за зовнішнім виглядом, кольором шкірочки та м'якоті, рівномірністю розподілення компонентів та повітряних вічок, еластичністю та смаком є зразок із співвідношенням меду і цукру 1:1, масла і апімасла 2:1. В якості контролю використали кекс «Чайний», виготовлений за стандартною рецептурою і технологією з використанням цукру і маргарину [7]. Проведено аналіз біологічної цінності контрольних зразків кексів «Чайний» з використанням перги, яку додавали шматочками без екстрагування безпосередньо в тісто в однаковій кількості з дослідними зразками, а також дослідних зразків кексів, виготовлених за розробленою нами рецептурою і технологією з використанням різних видів меду – соняшникового і акацієвого (рис. 2).

Наведені дані свідчать, що для підвищення біологічної цінності борошняних виробів доцільно використовувати продукти бджільництва у вигляді масляних екстрактів, а мед – з високою біологічною цінністю. При використанні в рецептурі акацієвого меду, порівняно із соняшниковим, біологічна цінність кексів підвищується майже в 3 рази.

Аналіз кексів, виготовлених за розробленою нами рецептурою і технологією, засвідчив, що використання продуктів бджільництва при виробництві борошняних виробів значно підвищує їх харчову і біологічну цінність (табл. 3).

**Таблиця 3 – Характеристика харчової і біологічної цінності кексів**

| Показники                       | Контроль | Дослідний зразок |
|---------------------------------|----------|------------------|
| Вологість, %                    | 7,1      | 9,38             |
| Сухі речовини, %                | 92,9     | 90,62            |
| Масова частка цукру, %          | 27,92    | 15,67            |
| Активна кислотність, рН         | 9,95     | 8,02             |
| Біологічна активність, од. акт. | 230,8    | 2098             |
| Калорійність, ккал              | 348      | 318              |



1 – кекс «Чайний» (контроль); 2 – кекс з пергою без екстрагування;  
3 – кекс дослідний з соняшниковим медом; 4 – кекс дослідний з акацієвим медом

**Рис. 2 – Залежність вмісту біологічно активних речовин у готових виробах від рецептурного складу**

Таким чином, використання в рецептурному складі кексу продуктів бжільництва дозволило зменшити кількість цукрози, збагатити продукт біологічно активними речовинами, нутрієнтами, органічними кислотами, вітамінами, мінеральними речовинами та легкозасвоюваними цукрами, знизити калорійність продукту, що дуже важливо для дієтичного і лікувально-профілактичного харчування, а також значно покращити органолептичні показники і структуру продукту. Кекс набув зовнішнього мідного забарвлення, м'якушка – рівномірний золотистий колір, еластичну, пористу структуру з мілкими рівномірними вічками, з добре вираженим медовим ароматом.

#### Література

1. Спиричев В.Б. Обогащение пищевых продуктов микронутриентами: научные подходы и практические решения [Текст] / В.Б. Спиричев, Л.Н. Шатнюк, В.М. Позняковский // Пищевая пром-сть. – 2003. – № 3. – С. 10-16.
2. Хисматуллина Н.З. Апитерапия. – Пермь: Мобиле, 2005. – 296 с.
3. Барштейн В.Ю. Новые кондитерские изделия функционального назначения с добавками растительного происхождения [Текст] // Хлебопекарское и кондитерское дело. – 2008. – № 4. – С. 18-19.
4. Иоргачова Е.Г. Современные тенденции в производстве кондитерских изделий [Текст] // Харчова наука і технологія. – 2009. – № 1(6). – С. 8-14.
5. Літвіна Т.М. Дослідження біологічної активності плодів та овочевих соків [Текст] / Т.М. Літвіна, С.І. Вікуль // Наукові праці ОНАХТ. – Одеса, – 2001. – Вип. 23. – С. 94-97.
6. Алексеев В.Н. Применение продуктов пчеловодства [Текст] // Продукты пчеловодства и апитерапия. – Вильнюс, 2000. – 205 с.
7. Сборник рецептов блюд и кулинарных изделий. Для предприятий общественного питания [Текст] / А.И. Здобнов, В.А. Цыганенко, М.И. Пересичный. – К.: А.С.К., 2008. – 656 с.

## ВИЗНАЧЕННЯ $\beta$ -ГЛЮКАНІВ МЕТОДОМ БІЧ-СПЕКТРОСКОПІЇ

Капрельянц Л.В., д-р техн. наук, проф., Шпирко Т.В., канд. техн. наук, доц., Шунько Г.С., асп.,  
Труфкаті Л.В., канд. техн. наук, доц., Шапіна О.Ф., м.н.с.  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

*У статті наведено результати використання БІЧ-спектроскопії для кількісної оцінки вмісту  $\beta$ -глюканів ячменю, інтродукованого на півдні України без деструкції.*

*The results of the use of NIR spectroscopy to quantify the content of  $\beta$ -glucans of barley, introduced in southern Ukraine without degradation.*

Ключові слова:  $\beta$ -глюкани, полісахариди, БІЧ-спектроскопія, злакові, ферменти, фізіологічний ефект.

**Постановка проблеми.** Одним із завдань сучасної харчової технології є пошук функціональних інгредієнтів харчування, які могли б не тільки допомогти людині позбутися різного роду захворювань, але також сприяли б підвищенню його працездатності, зробили б організм більш стійким до зовнішніх несприятливих факторів, і, що найголовніше, не нанесли б шкоди організму. До такого найважливішого функціонального компонента харчування можна віднести  $\beta$ -глюкани [1].

$\beta$ -глюкани відносяться до полісахаридів, які є найпоширенішими в природі біополімерами – вони різноманітні за структурою і фізико-хімічними властивостями, можуть бути малорозчинними і нерозчинними у воді. У більшості своїй вони нетоксичні, на відміну від ліпополісахаридів та інших комплексних вуглеводів.  $\beta$ -глюкани біологічно активні речовини, що мають імуномодулювальні, протипухлинні, радіопротекторні та протизапальні властивості. Вони наявні в клітинних стінках деяких зернових, водоростей і грибів, продукуються рядом бактерій у вигляді екзополісахаридів [2].

Визначення  $\beta$ -глюканів – це довготривалий процес із використанням хімічних реагентів, ферментних препаратів і різних приладів, на відміну від використання ближньої інфрачервоної спектроскопії. ІЧ-спектроскопія являє собою метод кількісного та якісного аналізу об'єктів, заснований на комбінації спектроскопії і статистичних методів дослідження багатфакторних залежностей. ІЧ-спектроскопія є молекулярною, і на відміну від хімічного аналізу, використовується для визначення складу об'єктів без їхньої деструкції. Це фізичний метод, що дозволяє здійснювати визначення різних показників у продуктах зі складною хімічною будовою. На сьогодні розроблено багато приладів, які засновані на методі ІЧ-спектроскопії і які є спектрометрами нового покоління, екологічно безпечними експрес аналізаторами.

### Аналіз останніх досліджень

У літературі описано методи визначення вмісту бета-глюкану в ячмені, солоді, суслі і в пиві, які засновані на різних принципах: осадження, ферментативний метод, флуориметричний метод і флуориметричний метод із застосуванням ПІА (проточно-інжекційний аналіз).

Аналіз сучасних методів визначення бета-глюкану належить Йоргенсену і Аструпу [3]. У їхній монографії увага приділяється калькофлуорному методу із застосуванням автоматизованої системи (так званого методу ПІА), в якому порівнюють результати, отримані за його допомогою, з даними інших методів насамперед ферментативним.

Оригінальний флуоресцентний метод Йенсена і Ааструпа [3] полягає у фарбуванні солодового ячмінного борошна, суспендованого в гліцерині барвником калькофлуором. Принцип методу був прийнятим, але неточність і трудомісткість зумовили необхідність його модифікації.

Вдосконаленням методу стало використання проточно-інжекційного аналізу (ПІА). Вперше принцип методу ПІА описано в роботі Ружичка і Хансена [4]. Автори запропонували вприскувати зразки бета-глюкану в потік носія, що містить буферний розчин і реагент. Кількість продукту реакції вимірюється проточним детектором, сигнал якого фіксує самописець. Для детекції використовували спектральні методи.

Посилання на використання ПІА для визначення вмісту бета-глюкану в пивоварінні містяться в роботі Йоргенсена та ін., Меткіса та ін [5], Ааструпа і Ердал [6], Вагнера та ін [7], Сендри і Карбонелл [8]. Прилади для визначення бета-глюкану за методом ПІА сьогодні виробляють фірми "Текатор" і "Скалар".

Зовсім на іншому принципі заснований метод компанії "Біокон". Він належить до групи ферментативних методів і заснований на використанні бактеріального ферменту (1-3) (1-4)- $\beta$ -D-глюкан-4-глюканогідролаза, КС 3.2.1.78, який продукується *Bacillus subtilis*. Цей фермент розщеплює зв'язок тільки  $\beta$ (1-4)-D-глюкопіранозних залишків і тому дуже специфічний для ячмінного бета-глюкану. Після екст-



ракції і гідролізу  $\beta$ -глюкану під дією  $\beta$ -глюканази на олігомери ці фрагменти розщеплюються  $\beta$ -глюкозидазами на глюкозу, яка визначається ензиматично. Комплект реагентів, необхідних для визначення  $\beta$ -глюкану цим ферментативним методом, пропонується фірмою "Біокон ЛТД".

Методика визначення  $\beta$ -глюкану за допомогою ПІА і ензиматичних методів були схвалені також Аналітичної комісією ЕВС [9]. Аналіз вищеперелічених методів показав, що всі вони довготривалі і потребують специфічних ферментативних реагентів.

**Метою даної роботи є вивчення можливості використання спектроскопії в ближній інфрачервоній області для визначення вмісту  $\beta$ -глюканів у сортах ячменю, інтродукованого на півдні України без розщеплення їхньої полімерної структури.**

#### **Виклад основного матеріалу досліджень.**

У якості об'єкта дослідження вибрані сорти ячменю «Вакула» і «Водограй», які характеризуються високим вмістом  $\beta$ -глюкану. Ідентифікацію  $\beta$ -глюканів ячменю сортів «Вакула» і «Водограй» здійснювали з використанням ІК-спектроскопії [10].

Ближній інфрачервоний діапазон (БІЧ) електромагнітного спектра простягається від 780 нм до 2500 нм (від 12500 до 4000  $\text{см}^{-1}$ ) і перебуває між середньою ІЧ областю з більшою довжиною хвиль і видимою зоною з більш короткими довжинами хвиль. Середній і ближній діапазони можуть використовуватися для коливальної спектроскопії. Тоді як спектри, отримані в середньому ІК реєструють головним чином атомні коливання в індивідуальних хімічних зв'язках більшості молекул, відповідні спектри БІЧ показують так звані обертони і комбінаційні смуги. На шкалі хвильових чисел (нм або  $\text{см}^{-1}$ ) ці обертони мають менші значення, ніж частоти основних коливань [12].

Завдяки різкому зменшенню інтенсивності вищих обертонів БІЧ спектри зазвичай пригнічуються та перекриваються обертонами і комбінаційними смугами структурно більш легких груп (наприклад,  $\text{CH}$ ,  $\text{NH}$  і  $\text{OH}$ ). У межах цих ІЧ спектрів міститься значна інформація про молекулярну структуру досліджуваного зразка, і цю інформацію можна отримати сучасними методами обробки даних.

Наприклад, основне коливання  $\text{C-H}$  зв'язку ( $n$ ) молекули трихлорметан ( $\text{CHCl}_3$ ) відбувається на 3040  $\text{см}^{-1}$ , перші три обертони (2 $n$ , 3 $n$  і 4 $n$ ) – спостерігаються на 5907  $\text{см}^{-1}$ , 8666  $\text{см}^{-1}$  і 11338  $\text{см}^{-1}$  відповідно. Разом з тим поглинальна здатність зменшується зі збільшенням номера обертона, наприклад, серія цих значень для  $\text{CHCl}_3$  становить 2500, 1620, 48, 1,7  $\text{см}^{-1}$  / моль відповідно [13].

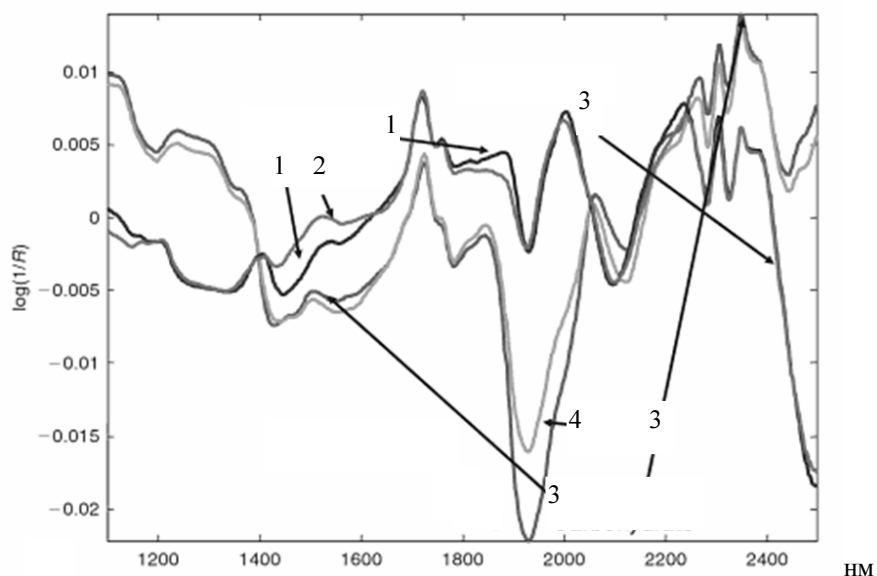
Поглиняльна здібність у БІЧ у порівнянні з СІЧ (середнього ІЧ-діапазону) на один-два порядки менша; тому це явище усуває необхідність серйозної підготовки зразка. Смуги поглинання в ближній інфрачервоній зоні (БІЧ) є слабкими, тому що вони виникають із коливальних обертонів і складених смуг. Комбінація смуг відбувається, коли декілька молекулярних коливань збуджуються одночасно. Переходи, що виникають із ближнього ІЧ-поглинання є слабкими, але ці переходи є актуальними, коли потрібні вимірювання незруйнованого твердого зразка.

Це явище і було покладено в основу БІЧ-спектроскопії і тому зразки різного походження можуть бути проаналізовані без механічного подрібнення, дії хімічних або біологічних реагентів, тобто без попередньої підготовки зразка. БІЧ спектроскопія особливо корисна для виконання швидких досліджень, проведення неруйнівного аналізу відомих матеріалів.

Вміст  $\beta$ -глюкану характеризували смугами поглинання, які представлено на рис. 1.

Відомо, що максимальне поглинання зв'язків  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3)  $\beta$ -глюкану пшениці відповідає 894  $\text{см}^{-1}$ , вівса – 892  $\text{см}^{-1}$ , гречки – 895  $\text{см}^{-1}$ , ячменю – 897  $\text{см}^{-1}$  [23]. Частоти поглинання  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3)-зв'язків  $\beta$ -глюканів різних видів сировини незначно відрізняються. На представлених ІЧ-спектрах досліджуваних концентратів  $\beta$ -глюканів, ідентифікована характеристична смуга поглинання  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3)-зв'язку при 897  $\text{см}^{-1}$ , що свідчить про наявність  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3)-полісахаридів у складі досліджуваного комплексу (табл. 1).

Результати, наведені в табл. 1, отримані Баркером зі співробітниками для D-глюкопіраноз в зоні «відбитків пальців». За допомогою смуг типу 2а та 2б можна розрізнити  $\alpha$  і  $\beta$  серії D-гексапіраноз. Однак смуга в зоні 890  $\text{см}^{-1}$  не обов'язково означає наявність  $\beta$ -цукру, оскільки деякі смуги типу 1 для  $\alpha$ -ряду з'являються в зоні смуг типу 2б. Закономірності, що спостерігаються в даних табл. 1, справедливі і для інших гекса-і пентапіраноз таких, як галактоза, маноза, арабіноза і відповідних їхніх ацетатів. Смуги типу 2а та 2б для ді-, оліго-і полісахаридів також з'являються в зазначених зонах, і, отже, можуть бути використані для ідентифікації  $\alpha$  - і  $\beta$ -глікозидних зв'язків [14].



1 – «Вакула» 2011, 2 – «Вакула» 2010, 3 – «Водограй» 2011, 4 – «Водограй» 2010

Рис. 1 – БІЧ – спектри β-глюкану ячменю сортів:

Таблиця 1 – Характеристичні смуги поглинання α- і β-гексапіраноз

| Піраноза | Смуга                                             |                                                                                           |                                       |
|----------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
|          | Тип 1                                             | Тип 2 (а і б)                                                                             | Тип 3                                 |
|          | Відношення                                        |                                                                                           |                                       |
|          | Коливання кільця, аналогічні коливанням джойстика | Деформаційні коливання C <sub>1</sub> -H (екваторіальні в α-цукрах, аксіальні в β-цукрах) | Пульсаційні коливання кільця піранози |
| α        | 917 ± 13                                          | 844 ± (тип 2а)                                                                            | 766 ± 10                              |
| β        | 920 ± 5                                           | 891 ± 7 (тип 2б)                                                                          | 744 ± 9                               |

Хімічний склад ячменю сортів «Вакула» і «Водограй», представлений у таблиці 2.

Таблиця 2 – Хімічний склад зерна ячменю сортів «Вакула» і «Водограй», %

| Сорт             | Вологість | Зола | Ліпіди | Білок | Вуглеводи      |          |            |           |
|------------------|-----------|------|--------|-------|----------------|----------|------------|-----------|
|                  |           |      |        |       | Монодисахариди | Крохмаль | Клітковина | β-глюкани |
| «Вакула», 2011   | 14,0      | 2,7  | 3,5    | 11,9  | 2,33           | 50,5     | 4,0        | 11,07     |
| «Вакула», 2010   | 12,5      | 3,2  | 3,5    | 11,9  | 2,55           | 51,3     | 3,8        | 10,25     |
| «Водограй», 2011 | 13,0      | 2,3  | 3,1    | 10,4  | 2,88           | 49,6     | 4,1        | 11,32     |
| «Водограй», 2010 | 12,1      | 2,9  | 3,1    | 10,4  | 2,45           | 51,7     | 3,9        | 9,85      |

Для перевірки результатів в якості стандартного біохімічного методу використовували методику визначення β-глюкану, яка включає екстракцію водорозчинних полісахаридів ячменю з наступним кислотним гідролізом їх до моносахаридів і визначенням останніх спектрофотометричним методом (табл. 3).

Таблиця 3 – Порівняльна характеристика методів визначення β-глюканів зерна ячменю сортів «Вакула» і «Водограй», %

| Сорт, рік вирощування | β-глюкани      |                   |
|-----------------------|----------------|-------------------|
|                       | Хімічний метод | БІЧ-спектроскопія |
| «Вакула», 2011        | 10,23          | 11,07             |
| «Вакула», 2010        | 9,34           | 10,25             |
| «Водограй», 2011      | 9,56           | 11,32             |
| «Водограй», 2010      | 9,06           | 9,85              |

Коефіцієнт кореляції за вмістом  $\beta$ -глюканів, визначений хімічним методом та визначений БІЧ методом становив 0,90.

#### Висновок

Згідно з отриманими даними можна зробити висновок, що БІЧ-спектроскопія є дуже сучасним методом, який дозволяє швидко, без витрат реактивів та часу проводити визначення хімічного складу зразків зернових культур, що було наведено на прикладі ячменю.

#### Література

1. Bhatti RS. 1995. Laboratory and pilot plant extraction and purification of  $\beta$ -glucans from hull-less barley and oats brans. J. Cereal Sci 22:163-170
2. Carr JM, Glatter S, Jeraci JL, Lewis, BA. 1990. Enzymic determination of  $\beta$ -glucan in cereal-based food products. Cereal Chem 67:226-229.
3. Cui W, Wood PJ, Blackwell B, Nikiforuk J. 2000. Physicochemical properties and Structural characterization by two-dimensional NMR spectroscopy of wheat  $\beta$ -D glucan—comparison with other cereal  $\beta$ -D-glucans Carbohydr Pol 41:249-25.
4. Bhatti RS. 1992. Total and extractable  $\beta$ -glucan contents of oats and their relation-ship to viscosity. J Cereal Sci 15:185–192.
5. Aman P, Graham H. 1987. Analysis of total and insoluble mixed-linked (1 $\rightarrow$ 3),(1 $\rightarrow$ 4)- $\beta$ -D-glucans in barley and oats. J Agric Food Chem 35: 704-709.
6. Rimsten L, Stenberg T, Andersson R, Andersson A, Aman P. 2003. Determination of  $\beta$ -glucan molecular weight using SEC with Calcofluor detection in cereal extracts. Cereal Chem 80:485-490.
7. Beer MU, Wood PJ, Weisz J. 1997a Molecular weight distribution and (1 $\rightarrow$ 3),(1 $\rightarrow$ 4)-D- $\beta$ -glucan content of consecutive extracts of various oat and barley cultivars. Cereal Chem 74:476-480.
8. Costas G. Biliaderis., Marta S. Izydorczyk. Functional Food Carbohydrates. – 2007, CRS Press, N-Y, - p. 7-11.
9. Westerlund E, Andersson R, Aman P. 1993. Isolation and chemical characterization of water-soluble mixed-linked  $\beta$ -glucans and arabinoxylans in oat milling fractions. Carbohydr Pol 20:115-123.
10. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, Н. П. Ярош и др. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 430 с.
11. Flemming M., Manners D. The estimation of  $\beta$ -glucan in barley. // J. Inst. Brew. – 1974 – p. 399.
12. Жбанков Р.Г. Инфракрасные спектры целлюлозы и ее производные. – Минск, 1964. – 339с.
13. Никаниси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. – М: Мир, 1965. 220с.
14. Wood J. Paton D. 1977. Determination of  $\beta$ -glucan in oat and barley. Cereal Chem 54(3): 524-533.

УДК [ 664.661+664.662 ] : [664.64+664-027.38]

## ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНОЇ СИРОВИНИ ТА НАПІВФАБРИКАТІВ В ТЕХНОЛОГІЇ ЖИТНЬО-ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА

Пшенишнюк Г. Ф., канд. техн. наук, доцент, Чабан А.Б., пошукач  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

*У даній статті стисло описана характеристика житньо-пшеничних виробів, зазначено особливості приготування заквасок спонтанного бродіння, представлено результати дослідження титрованої кислотності і підйомної сили закваски, органолептичні та фізико-хімічні показники якості готових виробів, хімічний склад та харчову цінність виробів.*

*This paper briefly describes characteristics of rye-wheat products mentioned features making spontaneous sourdough fermentation, presenting findings titrated acidity and lift starter, organoleptic and physico-chemical parameters of quality finished products, chemical composition and nutritional value of products.*

Ключові слова: закваска, спонтанне бродіння, кислотність, підйомна сила, тісто, харчова цінність, нетрадиційні види борошна.

Сучасне хлібопечення є високорозвиненою галуззю виробництва продуктів харчування. Хлібу належить основне місце в харчуванні людини за рахунок вмісту компонентів, що забезпечують енергетичну і біологічну цінність. Крім того, хліб має своєрідні органолептичні властивості та структуру, що забезпечують йому гарну засвоюваність організмом людини.

Для значної частини населення хлібобулочні вироби, виготовлені з використанням житнього борошна, важливий і незамінний продукт. Хліб із житнього борошна має підвищену харчову цінність завдяки вмісту значної кількості незамінних амінокислот, життєво важливих вітамінів групи В і РР, менш калорійний у порівнянні з пшеничними виробами, оскільки містить менше крохмалю і більше харчових волокон. Житні та житньо-пшеничні вироби також мають неповторний смак і аромат, який формується в результаті застосування спеціальних технологій приготування тіста.

На даному етапі перед хлібопекарною галуззю стоять завдання, які передбачають розробку та впровадження прогресивних маловідходних та ресурсозберігальних технологій, нових біотехнологічних процесів, що дозволяють інтенсифікувати виробництво, забезпечують високу якість хлібобулочних виробів. Дослідження нових видів сировини показали, що вироби мають необхідні технологічні властивості та багатий хімічний склад, структурні компоненти яких не лише активізують біотехнологічні процеси виробництва хліба, але і збагачуватимуть його комплексом біологічно активних речовин, мінеральних елементів, білків, ліпідів та вітамінів.

Хлібопекарська галузь харчової промисловості з кожним роком досягає все більших масштабів в інноваційних технологіях виробництва. Населення приділяє велику увагу здоровому та лікувально-профілактичному харчуванню. Проте більшість хлібопекарських підприємств не мають можливості в повній мірі задовольнити попит населення такою продукцією, працюючи за традиційними технологіями. Тому актуальним для виробництва хлібобулочних виробів є пошуки скорочених технологій, що не завжди позитивно впливають на якість виробів (невиражений смак та аромат, що пов'язано з недостатньою тривалістю бродіння напівфабрикатів і тіста). Також великого розповсюдження набуває мережа міні-пекарень, які прагнуть виготовляти широкий асортимент виробів не лише пшеничних та здобних, а й житніх та житньо-пшеничних. Традиційна технологія приготування житньо-пшеничних сортів хліба вимагає безперервного ведення заквасок, додаткового приміщення, технологічного обладнання, енергозатрат тощо.

Традиційна технологія приготування житньо-пшеничних сортів хліба заснована на використанні заквасок. Дана технологія потребує тривалого приготування та займає значні виробничі площі. Крім того, значного розвитку в структурі хлібопекарських підприємств набувають міні-пекарні, які часто працюють у одну чи дві зміни. Тому використання традиційної технології тістоприготування є майже неможливим для підприємств такого типу. Великим недоліком житніх заквасок є обов'язкове її використання у визначений час, а зберігання – не тривале та негативно впливає на якість напівфабрикату. На таких підприємствах, можливо, доцільним буде використання сухих заквасок. Але у наш час використання таких заквасок ще не набуло широкого застосування [1].

У даній роботі запропоновано технологію житньо-пшеничного хліба з використанням сухих консервованих заквасок спонтанного бродіння, внесення у житні закваски спонтанного бродіння набряклого диспергованого зерна жита, при їхньому відновленні та нетрадиційної сировини для виробництва житньо-пшеничних сортів хліба.

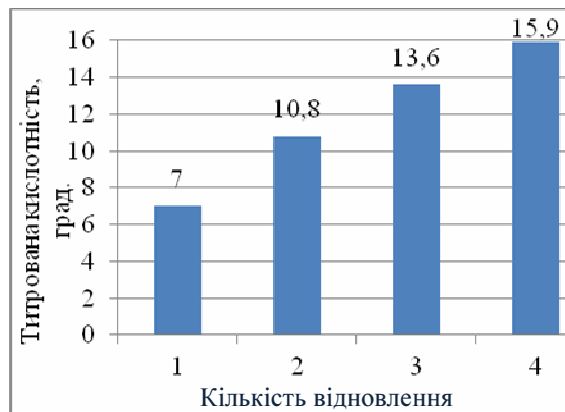
У якості нетрадиційного борошна ми використовували таку сировину: кукурудзяне борошно, яке є цінним харчовим продуктом, що містить прості вуглеводи, вітаміни групи В та РР, має високу енергетичну цінність; гречане борошно, яке має високу харчову цінність, добре засвоюється, володіє високим вмістом простих цукрів, амінокислот, вітамінів і мінеральних речовин; вівсяне борошно, яке містить багато комплексних вуглеводів, дістичних волокон, мікроелементів, вітамін В, Е, А та фолієву кислоту [2].

Для виробництва житньо-пшеничних сортів хліба був обраний спосіб тісториготування на густих заквасках вологістю 47-50%, оскільки вони містять більше поживних речовин для бродильної мікрофлори. Це дає змогу швидше отримати необхідні показники якості напівфабрикатів за підйомною силою та титрованою кислотністю. Приготування житніх заквасок включає цикл розведення, що обумовлює змішування борошна з водою вологістю 49 %, зброджування напівфабрикату, його відновлення при температурі 25 – 27 °С до кислотності 9 – 12 град та виробничий цикл, що полягає у додаванні живильного середовища із суміші борошна та води з наступним виброджуванням [4].

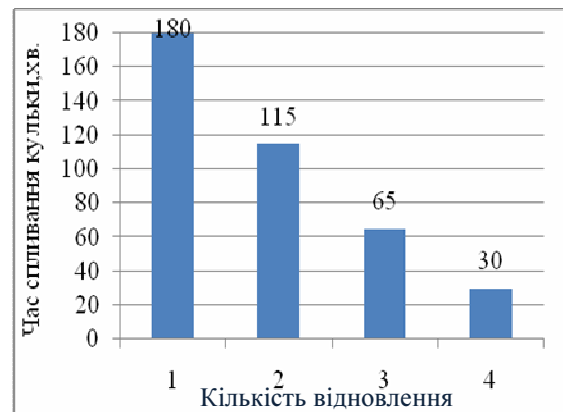
Закваску готували із борошна житнього обдирного та води. Відновлення закваски проводили кожні 18-24 год., додаючи таку ж кількість поживної суміші, яка містилася у відібраній частині закваски. Зброджування закваски проводили при температурі 25 – 27 °С до досягнення кислотності 9 – 12 град та підйомної сили 25 – 35 хв [1,5].

Після кожного відновлення проводили аналіз підйомної сили за кулькою та кислотності закваски.

Результати оцінки підйомної сили закваски за методом спливання кульки та титрованої кислотності представлені на рис. 1 і 2.



**Рис.1 – Залежність титрованої кислотності від кратності відновлень густої закваски**

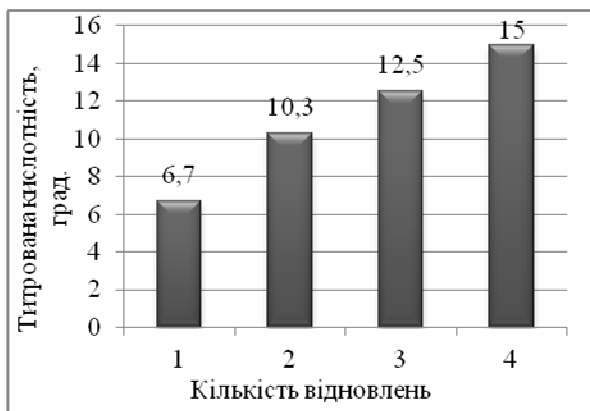


**Рис. 2 – Залежність підйомної сили від кратності відновлень густої закваски**

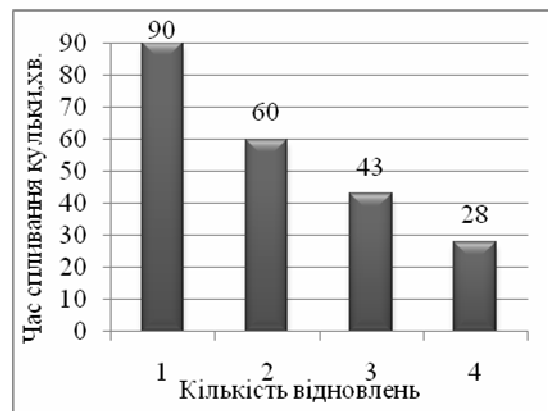
Як видно із рис.1, органічні кислоти у заквасках накопичуються інтенсивно, і вже після 3-го відновлення за даним показником вони можуть використовуватися у виробництві. Щодо підйомної сили, яку ми визначали за методом спливання кульки, то дану закваску можна використовувати після 4-го відновлення.

Спілу закваску з необхідними показниками якості затирали житнім обдирним борошном та висушували при кімнатній температурі. Зберігали сухі закваски у скляному посуді упродовж 7 діб.

Відновлення сухих заквасок полягало в додаванні борошна житнього обдирного, води та 5 % диспергованого зерна жита від маси борошна. Під час серії відновлень перевіряли показники якості напівфабрикату, а саме: титовану кислотність та підйомну силу закваски. Після досягнення оптимальних результатів проводили оцінку якості напівфабрикату та пробне лабораторне випікання.



**Рис. 3 – Залежність титрованої кислотності від кратності відновлень сухої відновленої закваски**



**Рис. 4 – Залежність підйомної сили від кратності відновлень сухої відновленої закваски**

На рис. 3 представлено залежність титрованої кислотності закваски від кратності відновлень. За даними показниками закваску можна використовувати після 3-го відновлення. На рис. 4 представлено залежність підйомної сили сухої закваски за методом спливання кульки від кратності відновлення. Як видно з рисунка, закваску за даним показником можна використовувати після 4-го відновлення. У порівнянні зі свіжою густою закваскою, суха відновлена закваска рівномірніше набирає кислотність, а результати підйомної сили значно кращі. Тобто необхідні показники якості напівфабрикату легше отримати з сухої закваски.

Житньо-пшеничне тісто готували на основі відновлених консервованих житніх заквасок спонтанного бродіння, за рецептурою хліба дарницького (табл.1), з внесенням 25 % житнього борошна з готовою закваскою, 20 % борошна першого гатунку заміняли на таку ж кількість борошна кукурудзяного, гречаного та вівсяного. Замішування проводили на фаринографі Брабендера до консистенції 550 од. приладу.

Тісто направляли на бродіння протягом 60-90 хв, обминку, вистоювання – 45-50 хв при температурі 33-35 °С та подальше випікання виброджених тістових заготовок при 230-240 °С на протязі 35-40 хв [6].

**Таблиця 1 – Рецептúra приготування житньо – пшеничного тіста**

| Найменування сировини та напівфабрикатів | Рецептура на 100 кг борошна, кг | Витрати сировини на 1 заміс, г |          |          |          |
|------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------|----------|----------|
|                                          |                                 | Контроль                       | Зразок 1 | Зразок 2 | Зразок 3 |
| Борошно пшеничне 1 сорту                 | 40                              | 120                            | 60       | 60       | 60       |
| Борошно житнє обдирне                    | 60                              | 105                            | 105      | 105      | 105      |
| Борошно кукурудзяне                      | –                               | –                              | 60       | –        | –        |
| Борошно гречане                          | –                               | –                              | –        | 60       | –        |
| Борошно вівсяне                          | –                               | –                              | –        | –        | 60       |
| Дріжджі пресовані                        | 2,5                             | 7,5                            | 7,5      | 7,5      | 7,5      |
| Сіль кухонна харчова                     | 1,4                             | 4,2                            | 4,2      | 4,2      | 4,2      |
| Густа закваска                           | –                               | 129                            | 129      | 129      | 129      |
| Вода питна (за розрахунком)              | –                               | 125                            | 125      | 125      | 125      |
| Всього                                   | 103,9                           | 490,7                          | 490,7    | 490,7    | 490,7    |

Результати оцінювання якості готових виробів, виготовлених на відновлених сухих заквасках спонтанного бродіння та з додаванням в тісто різних видів борошна за органолептичними та фізико-хімічними показниками представлено в табл. 2.

**Таблиця 2 – Органолептичні та фізико – хімічні показники якості готових виробів**

| Показники                         | Готові вироби з внесенням      |                                                 |                                 |                        |
|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------|
|                                   | Контроль                       | Зразок 1                                        | Зразок 2                        | Зразок 3               |
| Форма                             | Правильна, симетрична, випукла |                                                 |                                 |                        |
| Стан поверхні                     | Гладка, наявні тріщини         | Гладка                                          | Гладка, наявні незначні тріщини | Гладка, наявні тріщини |
| Забарвлення скоринки              | Коричневе                      |                                                 |                                 | Світло-коричневе       |
| Стан м'якушки<br>- колір          | Світлий, рівномірний           |                                                 |                                 |                        |
| - пористість                      | Середня, достатньо рівномірна  |                                                 |                                 |                        |
| - еластичність                    | Середня                        |                                                 |                                 |                        |
| Аромат                            | Хлібний                        | Хлібний, добре виражений                        |                                 |                        |
| Смак                              | Злегка кислуватий присмак      | Притаманний даному виду виробу, добре виражений |                                 |                        |
| Розжовуваність                    | Добре розжовується             |                                                 |                                 |                        |
| Ознаки пліснявіння, діб.          | 9                              | 12                                              | 11                              | 11                     |
| Питомий об'єм, см <sup>3</sup> /г | 2,1                            | 2,3                                             | 2,4                             | 2,6                    |
| Вологість, %                      | 44,8                           | 45,0                                            | 45,4                            | 45,6                   |
| Кислотність, град.                | 7,7                            | 7,0                                             | 7,1                             | 6,8                    |
| Пористість, %                     | 62                             | 65                                              | 66                              | 68                     |
| Формостійкість                    | 0,43                           | 0,46                                            | 0,45                            | 0,44                   |
| Витрати на упікання, %            | 8,3                            | 8,3                                             | 8,5                             | 8,2                    |
| Витрати на усихання, %            | 3,8                            | 3,5                                             | 3,3                             | 3,5                    |

Відповідно до даних табл. 2 хліб, виготовлений на відновлених сухих житніх заквасках, має задовільні фізико-хімічні показники якості. Так, усі зразки хліба, які були випечені з внесенням різних видів борошна,

мали правильну форму, приємний та добре виражений аромат, золотисто-коричневий колір скоринки, еластичну не липку м'якушку, хороший смак. Вироби з вмістом нетрадиційної сировини довше зберігали свіжість. Ознаки пліснявини у всіх зразках з'явилися на декілька днів пізніше, ніж у контролю.

Харчова цінність продуктів визначається, в першу чергу, калорійністю і вмістом в них вітамінів, мінеральних речовин, незамінних амінокислот, харчових волокон тощо. Умовна середньодобова потреба в енергії для людини – 3000 ккал (1255 кДж). Знаючи хімічний склад сировини, рецептуру та вихід виробів, розраховували енергетичну цінність дослідних виробів [3].

Результати хімічного складу та харчової цінності житньо-пшеничного хліба з використанням різних видів борошна представлено в табл.3 та 4.

**Таблиця 3 – Хімічний склад та харчова цінність 100 г житньо-пшеничного хліба при використанні нетрадиційних видів борошна**

| Хліб з вмістом альтернативних видів борошна | Б    | Ж     | В     | Клітковина | Зола  | Е. Ц. |
|---------------------------------------------|------|-------|-------|------------|-------|-------|
|                                             | г    |       |       |            |       | Ккал  |
| Контроль                                    | 6,72 | 1,057 | 49,82 | 0,576      | 1,634 | 223,3 |
| Зразок 1                                    | 6,26 | 1,077 | 50,18 | 0,644      | 1,647 | 203,9 |
| Зразок 2                                    | 7,13 | 1,037 | 49,89 | 0,685      | 1,743 | 224,8 |
| Зразок 3                                    | 7,05 | 1,797 | 49,06 | 0,685      | 1,743 | 228,4 |

**Таблиця 4 – Вміст мінеральних речовин та вітамінів у 100 г житньо-пшеничного хліба при використанні нетрадиційних видів борошна**

| Хліб з вмістом альтернативних видів борошна | Мінеральні речовини, мг |        |       |       |        |      | Вітаміни, мг   |                |       |
|---------------------------------------------|-------------------------|--------|-------|-------|--------|------|----------------|----------------|-------|
|                                             | Na                      | K      | Ca    | Mg    | P      | Fe   | B <sub>1</sub> | B <sub>2</sub> | PP    |
| Контроль                                    | 365,98                  | 118,33 | 25,47 | 38,46 | 114,94 | 2,15 | 0,180          | 0,097          | 1,208 |
| Зразок 1                                    | 365,30                  | 114,38 | 24,92 | 36,55 | 114,12 | 2,33 | 0,200          | 0,099          | 1,159 |
| Зразок 2                                    | 364,76                  | 112,07 | 27,91 | 39,00 | 133,29 | 2,41 | 0,200          | 0,105          | 1,331 |
| Зразок 3                                    | 367,21                  | 132,47 | 29,82 | 47,43 | 146,89 | 2,35 | 0,194          | 0,094          | 1,045 |

За результатами табл. 3 і 4 можна зробити висновки, що включення в рецептуру нетрадиційних видів борошна дає можливість збагатити готові вироби необхідними мікро- та макроелементами, незамінними амінокислотами, харчовими волокнами, вітамінами тощо. Так, при використанні кукурудзяного борошна хліб збагачується вітамінами та біотином, які відсутні у пшеничному борошні, гречаного – кальцієм, залізом, вітамінами PP. Велика кількість водо- та солерозчинних фракцій білкових речовин житнього борошна та нетрадиційної сировини сприяє кращому засвоєнню білка організмом.

Розглядаючи результати використання суміші борошна різних злакових культур, можна зробити висновок, що збагачене за хімічним складом борошно не лише позитивно впливає на підвищення харчової та енергетичної цінності, але й покращує органолептичні та фізико-хімічні показники якості житньо-пшеничних виробів.

### Література

1. Легков И.С. Использование заквасок спонтанного брожения при производстве ржаного хлеба [Текст]/И.С. Легков, И.У. Кусова, Г.Г. Дубцов // Кондитерское и хлебопекарное производство. – 2010. – № 3–4. – С. 24 – 25.
2. Скурихина И.М. Химический состав пищевых продуктов. Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетические ценности блюд и кулинарных изделий. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
3. Методика расчета химического состава и пищевой ценности хлебоулучшителей, бараночных и сухарных изделий [Текст] / ВНИИХП //М.: ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1987. – С. 41.
4. Пшенишнюк Г.Ф., Ковпак Ю.С. Вплив житніх заквасок спонтанного бродіння на кінетику кислото-накопичення в тісті та якість хліба [Текст] // Харчова наука і технологія. – 2011. – № 1(14). – С. 43–46.
5. Кузнецова Л.И. Технология ржаного хлеба [Текст] //Хлебопродукты. – 2006. – № 1. – С. 36–37.
6. Пат. 77557 UA, МПК A21D 2/36. Спосіб приготування закваски для виробництва житнього та житньо-пшеничного хліба [Текст] / Пшенишнюк Г. Ф., Лещук О.В.; опубл. 25.02.2013, Бюл. № 4, 2013.
7. Рецептури. Технологічні інструкції. Хліб житній, житньо-пшеничний та пшенично-житній. Київ: Укрхлібпром, 2008. – 165 с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН ЯКОСТІ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ ІЗ ЗАМОРОЖЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

Солоницька І.В., канд. техн. наук, доцент, Пшенишнюк Г.Ф., канд. техн. наук, доцент,  
Іваненко В.О., студент

Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

*На сьогоднішній день споживача чекає різноманітний асортимент хлібобулочних виробів у будь-який час доби, а також свіжовипечений. У деяких точках допикають частково випечені напівфабрикати, в інших – вистояні або невивистояні охолоджені тістові заготовки. Черствіння хліба є найбільш неприємним його недоліком, який різко знижує споживчі властивості хлібобулочних виробів. Подовження термінів свіжості випеченого хліба є найактуальнішою метою виробників та науковців хлібопечення. Найбільш практичним буде застосування технології заморожених напівфабрикатів з використанням добавок для подовження свіжості.*

*Today, consumersexpect a diverse angeof bakeryproduct at any time of day, andsvizhevypechenyy. At some point stauntedpartially bakedsemi others-vystoy aniornevysto yanichilleddoughpiece. Cherstvenie bread is the mostobnoxiousits downside, hichdr amatically reducesthe consumer propertiesof bakeryproducts. Extending deadlinesfresh baked bread is themostur genttaskofrractionersandscholarsbaking. Themostpractic alistousehetechnologyof semi-frozenus in gadditive stoprolongfreshness.*

Ключові слова: заморожений напівфабрикат, свіжовипечені хлібобулочні вироби, патока, пектин, лецитин.

В останнє десятиліття в економічно розвинених країнах швидко заморожування набуло значення промислового методу, що забезпечує тривале зберігання заморожених напівфабрикатів хлібопекарського виробництва й отримання з них готових виробів. Широкого застосування набула техніка і технологія приготування хлібобулочних виробів із заморожених пшеничних напівфабрикатів, яка в даний час реалізується в хлібопекарській промисловості та на підприємствах харчування України.

На сьогодні ринок заморожених напівфабрикатів хлібобулочних виробів один з тих, що найдинамічніше розвиваються. За останні роки попит на хліб, виготовлений із заморожених напівфабрикатів, значно зріс. Існує велика кількість видів замороженого хліба – більше 100 найменувань. Це і дрібноштучні вироби – житні і пшеничні булочки з різними добавками (злаки, зерно, сири, овочі), класичні багети різних розмірів, практично готові страви із замороженого хліба (наприклад, багет різаний з маслом і зеленню, багет з часниковим маслом), які перед вживанням достатньо тільки розігріти. Що стосується смакових, тобто органолептичних характеристик, то на основі проведеного пробного лабораторного випікання встановлено, що яскраво вираженої відмінності між хлібом, випеченим на виробництві за класичною технологією або із заморожених напівфабрикатів, немає. При дотриманні технології виробництва хліба із заморожених заготовок вироби виходять хрусткішими (порівняно з хлібом, виготовленим класичним способом), що додає їм особливу привабливість [1, 2].

Розширення асортименту, забезпечення населення хлібобулочними виробами функціонального призначення, вдосконалення виробництва за допомогою інтенсифікації технологічного процесу, підвищення харчової цінності виробів, подовження термінів збереження свіжості і збільшення їх конкурентоспроможності можна досягти шляхом застосування прогресивних технологій і використання високоякісної сировини. Однією з таких технологій є приготування хлібобулочних виробів із заморожених напівфабрикатів лікувально-профілактичного призначення та виробів з покращеними органолептичними та структурно-механічними показниками [3, 4].

У сучасних умовах хлібопечення проблема виробництва хліба з подовженими термінами зберігання набуває все більшого значення і одним із способів розв'язання цього завдання є застосування технології відкладеного випікання. Протягом останніх років в Україні інтенсивно розширюється виробництво хлібобулочних виробів із заморожених напівфабрикатів. Технологія заморожених напівфабрикатів є досить актуальною в наш час, оскільки дозволяє:

- гнучко реагувати на потреби ринку;
- забезпечувати населення свіжовипеченими хлібобулочними виробами;
- збільшити асортимент продукції;
- призупинити розвиток мікроорганізмів у хлібі без використання консервантів;



— та дає можливість хлібопекарським підприємствам випікати хлібобулочні вироби у зручний для споживача час.

Перевагами цієї технології також є безвідходне виробництво хліба, який може зберігатися в морозильній камері від 6-18 місяців, зручність використання напівфабрикатів та повна незалежність від інших пекарень, а також відсутність проблем з постачанням споживачу свіжої продукції. Різниця у виробництві хліба за традиційними технологіями і технологіями відкладеного випікання (тісто готове до вистоювання) складається із витрат часу на заморожування і зберігання продукції. Але з іншого боку, зменшуються витрати часу на виробництво, відсутні проблеми непроданої продукції, до того ж «сирий» хліб дешевший від «частково випеченого» через значну економію на енергозатрати під час його виробництва [5, 6, 7].

Природа і склад різних компонентів рецептури хлібобулочних виробів певним чином впливають як на процес заморожування вихідних напівфабрикатів, обсяг і склад їх рідкої фази, кількість незамерзаючої вологи, область оптимальних температур структуроутворення, так і на властивості і текстуру сформованих напівфабрикатів, їх поведінку в процесі зберігання, дефростації тіста, вистоювання, а також якості готових виробів [8].

З метою вдосконалення технології виробництва заморожених напівфабрикатів було досліджено вплив таких добавок, як патока, пектин і соняшниковий лецитин на процеси визрівання тіста та якості готових хлібобулочних виробів.

Патока – це жовто-коричневий сироп, який являє собою суміш простих цукрів, в основному глюкози, та інших корисних компонентів і є продуктом неповного кислотного або ферментативного гідролізу крохмалю. Основною метою використання патоки є попередження кристалізації цукрів і уповільнення оцукрювання крохмалю. Тим самим це є потужним засобом проти «старіння» виробу, черствіння і висихання м'якушки. Патоку отримують при високотемпературній обробці крохмалів (картопляних, кукурудзяних).

Склад патоки певним чином впливає на технологічний процес і якість готових хлібобулочних виробів. Тому нами були проведені дослідження для встановлення оптимальної масової частки патоки в тісті, що дозволить одержати хлібобулочні вироби з достатніми споживчими властивостями із заморожених напівфабрикатів [9,10].

Тісто готували «холодним» способом з використанням пшеничного борошна вищого ґатунку і молочної сироватки. Патоку вносили у кількості 5, 10, 15 % до маси борошна в тісті. Заморожували тістові заготовки за технологією, вдосконаленою у попередніх дослідженнях [11, 12, 13]. Досліджували вплив масової частки патоки в тісті на якість хліба із заморожених напівфабрикатів (ЗН) та хліба, виготовленого за традиційною технологією (ТТ). Контрольними зразками хліба служив хліб, виготовлений із заморожених та незаморожених напівфабрикатів без додавання патоки.

Попередні дослідження довели доцільність використання молочної сироватки при виробництві хлібобулочних виробів за технологією відкладеного випікання. Сироватка покращує якість хлібобулочних виробів та підвищує їх харчову цінність. У сироватці містяться приблизно 4 % молочного цукру і близько 1,2 % білкових речовин, а також вітаміни, солі фосфору і кальцію та ряд мікроелементів [14, 15]. Патока додається в тісто у кількості 8-10 % до маси борошна для попередження черствіння виробів. Вплив патоки на показники якості хліба із заморожених напівфабрикатів та хліба приготованого за традиційною технологією, наведено в табл. 1.

**Таблиця 1 – Показники якості хліба з різним вмістом патоки**

| Показники                         | Масова частка патоки,% |      |      |      |      |      | Контроль |      |
|-----------------------------------|------------------------|------|------|------|------|------|----------|------|
|                                   | 5                      |      | 10   |      | 15   |      | –        |      |
|                                   | ЗН                     | ТТ   | ЗН   | ТТ   | ЗН   | ТТ   | ЗН       | ТТ   |
| Формостійкість, %                 | 0,41                   | 0,48 | 0,41 | 0,5  | 0,40 | 0,49 | 0,40     | 0,48 |
| Питомий об'єм, см <sup>3</sup> /г | 2,90                   | 3,10 | 3,10 | 3,50 | 2,50 | 2,90 | 2,20     | 2,35 |
| Пористість,%                      | 70                     | 72   | 72   | 78   | 71   | 70   | 62       | 65   |
| Вологість,%                       | 42,9                   | 42,5 | 42,9 | 42,4 | 43,0 | 42,7 | 42,0     | 42,5 |
| Кислотність, град                 | 2,8                    | 3,1  | 2,9  | 3,1  | 3,0  | 3,1  | 2,8      | 3,2  |
| Затрати,%                         |                        |      |      |      |      |      |          |      |
| на упікання                       | 9,8                    | 9,5  | 10,0 | 9,8  | 9,9  | 9,5  | 10,2     | 10,4 |
| на усихання                       | 3,5                    | 3,3  | 3,0  | 3,0  | 3,2  | 3,1  | 3,3      | 3,2  |

Доцільність використання патоки в технології виробництва хлібобулочних виробів відома. Патока прискорює процеси бродіння тіста, покращує смак та аромат хліба, уповільнює процеси черствіння хліба.

Встановлено, що при внесенні патоки в кількості 5-10 % збільшувалися питомий об'єм (рис. 1) та пористість (рис. 2) готових виробів. Найкращі показники були у зразків хліба з 10 % вмістом патоки, як у виробів, виготовлених за традиційною технологією, так і за технологією відкладеного випікання.

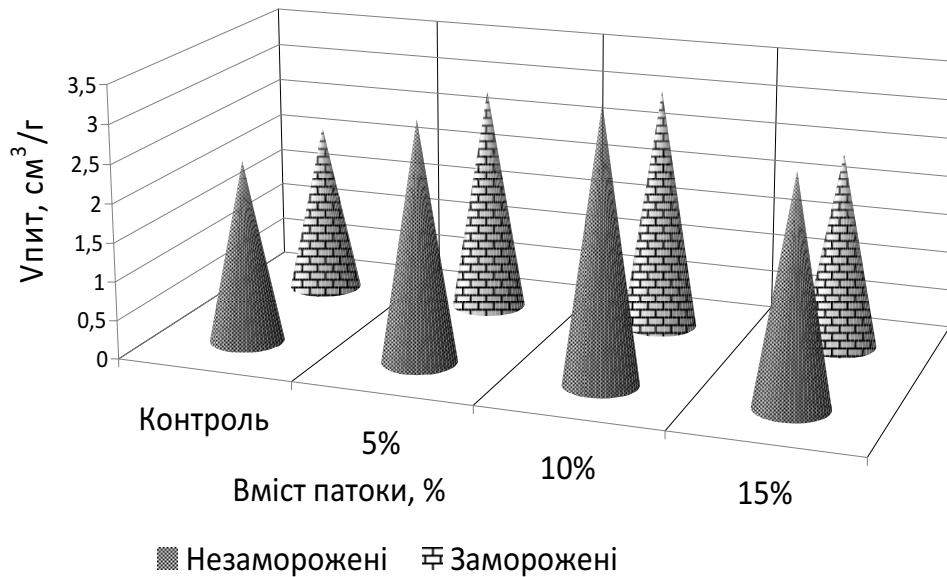


Рис. 1 – Залежність питомого об'єму хліба від масової частки патоки в тісті

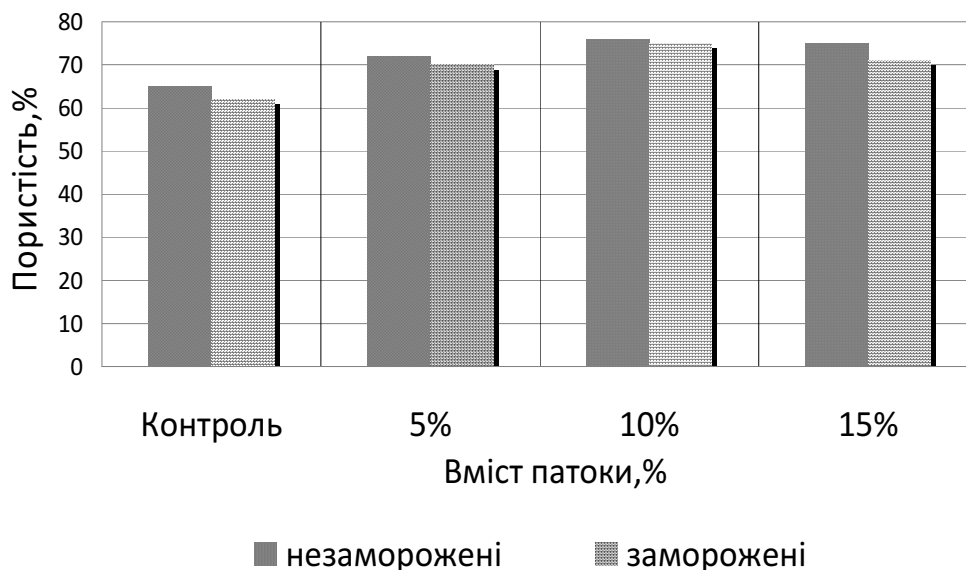


Рис. 2 – Залежність пористості готових виробів із заморожених напівфабрикатів від масової частки патоки в тісті

У наступній частині експериментальної роботи досліджували вплив низькоетерифікованого пектину на якість виробів із заморожених напівфабрикатів. Пектин – це рослинний полісахарид складної будови. Використання пектину дозволяє подовжити свіжість хліба та збільшити вихід продукції за рахунок підвищеної кількості зв'язаної води. У хлібопеченні найчастіше використовуються низькоетерифіковані пектини. До складу пектинових речовин входять вільні карбоксильні групи галактуранової кислоти, які зумовлюють властивість пектинів вибірково зв'язувати іони металів, у тому числі ізопротів, безпосередньо у шлунково-кишковому тракті та, меншою мірою, – в системах транспорту (кров, лімфа) або у тканинах внаслідок утворення нерозчинних комплексів (пектатів, пектинатів). Вони не всмоктуються і виводяться з організму. Здатність молекул пектинових речовин зв'язувати катіони полівалентних металів

(кальцію, цинку, свинцю, кобальту, стронцію) залежить від ступеня етерифікації молекул. Пектинові речовини, які входять до складу рослинних продуктів у вигляді розчинних харчових волокон, займають значне місце в раціонах лікувального та профілактичного призначення, оскільки впливають на моторну функцію жовчовивідних шляхів, порушення якої нерідко спостерігається при радіаційних ураженнях.

На відміну від клітковини, пектини – це розчинні харчові волокна, які мають сорбційні властивості стосовно простих цукрів, мінеральних солей, вітамінів.

Останніми роками з'явилися наукові праці, в яких рекомендується використовувати пектиновмісні продукти і очищений пектин у лікувально-профілактичному харчуванні населення. Функціональні властивості пектину головним чином визначаються молекулярною масою, співвідношенням і розподілом між основними одиницями, які складають молекулярний ланцюг. Завдяки комплексоутворювальній здатності пектини – це перспективні детоксиканти у профілактичному та лікувальному харчуванні.

Характеристики пектину дають змогу цілеспрямовано використовувати його як харчову добавку або як медичний препарат, призначений для демеалізації отруєного іонами важких металів організму. Добова потреба у пектині для людини становить 2-6 г на добу.

Максимальне покращання якості хліба з додаванням низькоетерифікованого пектину пов'язане з наявністю в його молекулі великої кількості вільних карбоксильних груп, порівняно з високоетерифікованими пектинами. Ці групи – реакційно здатні й активно взаємодіють із компонентами тіста, утворюють велику кількість сполук, що впливають на властивості та якість хліба. Порівняння впливу на якість хліба додавання пектину за різних способів приготування тіста дозволяє відзначити, що в усіх випадках пектин при оптимальному дозуванні покращує якість хліба. Найбільший ефект спостерігається при безопарному способі приготування тіста.

Завдяки своїм особливим фізико-хімічним властивостям яблучний пектин впливає на термін зберігання свіжості хліба. Хліб із додаванням пектину черствішає в 1,5-2,0 рази повільніше, ніж хліб без пектину. Досліджували вплив пектину на якість хлібобулочних виробів із заморожених напівфабрикатів. Тісто готували «холодним» способом з використанням пшеничного борошна вищого гатунку і молочної сироватки. Пектин вносили у кількості 5, 10, 15% до маси борошна в тісті. Було досліджено вплив масової частки пектину в тісті на якість хліба із заморожених напівфабрикатів (ЗН) та без заморожування. Контрольними були зразки хліба, виготовлені за прийнятою технологією без додавання пектину.

Результати впливу пектину на показники якості виробів із заморожених напівфабрикатів та виробів, виготовлених за традиційною технологією, наведені в табл. 2.

**Таблиця 2 – Показники якості хліба з різним вмістом пектину в тісті**

| Показники                         | Масова частка пектину, % |      |      |      |      |      | Контроль |      |
|-----------------------------------|--------------------------|------|------|------|------|------|----------|------|
|                                   | 5                        |      | 10   |      | 15   |      | -        |      |
|                                   | ЗТ                       | ТТ   | ЗТ   | ТТ   | ЗТ   | ТТ   | ЗТ       | ТТ   |
| Формостійкість, %                 | 0,46                     | 0,50 | 0,43 | 0,42 | 0,48 | 0,40 | 0,41     | 0,40 |
| Питомий об'єм, см <sup>3</sup> /г | 2,8                      | 3,0  | 2,2  | 2,8  | 2,1  | 2,5  | 2,2      | 2,5  |
| Пористість, %                     | 68                       | 70   | 62   | 68   | 61   | 71   | 62       | 71   |
| Вологість, %                      | 42,0                     | 42,1 | 42,2 | 42,5 | 41,8 | 42,4 | 42,3     | 41,9 |
| Кислотність, град                 | 2,9                      | 3,5  | 3,2  | 3,6  | 3,1  | 3,5  | 2,8      | 3,2  |
| Затрати, %                        |                          |      |      |      |      |      |          |      |
| на упікання                       | 9,9                      | 9,1  | 9,7  | 9,6  | 9,5  | 8,9  | 10,3     | 10,5 |
| на усихання                       | 3,3                      | 3,9  | 3,9  | 3,6  | 3,3  | 3,2  | 3,3      | 3,2  |

Встановлено, що при внесенні низькоетерифікованого пектину до рецептури збільшувалися питомий об'єм (рис. 3) та пористість (рис. 4) готових виробів. Найкращі показники були у зразків хліба з 5 % вмістом пектину, як у виробках, виготовлених за традиційною технологією, так і за технологією відкладеного випікання.

Досліджували вплив масової частки лецитину в тісті на якість виробів із заморожених напівфабрикатів. Лецитин – це універсальна біологічно активна добавка, яка має властивість попереджувати «старіння хліба», крім того, лецитин є жирним продуктом, тому внесення його до заморожених напівфабрикатів сприяє створенню захисної оболонки навколо дріжджової клітини, тим самим захищаючи її від перемерзання. Використання пектину та лецитину дозволяє також надати виробам лікувально-профілактичного призначення, оскільки ці добавки мають лікувальні властивості й позитивно впливають на організм людини.

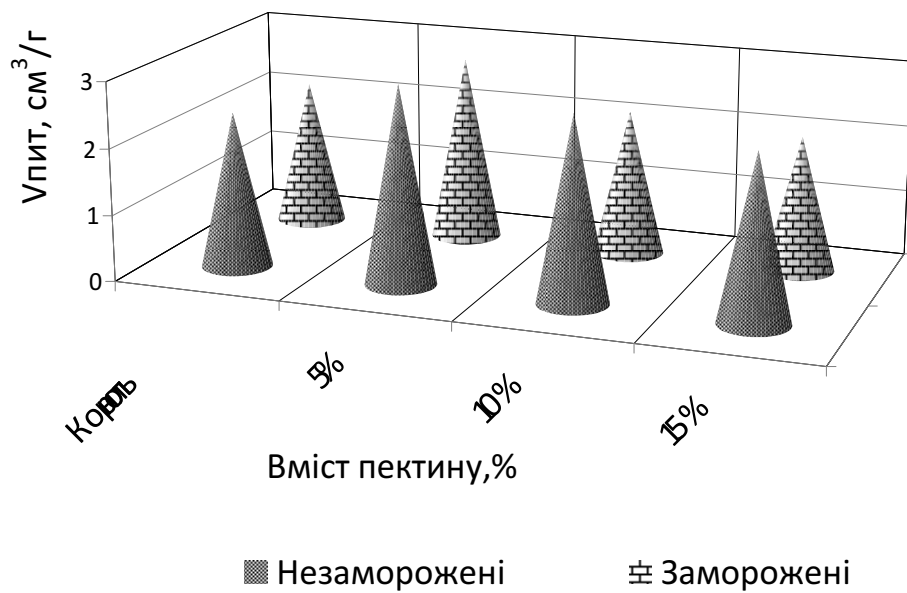


Рис. 3 – Залежність питомого об'єму хліба від вмісту пектину

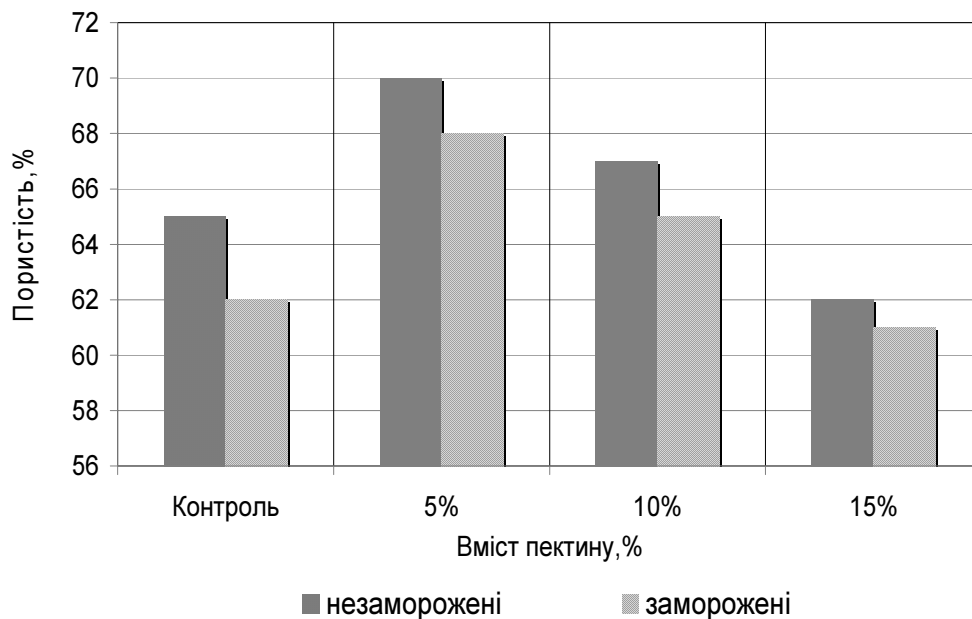


Рис. 4 – Залежність пористості готових виробів від кількості пектину у хлібі з заморожених напівфабрикатів

Лецитин належить до фосфоліпідів, присутній у клітинах всіх живих організмів, є абсолютно необхідною для організму речовиною. В організмі людини він в основному синтезується печінкою. Однією із основних функцій лецитину в організмі людини є – відновлення пошкоджених клітин і транспортування поживних речовин і вітамінів до клітин.

Лецитин буває як тваринного, так і рослинного походження. Соняшниковий лецитин добувають з насіння соняшника, а точніше, з відфільтрованої соняшникової олії.

В індустрії харчування лецитин застосовується як природний емульгатор при приготуванні хлібобулочних виробів. Він є антиоксидантом і тим самим попереджує «старіння» продуктів.

Лецитин нормалізує обмін жирів, покращує структуру печінки, нормалізує засвоєння вітамінів А, Д, Е і К, регулює роботу жовчі, зупиняє утворення жовчних каменів та призупиняє розвиток цирозу, по-

краще роботу серцево-судинної системи, ефективний для профілактики атеросклерозу. Лецитин відновлює рівень холестерину і тригліцеридів у крові, зменшує накопичення жирів у печінці, транспортує їх до крові. Його рекомендовано вживати при цукровому діабеті, ендокринному ожирінні, м'язовій дистрофії, швидкій стомлюваності, а також усім дітям та вагітним жінкам. Рекомендована доза лецитину 5 г на добу.

До складу лецитину входять гліцерин, ненасичені жирні кислоти, фосфор і вітамін – холін. У хлібопеченні лецитин, взаємодіючи з крохмалем і жиром, створює навколо кожної гранули крохмалю тонку жирову плівку, що набагато полегшує заміс тіста. Те саме лецитин робить і з протеїнами, надаючи особливої еластичності глютену. Тістоподібна маса з додаванням лецитину виходить більш сухою і менш липкою. Її легше формувати не тільки ручним способом, але й механічним.

Додавання лецитину в тісто дозволяє збільшити його толерантність при замісі, значно зменшити час структуроутворення, підвищити водопоглинальну здатність борошна. Він дозволяє використовувати механічний спосіб формування заготовок, робить масу більш м'якою, збільшує термін зберігання свіжості готового хліба. М'якушка у такого хліба більш ніжна, а сам хліб вирає в об'ємі.

Недоліки використання лецитину: коли пшеничне борошно має недостатню хлібопекарську силу, тоді підвищена доза лецитину може спровокувати при випіканні великі пустоти між скоринкою та м'якушкою.

Рекомендується додавати лецитин до хлібобулочних виробів у кількості 3-8 % до маси борошна в тісті. Використання більшої кількості лецитину може призвести до зворотнього результату.

Результати впливу лецитину на основні показники якості виробів із заморожених напівфабрикатів та якості виробів, виготовлених за традиційною технологією, наведені в табл. 3.

**Таблиця 3 – Показники якості хліба з різним вмістом лецитину в тісті**

| Показники                         | Масова частка лецитину, % |      |      |      |      |      | Контроль |      |
|-----------------------------------|---------------------------|------|------|------|------|------|----------|------|
|                                   | 5                         |      | 10   |      | 15   |      | -        |      |
|                                   | ЗТ                        | ТТ   | ЗТ   | ТТ   | ЗТ   | ТТ   | ЗТ       | ТТ   |
| Формостійкість, %                 | 0,40                      | 0,43 | 0,35 | 0,38 | 0,36 | 0,43 | 0,41     | 0,40 |
| Питомий об'єм, см <sup>3</sup> /г | 3,63                      | 4,07 | 3,51 | 3,75 | 3,43 | 3,64 | 2,2      | 2,5  |
| Пористість, %                     | 80                        | 84   | 78   | 82   | 77   | 80   | 62       | 71   |
| Вологість, %                      | 42,2                      | 42,9 | 42,8 | 42,5 | 42,1 | 42,5 | 42,3     | 42,1 |
| Кислотність, град                 | 1,8                       | 2,0  | 2,2  | 2,4  | 2,6  | 2,8  | 2,8      | 3,2  |
| Затрати, %                        |                           |      |      |      |      |      |          |      |
| на упікання                       | 10,4                      | 10,1 | 11,4 | 10,2 | 12,1 | 11,1 | 10,6     | 10,9 |
| на усування                       | 3,0                       | 3,2  | 3,0  | 3,3  | 3,51 | 3,42 | 3,3      | 3,2  |

В ході експериментальної роботи нами було встановлено вплив вищенаведених добавок на якісні показники виробів із заморожених напівфабрикатів та якість хліба через певний проміжок часу.

Вивчено вплив добавок у кількості 5, 10, 15 % до маси борошна в тісті. Згідно з результатами досліджень були обґрунтовані кількісний і якісний склад сировини, можливість використання патоки, лецитину та пектину у виробництві хліба із заморожених напівфабрикатів, оптимальний вміст добавок для подовження терміну зберігання хліба, виготовленого за технологією відкладеного випікання.

У процесі досліджень визначені оптимальні витрати в кількості: патоки – 10 %, пектину – 5 % та соєно-яєчного лецитину – 5 %. За такого вмісту добавок якість хліба із заморожених напівфабрикатів значно покращувалася порівняно зі зразком без внесення добавок, а саме поліпшувався зовнішній вигляд, значно підвищувалися такі показники, як пористість, формостійкість та питомий об'єм, в той час як знижувалися показники упікання та усування. Вироби показали досить хороше збереження свіжості через 48 годин після випікання порівняно з контрольним зразком.

Зважаючи на отримані результати можна говорити про доцільність використання лецитину, патоки та пектину, оскільки при їх внесенні покращуються органолептичні, фізико-хімічні та структурно-механічні показники виробів із заморожених хлібобулочних напівфабрикатів у порівнянні з виробами, виготовленими за традиційною технологією.

#### Література

1. Інтернет ресурс. – <http://www.hlibnahata.com.ua>
2. Інтернет ресурс. – <http://www.sq.dt-kt.net>
3. Военная А. Качество хлебобулочных изделий на основе замороженных полуфабрикатов/ А. Военная, И. Матвеева // Хлебопродукты. – 1996. – № 6. – С. 18-20.

4. Мартыненко Н.С. Влияние способов подготовки полуфабрикатов к замораживанию и выпечке на качество готовых изделий / Н.С. Мартыненко, О.Н. Буянови и др. // Хлебопечение России. – 2006. – № 1. – С. 16-17.
5. Кветный Ф.М. О замораживании хлебобулочных изделий/ Ф.М. Кветный, М.Ю. Юрко// Хлебопечение России. – 2006. – № 1. – С. 22-23.
6. Магомедов Г., Пономарева Е., Туришев В. и др. Бездрожжевой хлеб на основе сбивных замороженных полуфабрикатов // Хлебопродукты. – 2006. – № 8. – С. 50-51.
7. Кульп К. Производство изделий из замороженного теста / К. Кульп, К. Лоренц, Ю. Брюммер; пер. с англ. под общ. ред. И.В. Матвеевой. – СПб.: Професия. – 2005. – С. 127-131.
8. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництв. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 341 с.
9. Дробот В.І. Технологія хлібопекарського виробництва. – К.: Логос, 2002. – 365 с.
10. Пшенишнюк Г.Ф. Перспективи раціональної технології дрібно штучних булочних виробів в умовах підприємств торгівельної мережі / Г.Ф. Пшенишнюк, Т.Є. Лебеденко, В.В. Ковалевич // Наукові праці. – Вип. 34, Т. 1, – 2008. – С. 160-164.
11. Солоницька І.В. Основи заморожування тістових заготовок // Харчова наука і технологія. – 2009. – № 1. – С. 79-82.
12. Солоницька І.В. Вплив рецептурних компонентів на якість виробів лікувально-профілактичного призначення із заморожених напівфабрикатів / І.В. Солоницька, Г.Ф. Пшенишнюк // Харчова наука і технологія. – 2010. – № 1. – С.17-21.
13. Солоницька І.В. Обґрунтування апаратурно-технологічної схеми виробництва хлібобулочних виробів лікувально-профілактичного призначення із заморожених напівфабрикатів / І.В. Солоницька, Г.Ф. Пшенишнюк // Харчова наука і технологія. – 2011. – № 1. – С. 23-25.
14. Солоницька І.В. Використання відкладеного випікання в технології хлібобулочних виробів лікувально-профілактичного призначення / І.В. Солоницька, Г.Ф. Пшенишнюк, О.Є. Писанецька // Харчова наука і технологія. – 2012. – № 1. – С. 11-14.
15. Солоницька І.В. Виробництво хлібобулочних виробів за інноваційними технологіями відкладеного випікання / І.В. Солоницька, Г.Ф. Пшенишнюк, Є.В. Савкова// Харчова наука і технологія. – 2013. – № 1. – С. 21-24.

УДК 664.661

## **ХМЕЛЕВІ ЕКСТРАКТИ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ МІКРОБІОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ ІЗ ПШЕНИЧНОГО БОРОШНА**

**Лебеденко Т.Є, канд. тех. наук, доцент, Кананихіна О.М., канд. тех. наук, доцент,  
Соколова Н.Ю., асистент, Кожевнікова В.О., аспірант  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса**

*У статті наведено результати досліджень щодо впливу хмелевих екстрактів на показники мікробіологічної безпеки хлібобулочних виробів із пшеничного борошна. Показано, що хмелеві екстракти здатні суттєво пригнічувати розвиток картопляної хвороби та пліснявіння.*

*In this article the results of research of the impact of hop extracts on microbiological safety characteristics of wheat flour bakery products are presented. It is shown that the hop extracts can significantly inhibit the bread disease and mold development.*

**Ключові слова:** хміль, мікробіологічна безпека, хлібобулочні вироби.

Мікробіологічні показники борошна, вміст власної технологічно значущої та потенційно небезпечної мікрофлори, склад якої на підприємствах не визначається, є одним із основних факторів формування якості хлібобулочних виробів у ході технологічного процесу та при зберіганні.

Технологічно важливі склад і властивості бродильної мікрофлори, бактерій у борошні, які традиційно забезпечують для пшеничних виробів протікання молочнокислого бродіння. В результаті цього створюються умови для життєдіяльності дріжджів за кислотністю, вмістом поживних речовин у хлібопекарних напівфабрикатах, накопичується широкий спектр попередників смаку та аромату готових виробів,

продукуються органічні кислоти та інші сполуки, які пригнічують розвиток сторонньої мікрофлори [1, 2].

У той самий час збільшилась частка сировини з ознаками зараження контамінантами мікробного походження, оскільки міграція патогенних мікроорганізмів по всьому технологічному процесі не відстежується [3]. В умовах хлібопекарних підприємств небажана мікрофлора може порушувати хід технологічного процесу та погіршувати якість готових виробів, викликаючи мікробіологічні захворювання хліба, зараження мікотоксинами.

Цим і обумовлено доцільність проведення комплексу досліджень щодо оцінювання мікробіологічної безпеки хлібобулочних виробів з хмелевими екстрактами. Оскільки за різними технологіями виробництва (рис. 1) вони містять різну кількість ізогумулону, поліфенольні речовини, гіркі кислоти та ефірні масла, які забезпечують антибіотичні властивості хмелевих екстрактів (табл. 1).

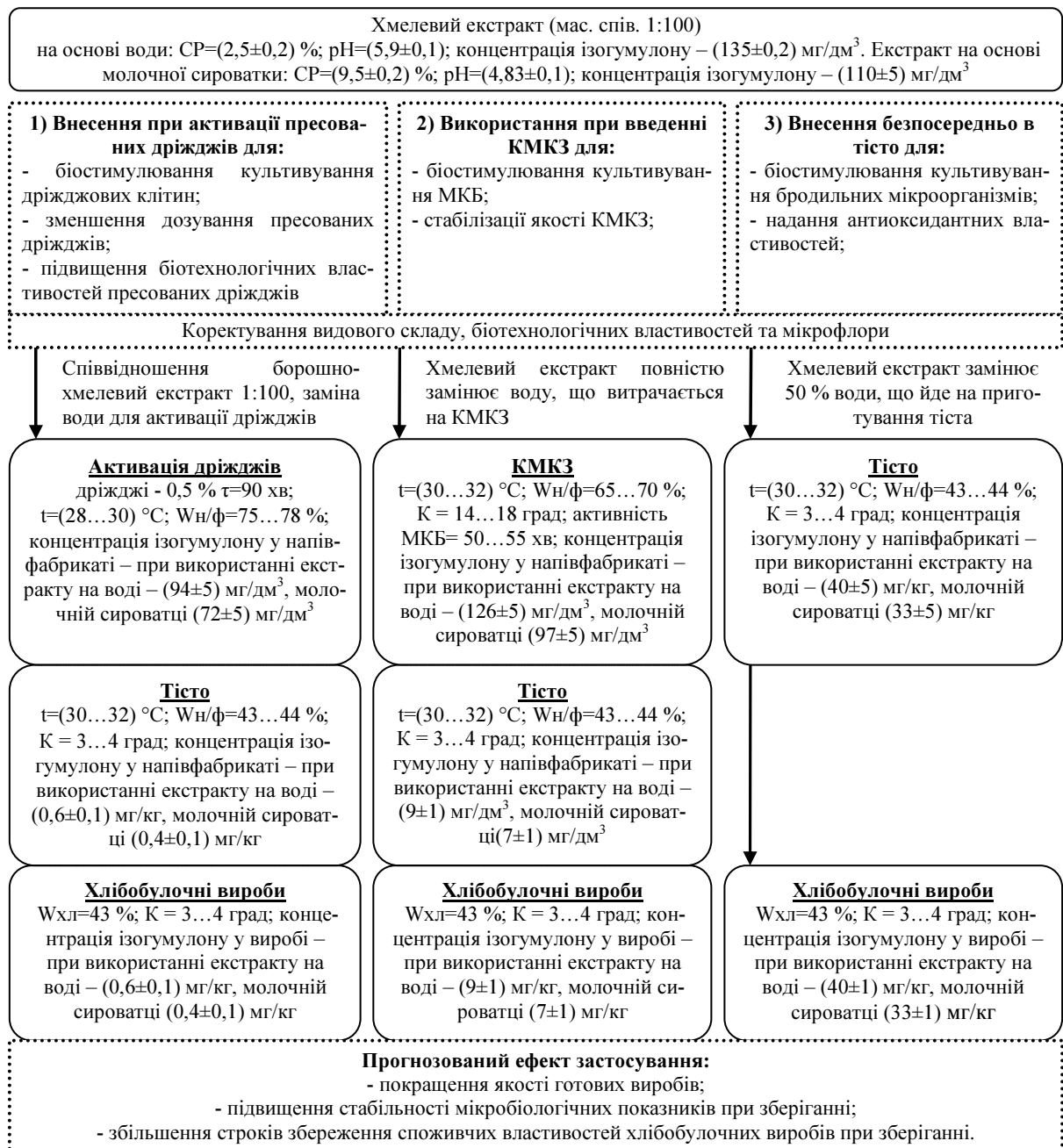


Рис. 1 – Запропоновані способи використання хмелевих екстрактів у прискорених технологіях

**Таблиця 1 – Фізико-хімічні властивості хмелевих екстрактів**  
**(1:100 мас. част,  $t_{\text{екстр}}=90$  хв,  $t_{\text{екстр}}=(100\pm 2)$  °C)**

|                                                     | Екстракт на основі |                    |
|-----------------------------------------------------|--------------------|--------------------|
|                                                     | води               | молочної сироватки |
| Масова концентрація ізогумолону, мг/дм <sup>3</sup> | 135±5              | 110±5              |
| Азотисті речовини, %                                | 0,3±0,02           | 1,1±0,02           |
| Фенольні сполуки, %                                 | 4,5±0,1            | 3,2±0,1            |
| Мінеральні речовини, %                              | 0,4±0,02           | 1,2±0,02           |
| Пектинові речовини, %                               | 0,5±0,05           | 0,4±0,05           |
| Масова частка сухих речовин, %                      | 2,5±0,2            | 9,5±0,2            |
| Активна кислотність                                 | 5,9±0,1            | 4,83±0,1           |

Найбільшого поширення набули та найсерйознішої шкоди завдають підприємствам збудники картопляної хвороби – спороутворювальні бактерії *Bacillus mesentericus* і *Bac. subtilis*, що мають комплекс активних амілолітичних (у тому числі  $\alpha$ -амілаза) і протеолітичних (протеїназа, поліпептидаза, дипептидаза) ферментів [2], дія яких викликає специфічні зміни м'якушки хліба. Саме за появою специфічного запаху та ниток при розламуванні м'якушки проводили оцінку впливу активованих пресованих дріжджів (АПД) із хмелевими екстрактами, концентрованої молочнокислої закваски (КМКЗ) із хмелевими екстрактами та самих хмелевих екстрактів на мікробіологічну стійкість готових виробів. Для цього формові вироби загортали у вологий папір і витримували у термостаті при температурі 37 °C.

Встановлено, що АПД із хмелевими екстрактами здатні суттєво покращувати мікробіологічну стабільність готових виробів. При їх використанні навіть після 60 год термостатування не було виявлено ознак картопляної хвороби. У контрольному зразку ознаки псування відзначено вже через 36 год, а після 48 год картопляна хвороба була явно виражена (табл. 2). Таким чином, показано, що концентрація ізогумолону в готових виробах при використанні екстракту на воді – (8±1) мг/кг, на молочної сироватці – (6±1) мг/кг дозволяє підвищити мікробіологічну стабільність готових виробів.

**Таблиця 2 – Вплив АПД на швидкість розвитку картопляної хвороби у хлібі**

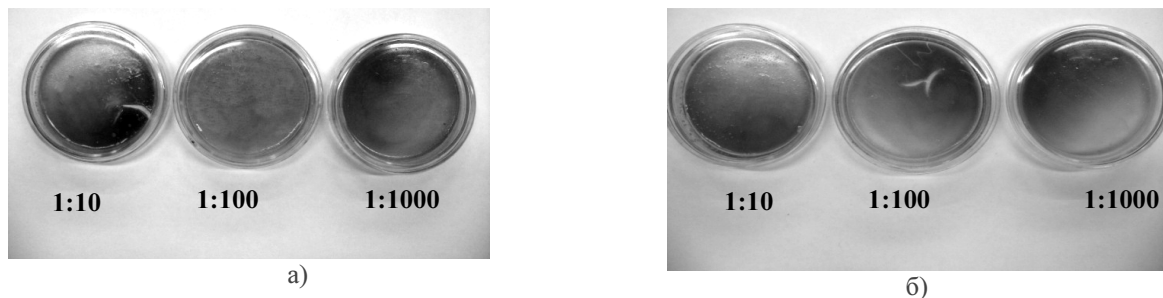
| Ознаки хвороби                   | Контроль                           | Хліб з АПД при використанні екстрактів |                         |
|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------|
|                                  |                                    | хміль-вода                             | хміль-молочна сироватка |
| Через 24 год термостатування     |                                    |                                        |                         |
| Наявність специфічного запаху    | відсутній                          | відсутній                              | відсутній               |
| Стан м'якушки                    | без ознак хвороби                  | без ознак хвороби                      | без ознак хвороби       |
| Наявність ниток при розламуванні | відсутні                           | відсутні                               | відсутні                |
| Через 36 год термостатування     |                                    |                                        |                         |
| Наявність специфічного запаху    | слабкий                            | відсутній                              | відсутній               |
| Стан м'якушки                    | сильно заминається                 | без ознак хвороби                      | без ознак хвороби       |
| Наявність ниток при розламуванні | відсутні                           | відсутні                               | відсутні                |
| Через 48 год термостатування     |                                    |                                        |                         |
| Наявність специфічного запаху    | різкий                             | відсутній                              | відсутній               |
| Стан м'якушки                    | липкий                             | без ознак хвороби                      | без ознак хвороби       |
| Наявність ниток при розламуванні | тонкі, розміщені рідкими вогнищами | відсутні                               | відсутні                |
| Через 60 год термостатування     |                                    |                                        |                         |
| Наявність специфічного запаху    | різкий                             | відсутній                              | відсутній               |
| Стан м'якушки                    | липкий                             | без ознак хвороби                      | без ознак хвороби       |
| Наявність ниток при розламуванні | тонкі, розміщені рідкими вогнищами | відсутні                               | відсутні                |



Окрім визначення швидкості захворювання хлібобулочних виробів проводили також кількісне визначення картопляної палички бактеріологічним методом. Оскільки носієм споруутворювальних бактерій, що викликають картопляну хворобу, є борошно, спочатку визначали титр картопляної палички у борошні згідно із загальноприйнятими методиками.

Для цього зразки витримували до появи ознак росту колоній. Лише при розведенні 1:10 була виявлена одна колонія, що за морфологічними ознаками відповідає *Bac. mesentericus*. Отже, встановлено, що в 1 г борошна, яке використовувалось у дослідженні, міститься 10 спор *Bac. mesentericus*. Цей факт говорить про низьку забрудненість борошна, оскільки воно вважається нормальним за наявності до 200 спор на 1 г борошна. Як видно (рис. 2), в АПД із хмелевими екстрактами не було виявлено жодної життєздатної спори, що могла б викликати картопляну хворобу.

Було встановлено також наявність невеликої кількості не охарактеризованих колоній та розривів на живильних середовищах. Це свідчить про виділення вуглекислого газу та вказує на наявність бродильної мікрофлори. При проведенні дослідження щодо визначення впливу АПД на титр картопляної палички у готових виробих також не було виявлено жодної колонії споруутворювальних бактерій *Bac. mesentericus*.



а – хміль-вода; б – хміль-молочна сироватка

**Рис. 2 – Зразки АПД при використанні екстрактів**

КМКЗ є загальновідомим засобом боротьби з картопляною хворобою, оскільки вона здатна підкислювати тісто та готові вироби, що інгібує розвиток *Bac. mesentericus*. Проте, при введенні її у технологічний цикл, через забруднення сторонніми мікроорганізмами, КМКЗ втрачає свої технологічні показники та властивості. Нашими дослідженнями показано, що хмелеві екстракти подовжують термін стабільності якісних показників КМКЗ. Окрім того встановлено, що використання КМКЗ із хмелевими екстрактами є більш ефективним засобом запобігання картопляній хворобі (табл. 3). Так, дослідні зразки навіть після 60 год термостатування не мали ознак хвороби, тоді як у контрольному зразку 1, для приготування якого використовували КМКЗ без хмелевих екстрактів, ознаки хвороби з'явилися вже через 48 год.

Результати, які було підтверджено кількісним визначенням картопляної палички бактеріологічним методом, адекватно корелюються з отриманими раніше даними і підтверджують висунуту гіпотезу.

За вдосконаленою технологією хлібобулочні вироби з підвищеними фізіологічними властивостями містять при використанні екстракту на воді —  $(40 \pm 1)$  мг/кг, молочній сироватці —  $(33 \pm 1)$  мг/кг ізогумолону (табл. 4).

При проведенні досліджень використовували два контрольні зразки, оскільки молочна сироватка містить органічні кислоти, які самі по собі можуть пригнічувати ріст багатьох споруутворювальних бактерій, з метою відокремити дію молочної сироватки від дії хмелевого екстракту на молочній сироватці. Перші ознаки хвороби у контрольному зразку були помітні вже через 36 год термостатування, тоді як при використанні хмелевих екстрактів навіть через 60 год ознак захворювання не було виявлено.

Оскільки для другого контрольного зразка перші ознаки хвороби було виявлено вже через 48 год термостатування, можна припустити, що позитивна дія хмелевого екстракту на основі молочної сироватки не лише пов'язана з наявністю органічних кислот, але й забезпечується діючими речовинами хмелю.

Пліснявіння виникає в процесі тривалого зберігання хліба. Воно відбувається внаслідок потрапляння спор плісень з навколишнього середовища на випечений хліб. Пліснявіння хліба зумовлене розвитком переважно пліснявих грибів роду *Aspergillus* (*A. flavus*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *A. ochraceus*). Запліснявілий хліб може містити шкідливі для організму людини речовини. Небезпека полягає у тому, що плісняві гриби утворюють мікотоксини – високотоксичні сполуки, більшість з яких мають імунодепресивні властивості, а деякі проявляють виражені мутагенну та канцерогенну дії. Особливу небезпеку становить розвиток пліснявих грибів роду *Fusarium*. Вони продукують токсини, які не руйнуються в процесі випікання хліба [4, 5].

Таблиця 3 – Вплив КМКЗ із хмелевим екстрактом на швидкість розвитку картопляної хвороби у хлібі

| Ознаки хвороби                   | Контроль          | Хліб з КМКЗ при використанні екстрактів |                         |
|----------------------------------|-------------------|-----------------------------------------|-------------------------|
|                                  |                   | хміль-вода                              | хміль-молочна сироватка |
| Через 24 год термостатування     |                   |                                         |                         |
| Наявність специфічного запаху    | відсутній         | відсутній                               | відсутній               |
| Стан м'якушки                    | без ознак хвороби | без ознак хвороби                       | без ознак хвороби       |
| Наявність ниток при розламуванні | відсутні          | відсутні                                | відсутні                |
| Через 36 год термостатування     |                   |                                         |                         |
| Наявність специфічного запаху    | відсутній         | відсутній                               | відсутній               |
| Стан м'якушки                    | без ознак хвороби | без ознак хвороби                       | без ознак хвороби       |
| Наявність ниток при розламуванні | відсутні          | відсутні                                | відсутні                |
| Через 48 год термостатування     |                   |                                         |                         |
| Наявність специфічного запаху    | слабкий           | відсутній                               | відсутній               |
| Стан м'якушки                    | без ознак хвороби | без ознак хвороби                       | без ознак хвороби       |
| Наявність ниток при розламуванні | відсутні          | відсутні                                | відсутні                |
| Через 60 год термостатування     |                   |                                         |                         |
| Наявність специфічного запаху    | слабкий           | відсутній                               | відсутній               |
| Стан м'якушки                    | заминається       | без ознак хвороби                       | без ознак хвороби       |
| Наявність ниток при розламуванні | відсутні          | відсутні                                | відсутні                |

За результатами досліджень останніх років [4] коефіцієнт контамінації афлотоксином В<sub>1</sub> для хлібобулочних виробів становив 15,6 %. В таких умовах пошук шляхів підвищення мікробіологічної безпеки готових виробів хлібопекарської галузі є особливо актуальним. У зв'язку з цим проводили дослідження для виявлення захворювання хліба з хмелевими екстрактами на плісняву.

Для виявлення захворювання хліба пліснявими грибами випечені зразки упаковували в поліетиленові пакети і зберігали за температури 30 °С до появи на поверхні виробу видимого міцелію мікроорганізмів.

Як видно з представлених даних (табл. 5), хліб із хмелевими екстрактами меншою мірою піддається пліснявінню. Найбільше уповільнює розвиток пліснявих грибів хмелевий екстракт на молочній сироватці, порівняно з контролем стійкість до пліснявіння підвищується на 85 %. Використання хмелевого екстракту на воді уповільнює процес порівняно з контрольним зразком на 57 %.

Використання АПД та КМКЗ із хмелевими екстрактами дозволяє в середньому підвищити стійкість до пліснявіння готових виробів, які містять ізогумулону — при використанні екстракту на воді – (7±1) мг/кг, молочній сироватці – (6±1) мг/кг, на 20 % та 40 % відповідно.

Отже, хмелеві екстракти можна рекомендувати як засіб покращення мікробіологічної безпеки готових хлібобулочних виробів з пшеничного борошна. При цьому спосіб введення хмелевого екстракту може бути різним – при активації дріжджів, на стадії виробничого циклу КМКЗ або безпосередньо при замісі тіста.

Таку дію хмелевих екстрактів можна зв'язати як з наявністю в хмелі гірких речовин, зокрема  $\alpha$ -кислот (гумулон, ізогумулон) і  $\beta$ -кислоти (лупулон), які проявляють сильну бактерицидну дію і здатні пригнічувати розвиток, як грампозитивних, так і грамнегативних бактерій, так і окремих груп БАР, які переходять в екстракти – органічних, фенолкарбонових кислот, антоціанів та флавоноїдів [6, 7].

**Таблиця 4 – Вплив хмелевих екстрактів на швидкість розвитку картопляної хвороби у хлібі**

| Ознаки хвороби                   | Контроль 1                  | Контроль 2         | Хліб при використанні екстрактів |                         |
|----------------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------------------|-------------------------|
|                                  |                             |                    | хміль-вода                       | хміль-молочна сироватка |
| Через 24 год термостатування     |                             |                    |                                  |                         |
| Наявність специфічного запаху    | відсутній                   | відсутній          | відсутній                        | відсутній               |
| Стан м'якушки                    | без ознак хвороби           | без ознак хвороби  | без ознак хвороби                | без ознак хвороби       |
| Наявність ниток при розламуванні | відсутні                    | відсутні           | відсутні                         | відсутні                |
| Через 36 год термостатування     |                             |                    |                                  |                         |
| Наявність специфічного запаху    | слабкий                     | відсутній          | відсутній                        | відсутній               |
| Стан м'якушки                    | сильно заминається          | без ознак хвороби  | без ознак хвороби                | без ознак хвороби       |
| Наявність ниток при розламуванні | відсутні                    | відсутні           | відсутні                         | відсутні                |
| Через 48 год термостатування     |                             |                    |                                  |                         |
| Наявність специфічного запаху    | різкий                      | слабкий            | відсутній                        | відсутній               |
| Стан м'якушки                    | липкий                      | заминається        | без ознак хвороби                | без ознак хвороби       |
| Наявність ниток при розламуванні | розміщені рідкими вогнищами | відсутні           | відсутні                         | відсутні                |
| Через 60 год термостатування     |                             |                    |                                  |                         |
| Наявність специфічного запаху    | різкий                      | слабкий            | відсутній                        | відсутній               |
| Стан м'якушки                    | дуже липкий                 | сильно заминається | без ознак хвороби                | без ознак хвороби       |
| Наявність ниток при розламуванні | розміщені частини вогнищами | відсутні           | відсутні                         | відсутні                |

**Таблиця 5 – Вплив АПД з хмелевими екстрактами на швидкість ураження хліба пліснявою**

| Найменування зразка              | Час утворення міцелію пліснявих грибів, год |             |                            |
|----------------------------------|---------------------------------------------|-------------|----------------------------|
|                                  | Хліб з АПД                                  | Хліб з КМКЗ | Хліб з хмелевим екстрактом |
| Контроль                         | 96                                          | 108         | 120                        |
| Екстракт хміль-вода              | 120                                         | 132         | 144                        |
| Екстракт хміль-молочна сироватка | 144                                         | 156         | 168                        |

**Література**

1. Поландова, Р.Д. Картофельная болезнь хлеба: проблемы и современные способы предупреждения [Текст] / Р.Д. Поландова, Т.Г. Богатырева, А.А. Атаев // Хлебопечение России. – 1998. – № 4. – С. 13–14.
2. Афанасьева, О.В. Микробиология хлебопекарного производства [Текст] / О.В. Афанасьева. – Петерб. фил. Гос. НИИ хлебопек. пром-ти (СПб Ф ГосНИИХП). – СПб.: Берста, 2003. – 220 с.
3. Карельская, С. Российское зерно – какое оно? [Текст] / С. Карельская // Хлебопечение / кондитерская сфера. – 2010. – № 1(33). – С. 6–12.
4. Красникова, Л.В. Микробиология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств: Учеб. пособие [Текст] / Л.В. Красникова, И.Е. Кострова. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2001. – 81 с.

5. Cauvain, S.P. Technology of Breadmaking [Electronic resource] / Stanley P. Cauvain, Linda S. – 2007. – 397 p. – Mode of access: <http://books.google.com.ua/books>.
6. Stavri, M. The antimycobacterial components of hops (*Humulus lupulus*) and their dereplication [Text] / M. Stavri, etc. // *Phytotherapy research*. – 2012. – Vol.18. – P. 774–776.
7. Simpson, W.J. Factors affecting antibacterial activity of hop compounds and their derivatives [Text] / W.J. Simpson, A. R. Smith // *Journal of Applied Microbiology*. – 2012. – Vol. 72. – P. 327–334.

УДК 664.66.016/019:664.72

## ВПЛИВ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ ІЗ ЗАРОДКІВ ПШЕНИЦІ НА СПОЖИВНІ ВЛАСТИВОСТІ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

Олійник С.Г., канд. техн. наук, доцент, Лисюк Г. М., д-р техн. наук, професор,

Кравченко О.І., канд. техн. наук

Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків

*У статті представлені результати визначення споживних властивостей хліба з додаванням спиртового екстракту і шроту із зародків пшениці. Досліджено органолептичні та фізико-хімічні показники якості та харчову цінність хліба з добавками. Встановлено вплив добавок на збереження свіжості хліба протягом зберігання.*

*The paper presents the results of determination consumer properties of bread with the addition of alcohol extract and oil-cake from wheat. The organoleptic and physical-chemical quality indices and nutritional value of bread with additives are studied. The influence of additives on the freshness of bread during storage is ascertained.*

Ключові слова: продукти переробки зародків пшениці, спиртовий екстракт, шрот, хлібобулочні вироби, споживні властивості, показники якості, харчова цінність.

**Постановка проблеми.** Вироби з пшеничного борошна здавна здобули популярність серед населення України. Завдяки високій енергетичній цінності хлібобулочні вироби здатні задовольняти більше ніж 30 % добової потреби людини в енергії, разом з тим вони характеризуються низьким вмістом життєво необхідних нутрієнтів, таких як вітаміни, харчові волокна, незамінні амінокислоти, мінеральні речовини.

Вітчизняний і закордонний досвід підвищення харчової цінності хлібобулочних виробів свідчить про дієвість застосування з цією метою побічних продуктів борошномельного виробництва. Серед них особливої уваги заслуговує пшеничний зародок, який по праву називають «серцем» зерна через високу харчову та біологічну цінність. Сьогодні у практиці хлібопечення знайшли використання різні продукти із зародків пшениці, такі як борошно, пластівці, екстракти. Проте прагнення науковців максимально використати потенціал зародка пшениці приводить до появи на ринку нових продуктів його переробки.

Нами для створення технології хліба підвищеної харчової цінності запропоновано застосовувати спиртовий екстракт (дієтична добавка «Глюкорн-100») і шрот із зародків пшениці (дієтична добавка «Шрот зародків пшениці харчовий»). Ці дієтичні добавки розроблені та випускаються у промисловому масштабі на КП «Білоцерківхлібопродукт» (м. Біла Церква) [1]. Отримані у ході комплексної переробки зародків, вони мають різні характеристики: спиртовий екстракт має густу сиропоподібну консистенцію, а шрот – це грубодисперсний порошкоподібний продукт.

Спиртовий екстракт зародків пшениці відрізняється високим вмістом моно- та дицукридів, а також вітаміну Е, РР, групи В, каротиноїдів, низькомолекулярних фенольних сполук та дубильних речовин. Особливістю хімічного складу шроту зародків пшениці є значний вміст білка, низькомолекулярних фенольних сполук, дубильних речовин та харчових волокон. Харчові волокна шроту здебільшого представлені геміцелюлозами.

На основі отриманих раніше результатів експериментів з впливу цих добавок на властивості борошна та хлібопекарських дріжджів, на процеси дозрівання тіста встановлено, що раціональним дозуванням спиртового екстракту в технології пшеничного хліба є 4...8 % до маси борошна, а шроту зародків пшениці – 10...20 % від маси борошна [2, 3]. Нами було розроблено технологію приготування тіста безопарним способом з використанням дослідних продуктів переробки зародків пшениці. Технологія хліба «Духмяний» передбачає додавання на стадії замішування тіста спиртового екстракту в кількості 8,0 % до маси борошна, який попередньо суспендується з частиною рецептурної кількості води. При виготовленні хліба «Корисний» на стадії замішування тіста у сухому вигляді додається шрот у кількості 15,0% від маси борошна. Оскільки попередньо було визначено, що додавання добавок призводить до інтенсифікації

накопичення редукуючих речовин, кислото- та газонакопичення, тривалість дозрівання тіста для хліба «Духмяний» було скорочено до 150 хв, а для хліба «Корисний» – до 160 хв, що на 17 і 11 % менше ніж у контрольного зразка (180 хв) [2 – 4].

**Метою** досліджень, результати яких представлені у цій статті, було визначення впливу спиртового екстракту і шроту із зародків пшениці на споживні властивості хлібобулочних виробів, а саме органолептичні та фізико-хімічні показники якості та харчову цінність готових виробів, а також збереження їх свіжості протягом зберігання за зміною вологості, показників penetрації та кришкуватості м'якушки.

Встановлено, що хліб з використанням продуктів переробки зародків пшениці за органолептичними та фізико-хімічними показниками якості не поступається контрольному зразку і навіть набуває нових властивостей (табл. 1).

**Таблиця 1 – Показники якості хліба «Духмяний» та «Корисний» з дієтичними добавками із зародків пшениці**

| Найменування показників якості | Характеристика показників якості зразків хліба                                                |                                                                         |                                                                                                                       |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                | Хліб без добавок (контроль)                                                                   | Хліб «Духмяний» з додаванням спиртового екстракту (8 % до маси борошна) | Хліб «Корисний» з додаванням шроту зародків пшениці (15 % від маси борошна)                                           |
| Органолептичні показники       |                                                                                               |                                                                         |                                                                                                                       |
| Форма, стан поверхні           | Правильна форма з випуклою скоринкою без підривів і тріщин                                    |                                                                         |                                                                                                                       |
| Колір скоринки                 | Світло-жовтий                                                                                 | Світло-коричневий                                                       | Коричневий                                                                                                            |
| Стан м'якушки                  | Пропечена, еластична м'якушка з добре розвинутою, однорідною пористістю, без слідів непромісу |                                                                         | Пропечена, менш еластична м'якушка з розвинутою, однорідною пористістю, без слідів непромісу, із вкрапленнями добавки |
| Смак та запах                  | Властивий даному виду виробу                                                                  | Властивий даному виду виробу з приємними присмаком та запахом добавки   |                                                                                                                       |
| Фізико-хімічні показники       |                                                                                               |                                                                         |                                                                                                                       |
| Кислотність, град              | 2,8±0,1                                                                                       | 2,9±0,1                                                                 | 3,2±0,1                                                                                                               |
| Вологість, %                   | 43,0±1,2                                                                                      | 43,0±1,2                                                                | 43,9±1,2                                                                                                              |
| Пористість, %                  | 70,0±2,0                                                                                      | 74,0±2,0                                                                | 68,0±2,0                                                                                                              |
| Питомий об'єм, см³/г           | 3,0±0,1                                                                                       | 3,2±0,1                                                                 | 2,9±0,1                                                                                                               |

Так, наявність спиртового екстракту в рецептурі надає хлібу яскравіше забарвлені скоринки, приємного присмаку та запаху добавки. Зміна кольору скоринки, ймовірно, пов'язана з інтенсифікацією реакцій меланоїдиноутворення та карамелізації за рахунок внесення з добавкою додаткових амінокислот та редукуючих цукрів.

З аналізу фізико-хімічних показників якості хліба «Духмяний» видно, що його титрована кислотність та вологість знаходяться майже на рівні такої у контрольного зразка, а показники пористості м'якушки та питомого об'єму хліба вищі відносно контрольного зразка на 6,0 та 6,6 %, що є результатом підвищення газоутримувальної здатності тіста зі спиртовим екстрактом, прискорення мікробіологічних та біохімічних процесів його дозрівання.

Результати визначення органолептичних показників якості хліба «Корисний» свідчать, що внесення шроту в кількості 15 % від маси борошна призводить до незначної втрати еластичності м'якушки та появи у ній вкраплень добавки. Дослідний зразок хліба має більш забарвлену скоринку хліба та приємні запах і присмак добавки. Титрована кислотність хліба «Корисний» вища, ніж у контрольному зразку, що обумовлено раніше визначеною кислотністю добавки та інтенсифікацією кислотонакопичення в тісті. Спостерігається також збільшення вологості хліба зі шротом зародків, що спричинене високою водопоглинальною здатністю добавки.

Показники пористості та питомого об'єму хліба зі шротом порівняно з контрольним зразком дещо знижені, що пояснюється частковою втратою пружно-еластичних властивостей тіста та його газоутримувальної здатності внаслідок заміни пшеничного борошна сировиною, яка не містить клейковини. Проте така зміна органолептичних та фізико-хімічних показників якості є характерною для хлібобулочних виробів з високим вмістом харчових волокон.

Харчову цінність хліба з дієтичними добавками із зародків пшениці оцінювали за вмістом у них білка, вітамінів, харчових волокон, низькомолекулярних фенольних сполук і дубильних речовин. Для оцінки міри забезпечення добової потреби у біологічно активних і поживних речовинах визначали покриття добової потреби в есенціальних речовинах за рахунок вживання 277 г хліба з добавками. Результати досліджень цих показників наведені в табл. 2 та 3.

З наведених у табл. 3 даних видно, що у хлібі «Духмяний» із спиртовим екстрактом вміст вітаміну Е порівняно з контрольним зразком збільшується в 1,5 разу, В<sub>1</sub> – у 2,5 разу, В<sub>6</sub> – у 1,5 разу, РР – у 1,8 разу, що за умови споживання 277 г хліба з добавкою дозволяє забезпечити організм людини цими вітамінами на 25...50 % від добової потреби.

**Таблиця 2 – Вміст біологічно активних і поживних речовин у 100 г хліба з дієтичними добавками із зародків пшениці**

| Найменування біологічно активних і поживних речовин       | Вміст біологічно активних і поживних речовин у зразках хліба |                                                                         |                                                            |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
|                                                           | Хліб без добавок (контроль)                                  | Хліб «Духмяний» з додаванням спиртового екстракту (8 % до маси борошна) | Хліб «Корисний» з додаванням шроту (15 % від маси борошна) |
| Білок, %                                                  | 7,6±0,2                                                      | 8,0±0,2                                                                 | 11,0±0,3                                                   |
| Харчові волокна, %                                        | 0,100±0,002                                                  | 0,200±0,005                                                             | 2,600±0,100                                                |
| Низькомолекулярні фенольні сполуки (за рутином), мг/100 г | 2,8±0,1                                                      | 63,5±2,0                                                                | 21,6±1,0                                                   |
| Дубильні речовини (за таніном), мг/100 г                  | 1,80±0,05                                                    | 42,20±1,50                                                              | 14,20±0,50                                                 |
| Каротиноїди                                               | –                                                            | 0,160±0,010                                                             | 0,160±0,005                                                |
| Вітаміни, мг/100 г,                                       |                                                              |                                                                         |                                                            |
| у т.ч. токоферол (Е)                                      | 1,70±0,06                                                    | 2,60±0,08                                                               | 2,40±0,08                                                  |
| тіамін (В <sub>1</sub> )                                  | 0,080±0,002                                                  | 0,200±0,005                                                             | 0,100±0,005                                                |
| піридоксин (В <sub>6</sub> )                              | 0,080±0,004                                                  | 0,200±0,010                                                             | 0,180±0,004                                                |
| ніацин (РР)                                               | 0,70±0,02                                                    | 1,30±0,05                                                               | 0,75±0,02                                                  |

У хлібі «Корисний» із шротом кількість вітаміну Е підвищується в 1,4 разу, а В<sub>6</sub> – у 2,2 разу, що забезпечує добову потребу в них на 44,3 і 25,0% відповідно. Також суттєво збільшується вміст білка та харчових волокон, що забезпечує добову потребу в них на 55,4 і 37,0 % відповідно.

**Таблиця 3 – Забезпечення добової потреби у вітамінах, харчових волокнах та білку при вживанні 277 г хлібобулочних виробів з дієтичними добавками**

| Найменування біологічно активних і поживних речовин | Добова потреба | Забезпечення добової потреби у біологічно активних і поживних речовинах при вживанні 277 г хліба, % |                                                                         |                                                               |
|-----------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
|                                                     |                | Хліб без добавок (контроль)                                                                         | Хліб «Духмяний» з додаванням спиртового екстракту (8 % до маси борошна) | Хліб «Корисний» з додаванням зародків (15 % від маси борошна) |
| Білок, %                                            | 55,0           | 38,3±1,5                                                                                            | 40,3±1,5                                                                | 55,4±1,7                                                      |
| Харчові волокна, %                                  | 20,0           | 1,40±0,05                                                                                           | 2,80±0,10                                                               | 37,0±1,50                                                     |
| Каротиноїди                                         | 5,0            | –                                                                                                   | 8,9±0,2                                                                 | 8,9±0,2                                                       |
| Вітаміни, мг/100 г,                                 |                |                                                                                                     |                                                                         |                                                               |
| у т.ч. токоферол (Е)                                | 15,0           | 31,4±1,0                                                                                            | 48,0±1,7                                                                | 44,3±1,6                                                      |
| тіамін (В <sub>1</sub> )                            | 1,5            | 14,7±0,5                                                                                            | 37,0±1,5                                                                | 18,5±0,8                                                      |
| піридоксин (В <sub>6</sub> )                        | 2,0            | 11,1±0,4                                                                                            | 27,7±1,0                                                                | 25,0±1,0                                                      |
| ніацин (РР)                                         | 15,0           | 13,0±0,5                                                                                            | 24,0±0,9                                                                | 14,0±0,5                                                      |

Слід зазначити, що розроблені вироби збагачуються речовинами з антиоксидантними властивостями: низькомолекулярними фенольними сполуками, дубильними речовинами, каротиноїдами.

Збереженість свіжості дослідних зразків хліба оцінювали за зміною показників вологості, penetрації та кришкуватості їх м'якушки протягом 72 год зберігання. Зразки дослідних хлібобулочних виробів після

повного остигання (через 3 год після випікання) запаковували у поліетиленову плівку і зберігали за температури 18...20 °С та відносної вологості повітря 65...70 %.

Дані табл. 4 свідчать, що протягом усього експерименту процес усихання контрольного зразка хліба протікає більш інтенсивно, ніж у дослідних. Так, втрата вологи контрольним зразком за період експерименту склала 12,8 %, тоді як зразками хліба «Духмяний» і «Корисний» – 7,0 % і 10,2 % відповідно.

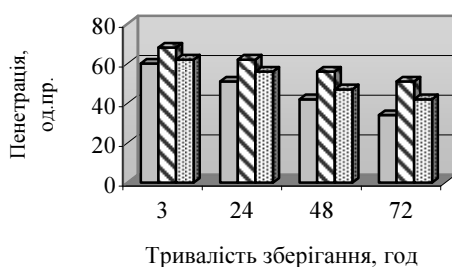
**Таблиця 4 – Зміна вологості хліба з дієтичними добавками під час зберігання**

| Зразки хлібобулочних виробів                                            | Вологість хліба протягом зберігання, % |          |          |          |
|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------|----------|----------|
|                                                                         | 3 год                                  | 24 год   | 48 год   | 72 год   |
| Хліб без добавок (контрольний зразок)                                   | 43,0±1,2                               | 41,4±1,1 | 40,3±1,0 | 37,5±1,0 |
| Хліб «Духмяний» з додаванням спиртового екстракту (8 % до маси борошна) | 43,2±1,2                               | 42,0±1,1 | 41,2±1,1 | 40,0±1,1 |
| Хліб «Корисний» з додаванням зародків (15 % від маси борошна)           | 43,9±1,3                               | 42,5±1,2 | 41,6±1,2 | 39,4±1,0 |

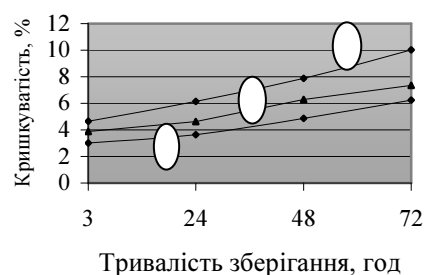
Такий ефект може бути пояснений збільшенням кількості та покращанням гідратаційної здатності клейковини пшеничного борошна за умов додавання спиртового екстракту (хліб «Духмяний») і підвищенням у тісті вмісту високогідрофільних харчових волокон за умов додавання шроту (хліб «Корисний»). Це призводить до підвищення гідрофільності тіста і, вірогідно, до зменшення кількості в ньому вільної вологи [3, 5].

Для оцінки зміни структурно-механічних властивостей м'якушки хліба в процесі зберігання використовували лабораторний пенетрометр «Labor», принцип дії якого ґрунтується на визначенні глибини вільного занурення індентора в м'якушку хліба.

З представлених на рис. 1, а даних видно, що початкове значення показника пенетрації для м'якушки хліба «Духмяний» на 13,3 % вище, ніж для м'якушки контрольного зразка і хліба «Корисний». Слід відзначити, що показник пенетрації м'якушки хліба «Духмяний» і «Корисний» по закінченні експерименту був близький до такого у контрольного зразка після 24 і 48 год зберігання.



(а)



(б)

1 – хліб без добавок (контроль), 2 – хліб «Духмяний» із спиртовим екстрактом,  
3 – хліб «Корисний» із шротом зародків пшениці

**Рис. 1 – Зміна показників пенетрації (а) та кришкуватості (б) м'якушки хліба протягом зберігання**

З рис. 1, б видно, що вже на початку експерименту кришкуватість м'якушки хліба зі спиртовим екстрактом менша ніж у контрольного зразка за рахунок більшої її еластичності. Початкова кришкуватість зразків хліба зі шротом зародків, навпаки, вища у зв'язку із зниженням в тістовій системі частки крохмалю та клейковинних білків і підвищенням вмісту харчових волокон. Проте величина цього показника протягом зберігання дослідних зразків змінюється менш інтенсивно. Так, на кінець експерименту кришкуватість м'якушки контрольного зразка хліба збільшилася порівняно з початковим значенням у 1,9 разу, тоді як значення показника кришкуватості хліба «Духмяний» і «Корисний» зросло в 1,7 і 1,8 разів відповідно.

Кращі показники пенетрації та кришкуватості м'якушки дослідних зразків хліба можна пояснити більш інтенсивним ферментативним гідролізом крохмалю в тісті за наявності добавок, що, як відомо, призводить до затримки процесу його ретроградації під час зберігання виробів.

Розроблені технології пройшли апробацію у ПрАТ «Хлібозавод Салтівський», на нові вироби затверджені технічні умови ТУУ 15.8-01566330-242:2010 «Вироби хлібобулочні з продуктами переробки зародків пшениці».

**Висновки**

1. Використання спиртового екстракту і шроту із зародків пшениці в технології хліба приводить до отримання готових виробів з високими органолептичними і фізико-хімічними показниками якості.

2. Хлібобулочні вироби з дієтичними добавками характеризуються високим вмістом вітамінів Е, РР, групи В, низькомолекулярних фенольних сполук та дубильних речовин. Крім того хліб з додаванням шроту є джерелом білка та харчових волокон. Розроблені вироби можна рекомендувати як для масового, так і для оздоровчого та лікувально-профілактичного харчування.

3. За показниками зміни вологості, пенетрації та кришкуватості м'якушки хліба з добавками встановлено, що їх застосування приводить до подовження терміну зберігання хліба.

**Література**

1. Козловський В.С. Биологически активные добавки из зародышей пшеницы / В.С. Козловский // Хранение и переработка зерна. – 2005. – № 1. – С. 36–38.
2. Лисюк Г.М. Обгрунтування використання дієтичної добавки «Глюкорн-100» у технології пшеничного хліба / Г.М. Лисюк, С.Г. Олійник, О.І. Кравченко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. Зб. наук. праць Хар. держ. ун-т харч. та торг. – Харків: ХДУХТ, 2007. – Вип. 1(5). – С. 403–407.
3. Кравченко О.І. Використання дієтичної добавки «Шрот зародків пшениці харчовий» для підвищеної харчової цінності пшеничного хліба / О.І. Кравченко, Г.М. Лисюк, С.Г. Олійник, П.О. Карпенко // Наукові праці ОНАХТ. Зб. наук. праць Одес. нац. акад. харч. техн. – Одеса: ОНАХТ, 2010. – Вип. 38, Т.1. – С. 195–200.
4. Кравченко О.І. Оптимізація технологічних параметрів приготування хлібобулочних виробів з дієтичними добавками «Глюкорн-100» та «Шрот зародків пшениці харчовий» / О.І. Кравченко, О.Г. Дьяков, Г.М. Лисюк, С.Г. Олійник // Харчова наука і виробництво. – 2012. – № 1(18). – С. 25–27.
5. Кравченко О.І. Зміна властивостей пшеничного тіста під впливом дієтичної добавки «Глюкорн-100» / О.І. Кравченко, Г.М. Лисюк, С.Г. Олійник // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг. Зб. наук. пр. ХДУХТ. – Харків, 2011. – С. 180–186.

УДК 664.653/.654

## **ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ПОДОВИХ ВИРОБІВ ЗІ СЛАБКОГО ПШЕНИЧНОГО БОРОШНА**

**Шаніна О.М., д-р техн. наук, професор, Гавриш Т.В., канд. техн. наук, доцент  
Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка**

*У статті наведено результати досліджень впливу органічних кислот та гліцерину на формостійкість подових хлібобулочних виробів. Також наведені дані про вплив добавок на показники якості хлібобулочних виробів у присутності жиру та цукру.*

*The results of studies of the effect of organic acids and glycerol on the dimensional stability of hearth baked goods. It also contains data on the effects of additives on quality of bakery products in the presence of fat and sugar.*

**Ключові слова:** оцтова кислота, лимонна кислота, клейковина, слабке пшеничне борошно, гліцерин, формостійкість.

У виробництві хлібобулочної продукції вирішальним фактором є якість борошняної сировини, яка зазнає значних коливань. Борошно зі зниженими хлібопекарськими властивостями має знижену кількість та якість клейковини, підвищену або знижену активність ферментів.

Під час переробки борошна зі зниженими хлібопекарськими властивостями з'являється необхідність зміни способів приготування тіста, використання відповідних поліпшувачів, інших заходів, спрямованих на забезпечення виготовлення хліба, що відповідає діючим нормам якості.

Метою цієї роботи є розробка наукових основ технології хлібобулочних подових виробів високої якості на основі борошняної сировини з низькими хлібопекарськими властивостями за умов використання добавок-поліпшувачів.



На сьогоднішній день асортимент харчових добавок збільшився, більшою мірою за рахунок комплексних поліпшувачів. Великої уваги заслуговують такі способи комбінування корисних властивостей поліпшувачів, які не призводять до негативної функціональної акумуляції за умов потрапляння їх в організм людини [1].

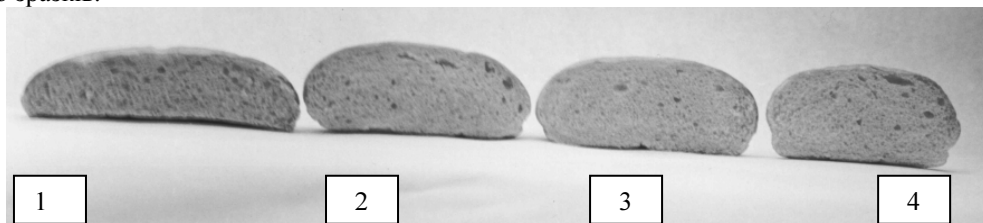
Тому доцільним є застосування таких добавок, які здатні утворюватися та накопичуватися протягом виробничого процесу в напівпродуктах і готових виробках, а також підвищувати функціональні властивості сировини та кінцевої продукції. Відомо, що накопичення в пшеничному тісті молочної та оцтової кислот є результатом бродіння під дією гетероферментативних молочнокислих бактерій. А дріжджі здатні в умовах рН, близьких до рН тіста, викликати не тільки спиртове бродіння, але й побічне, так зване «лужне» бродіння, яке призводить до утворення гліцерину та оцтової кислоти [2].

Метою наших досліджень було встановлення раціональних концентрацій органічних кислот (оцтової, лимонної) і гліцерину, введених під час замішування тіста, для поліпшення якісних показників подового хліба (формостійкості, пористості та ін.).

На першому етапі експериментальних досліджень вважали за необхідне встановити раціональні концентрації покращувальних добавок методом пробної лабораторної випічки. На рис. 1-2 наведено загальний зовнішній вигляд подових виробів залежно від концентрації кислоти або гліцерину.

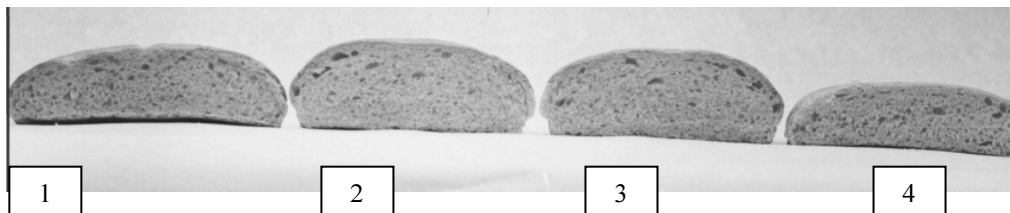
Аналіз експериментальних даних свідчить, що додавання оцтової кислоти в рецептуру хліба сприяє підвищенню його формостійкості. Слід підкреслити, що за більш високих концентрацій формостійкість виробів також підвищується порівняно з контрольним зразком. Але разом з цим погіршуються органолептичні властивості – з'являється помітний кислий смак, зменшується загальний об'єм хліба. Додавання гліцерину приводить до поліпшення формостійкості виробу, якщо концентрація спирту не перевищує 0,2..0,3 %; подальше додавання гліцерину знижує показник формостійкості.

Сумісне введення оцтової кислоти з гліцеином є ефективним, якщо концентрація кислоти становить 0,05 %, гліцерину – 0,2 % (рис. 3). При цьому зростає загальний об'єм виробу, його розпушеність покращується, пористість стає однорідною, дрібною (рис. 4). Більш високі концентрації спирту сприяють розпливанню зразків.



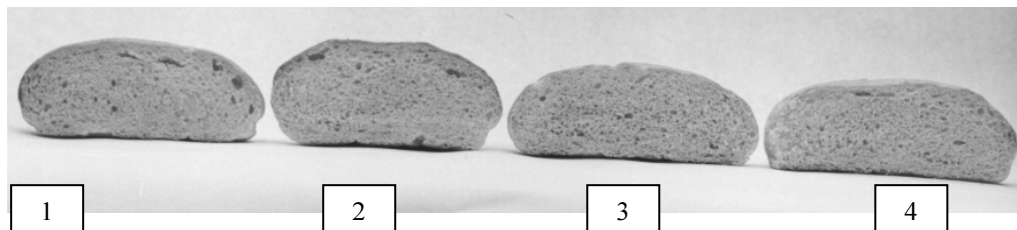
1 – без кислоти; 2 – 0,05 %; 3 – 0,1 %; 4 – 0,2 % до маси борошна

**Рис. 1 – Введення оцтової кислоти в рецептуру подового хліба зі слабого пшеничного борошна**



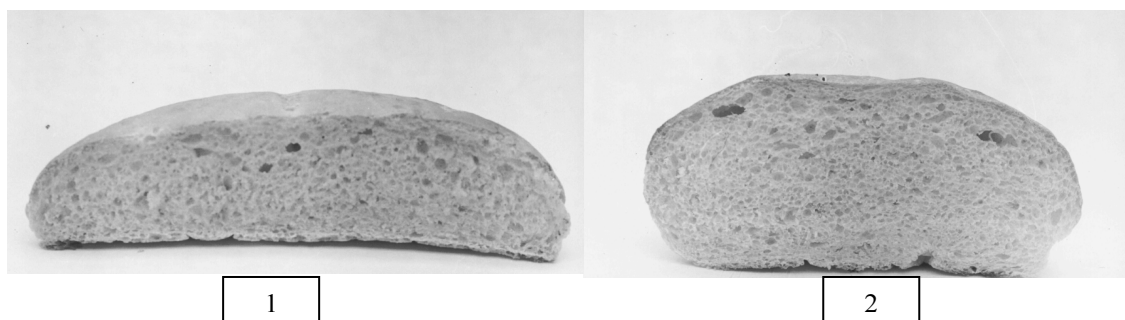
1 – без гліцерину; 2 – 0,2 %; 3 – 0,4 %; 4 – 0,6 % до маси борошна

**Рис. 2 – Введення гліцерину в рецептуру подового хліба зі слабого пшеничного борошна**



1 – без гліцерину; 2 – 0,2 %; 3 – 0,4 %; 4 – 0,6 % до маси борошна

**Рис. 3 – Введення гліцерину в присутності 0,05 % оцтової кислоти в рецептуру подового хліба зі слабого пшеничного борошна**



1 – без добавок (контрольний); 2 – з добавками  
Рис. 4 – Зовнішній вигляд дослідних зразків хліба

Узагальнені дані, що характеризують якість випечених дослідних зразків, наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Показники якості дослідних зразків

| Назва показника | Контроль-<br>ний зразок<br>(без до-<br>бавок)             | З добавками                                          |       |                      |       |                                                       |       |                      |       |
|-----------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------|----------------------|-------|-------------------------------------------------------|-------|----------------------|-------|
|                 |                                                           | 0,05 % оцтової кислоти та гліце-<br>рину в кількості |       |                      |       | 0,05 % лимонної кислоти та глі-<br>церину в кількості |       |                      |       |
|                 |                                                           | 0                                                    | 0,2 % | 0,4 %                | 0,6 % | 0                                                     | 0,2 % | 0,4 %                | 0,6 % |
| Формостійкість  | 0,27                                                      | 0,38                                                 | 0,44  | 0,36                 | 0,34  | 0,40                                                  | 0,45  | 0,4                  | 0,36  |
| Пористість, %   | 79                                                        | 79                                                   | 83    | 80                   | 79    | 75                                                    | 82    | 79                   | 76    |
| Колір скоринки  | Жовто-<br>коричне-<br>вий                                 | Золотисто-<br>коричневий                             |       | Жовто-<br>коричневий |       | Золотисто-<br>коричневий                              |       | Жовто-<br>коричневий |       |
| Смак            | Притаманний хлібобулочним виробам, без стороннього смаку  |                                                      |       |                      |       |                                                       |       |                      |       |
| Запах           | Притаманний хлібобулочним виробам, без стороннього запаху |                                                      |       |                      |       |                                                       |       |                      |       |

Наявність у тісті таких рецептурних компонентів, як цукор і жир, призводить до зміння структурно-механічних характеристик тіста й випечених виробів. Дегідратуюча дія цукрів сприяє розрідженню тіста, – всередині білкових місел відбувається перерозподіл зв'язаної води між гідратованими молекулами цукру і білком. З підвищенням кількості цукру в рідкій фазі тіста зменшується частина вільної води, яка бере участь у гідратації колоїдів борошна (набряканні білків, сорбційному зволоженні крохмалю та ін.). Жир підвищує пластичність тіста, бо здатний змінювати структуру білкових часток (прямою взаємодією з різними групами у складі макромолекул або адсорбуючись на поверхні білкової молекули), а також утворювати комплекси з амілазною фракцією крохмалю.

На другому етапі досліджень вважали за потрібне дослідити поліпшувальну дію обраних добавок у запропонованих концентраціях у присутності цукру та жиру. Дослідження впливу цукру та жиру (рис. 5) на формостійкість хліба на основі пшеничного борошна, з додаванням гліцерину та оцтової кислоти, гліцерину та лимонної кислоти, свідчать про наступне. Показник формостійкості виробів, що містять покращувальні добавки, значно вищий, ніж у контрольних зразків, незалежно від наявності тієї чи іншої кількості цукру або жиру. Дійсно, за додавання 9 % цукру відношення Н/Д у контрольного зразка складає 0,39, у дослідних зразків із оцтовою або лимонною кислотою та гліцериним досягає значень 0,58 і 0,50 відповідно.

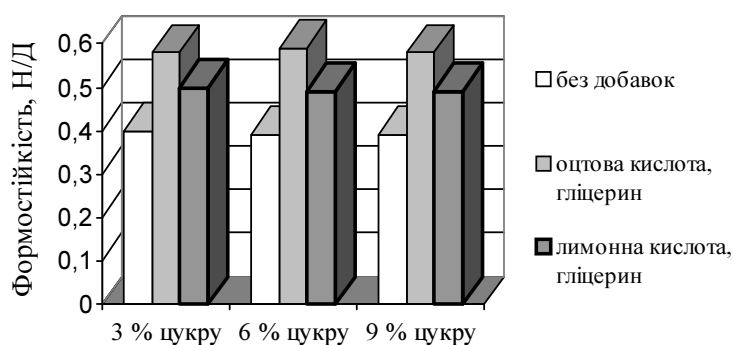


Рис. 5 – Вплив цукру на формостійкість хліба з додаванням органічних кислот і гліцерину

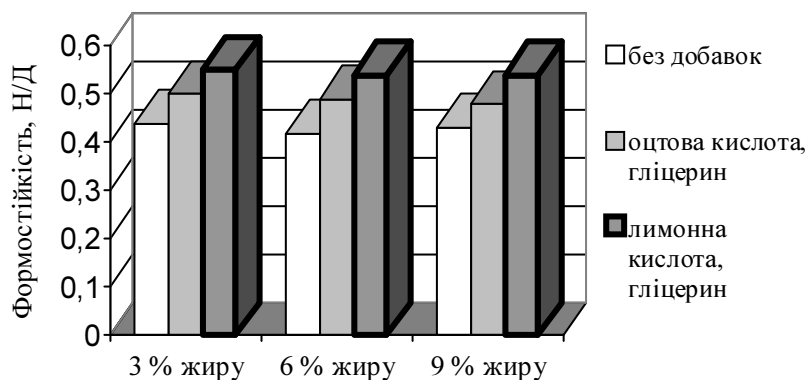


Рис. 6 – Вплив жиру на формостійкість хліба з додаванням органічних кислот і гліцерину

#### Висновок

Таким чином, для покращення реологічних властивостей тіста та подового хліба з використанням слабого пшеничного борошна доцільно застосовувати як поліпшувачі оцтову (або лимонну) кислоту у кількості 0,05 % (до маси борошна) сумісно з гліцерином у кількості 0,2...0,3 % (до маси борошна). У присутності цукру або жиру (у концентраціях до 9 %) добавки також ефективно покращують формостійкість подового хліба.

#### Література

1. Матвеева И.В., Белявская И.Г. Пищевые добавки и хлебопекарные улучшители в производстве мучных изделий. – М.: Из-во МГУПП, – 2001. – 115 с.
2. Казанская Л.Н., Синявская Н.Д. Исследование процесса накопления кислотности в пшеничных полуфабрикатах и готовой продукции. – М.: ЦНИИТЭИПищепром.– 1971. – 32 с.

УДК 664.45:664.38:663.031.1

## ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ФЕРМЕНТУ ТРАНСГЛЮТАМІНАЗИ НА КОНФІРМАЦІЙНИЙ СТАН БІЛКІВ БОРОШНЯНОГО ТІСТА

<sup>1</sup>Шаніна О.М., д-р техн. наук, професор, <sup>2</sup>Лобачова Н.Л., аспірант

<sup>1</sup>Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка

<sup>2</sup>Харківський державний університет харчування та торгівлі

У статті розглянуто технологічні та наукові аспекти застосування ферменту трансглютаміназа (ТГ) як структуроутворювача борошняного тіста для хлібобулочних виробів. Доведено ефективність застосування желатину для підвищення реакційної здатності ферменту. Встановлено конфірмаційні перетворення білків у бік упорядкування їхньої просторової мережі.

*The technological and scientific aspects of usage of transglutaminase (TG) enzyme as texturizer of dough for bakery products are considered in the article. It is proven the effectiveness of gelatin to increase the reactivity of the enzyme TG. It is established conformational conversion of proteins toward organizing their spatial networks.*

Ключові слова: трансглютаміназа, інфрачервоноспектроскопічний аналіз, желатин, безглютенові борошняні вироби

**Постановка проблеми.** При виробництві продуктів харчування без вмісту глютену виникають серйозні труднощі щодо створення структури продукту, подібної тій, до якої звикли споживачі – пористої, пружно-еластичної. Справа в тому, що клейковина пшеничного борошна (глютен) володіє унікальними технологічними властивостями, які відіграють найважливішу роль у формуванні структурно-механічних властивостей борошняного тіста та текстури готових виробів.

Тому відсутність такого стратегічно важливого та структуроутворювального сировинного компонента, як пшеничне борошно, призводить до виникнення низки специфічних проблем – як для виробників безглютенової продукції, так і для її споживачів. Зазвичай структура продуктів є крихкою, дуже сухою.

Більшість видів дріжджових виробів перед уживанням необхідно розігрівати. До того ж, безглютенові продукти мають більш низьку якість внаслідок погіршення смаку.

Оскільки глютен як складова пшеничного борошна виконує в процесі виробництва виробів із дріжджового тіста різні технологічні функції, необхідна певна кількість інгредієнтів, здатних його замінити. Більшість видів безглютенових продуктів, наявних сьогодні, виробляються на основі пшеничного крохмалю. Це небажано, бо і ця сировина може містити залишкову кількість глютену. Тому ефективними можна вважати таку безглютенову сировину, як, наприклад, кукурудзяне, соєве, гречане і рисове борошно, картопляний крохмаль. Наприклад, розроблено спосіб приготування хліба на основі рисового та кукурудзяного борошна в комбінації з соєвими білками ізолятами, що передбачає використання в якості коректорів реологічних властивостей тіста та хліба ксантан або модифікуючі крохмалі в кількості 1,0-3,0 % від маси борошна [1]. Відомо також про спосіб виробництва безглютенового хліба, який передбачає застосування таких видів борошна, як гречане, рисове, вівсяне, кукурудзяне або соргове, а також ферментного препарату трансглютамінази у кількості 1,0-10,0 U/гр. білка [2]. Проте за даною технологією хліб має зниженні структурно-механічні характеристики, невеликий об'єм, нерівномірну пористість м'якушки хліба та знижену харчову цінність.

Відомо також про застосування ферментних препаратів в процесі виробництва безглютенових хлібо-булочних виробів, де вони виконують такі важливі функції, як збільшення об'єму, поліпшення текстури та збільшення терміну зберігання хліба. Трансглютаміназа (TG) здатна змінювати протеїни за рахунок утворення поперечних зв'язків. TG здатна зв'язувати протеїни різного походження: казеїни і альбуміни з молока, тваринний білок із яєць і м'яса, соєвий і пшеничний протеїн.

Нами було сформульовано задачу розробки способу виробництва безглютенових виробів із дріжджового тіста підвищеної харчової цінності з високими споживчими властивостями.

Для ефективної участі ферменту TG в технології безглютенових виробів нами запропоновано використовувати рисове, кукурудзяне, гречане борошно, в якості додаткового джерела білків ми запропонували застосовувати желатин.

Ферментний препарат трансглютаміназа бере участь в утворенні ковалентних зв'язків із вільними аміногрупами лізину і  $\gamma$ -карбоксамідними групами глютаміну стійкими до протеолізу. Щодо реакційної здатності трансглютамінази до взаємодії з різними білками харчових продуктів можна поділити на три групи: дуже добра реакційна здатність із білками молока (казеїном), м'яса (желатином); добра реакційна здатність із білками хлібних культур; задовільна реакційна здатність із білками сироватки  $\alpha$ -лактальбуміном та  $\beta$ -лактоглобуліном, яйця – овальбуміном та міоглобіном м'яса.

Як показали Basmann та ін. [3], вплив мікробіальної трансглютамінази (MTG) на реологічні властивості тіста з пшеничного борошна і якість хліба залежить від кількості MTG. Дослідження на фарінографі показали зниження водопоглинальної здатності борошна з підвищенням рівня ферментів (0-0,5 %, м/м). Час утворення тіста і показник стабільності спочатку збільшується з ростом дози MTG, але знижується при більш високих концентраціях MTG (1,0-1,5 %, м/м). Низькі кількості MTG покращують якість хліба (стан шкоринки, крихкість), разом із тим великі кількості (1,0-1,5 %, м/м) призводять до негативних наслідків.

Ще в одному дослідженні Basmann і співавт. [4] розглядається вплив MTG на пшеничне борошно з домішкою ячмінного чи соєвого борошна. Хліб із додаванням MTG (0,25 %, м/м) зі слабким пшеничним борошном із додаванням ячмінного борошна до 30 % має високий обсяг, а також меншу крихкість, хорошу шкоринку, і вочевидь є м'якшим, ніж зразки без ферменту.

Додавання MTG до борошна із сильної пшениці призводило до невеликого зниження об'єму хліба при будь-якій концентрації ячмінного борошна. Висока частка волокон таких, як висівки, змінювала збалансоване співвідношення крохмалю, клейковини і пентозанів в тесті, тим самим зменшуючи об'єм випічки. Додавання MTG до борошняної суміші пшеничного борошна з житнім та/або харчовими волокнами призводить до більш високої однорідності і поліпшення стабільності тіста.

**Формулювання мети.** Метою дослідження було встановити можливість впливу ферменту трансглютамінази на конфірмаційний стан біополімерів борошняного тіста на основі борошняних сумішей. У якості борошняної сировини використовували: борошно вівсяне; борошно кукурудзяне; борошно рисове; борошно ячмінне.

У якості білкової добавки застосовували желатин, який обрано як білок, що відноситься до згаданої вище першої групи з дуже доброю реакційною здатністю з ферментним препаратом трансглютамінази. Трансглютаміназа – це перспективний покращувач хлібобулочних виробів. Серією досліджень показано, що використання мікробіальної трансглютамінази (MTG) поліпшує властивості і якість випеченої продукції.

**Матеріали і методи дослідження.** Об'єктами дослідження обрано такі види досліджуваної сировини: борошно кукурудзяне, рисове, вівсяне, ячмінне; вода питна; фермент трансглютамінази Revada TG;

желатин швидкокорозчинний; дріжджі хлібопекарні пресовані; зразки борошняного тіста (вологість 31 %); випечений хліб. Застосовували желатин у вигляді 3 % водного розчину, фермент трансглютамінази – в сухому вигляді в кількості 0,05 % до маси борошняної сировини в рецептурі хлібобулочних виробів.

Для ІЧ-спектроскопічних досліджень застосовували аналізатор UR-20 (Німеччина) та FT-IR Spectrometer (Великобританія) в інтервалі коливань від 400  $\text{см}^{-1}$  до 4000  $\text{см}^{-1}$ . У випадку ІЧ-спектрів білків найбільш інформативними є три ділянки: смуга валентних коливань групи C=O пептидних зв'язків (Амід I) – карбонільне поглинання з максимумом в інтервалі 1700-1600  $\text{см}^{-1}$ ; смуга складного коливання, в якому взаємодіють деформаційні (NH) і валентні (CN), в тому числі 1660-1650  $\text{см}^{-1}$  для  $\alpha$ -спіральних структур, 1630  $\text{см}^{-1}$  – для  $\beta$ -шарів; максимум поглинання цієї смуги знаходиться в інтервалі 1600-1500  $\text{см}^{-1}$  (Амід – II), в тому числі 1550-1540  $\text{см}^{-1}$  для  $\alpha$ -спіральних структур, 1525-1520  $\text{см}^{-1}$  – для  $\beta$ -шарів; смуга валентних коливань групи NH має максимум поглинання в інтервалі хвильових чисел 3300  $\text{см}^{-1}$  (Амід А). Положення смуги Амід А дуже чутливі до утворення водневих зв'язків, тому їх широко застосовують для дослідження. Зміщення піку смуги Амід А в бік більших хвильових чисел (3400  $\text{см}^{-1}$ ) свідчить про утворення структур без водневих зв'язків.

**Викладення основних наукових результатів.** Результати аналізу інфрачервоних спектрів досліджуваних зразків тіста наведено в табл. 1, а фрагменти спектрів – на рис. 1. Як бачимо, загалом ІЧ-спектри тіста мають багато спільних смуг поглинання. Відомо, що гідроксильна група є достатньо полярною і може взаємодіяти з будь-якими полярними молекулами. Тому валентні коливання незв'язаної групи OH можна спостерігати тільки у випадку дуже розведених розчинів в інтервалі 3700...3500  $\text{см}^{-1}$  у вигляді вузької смуги. Зв'язана група OH внаслідок утворення міжмолекулярних водневих зв'язків дає смугу поглинання 3450...3200  $\text{см}^{-1}$ , що можна спостерігати для досліджуваних спектрів – в інтервалі хвильових чисел 3700...3000  $\text{см}^{-1}$ .

Спектральні характеристики смуг поглинання Амід-I та Амід-II дослідних зразків свідчать, що такі групи є наявними і нами їх чітко визначено.

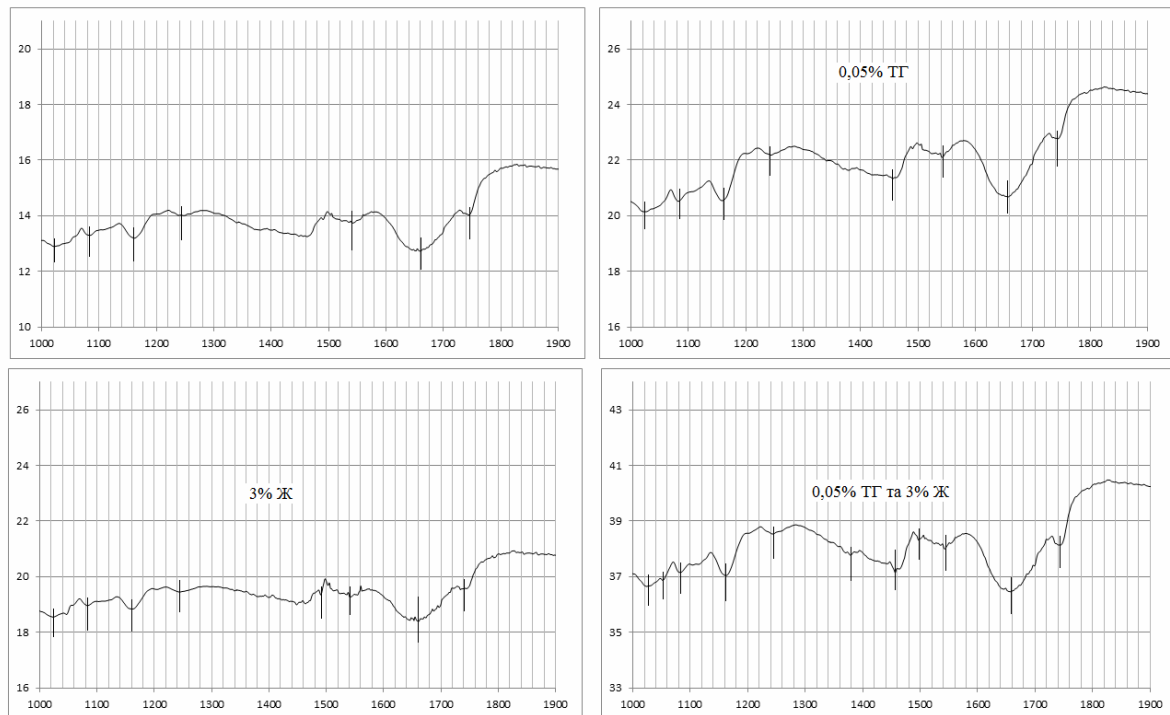
За наявності білкових добавок (желатину або ферменту) з'являються нові смуги поглинання – досить слабкі, але присутні. Це відбувається в інтервалі хвильових чисел 1455, 1465, 1490 1390  $\text{см}^{-1}$ .

**Таблиця 1 – Частотні положення ( $\text{см}^{-1}$ ) основних смуг ІЧ-спектрів поглинання зразків тіста**

| Склад зразка                                                       | Амід I | Амід II        | Амід А           | Інші смуги                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------|--------|----------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 50 % борошно вівсяне, 25 % борошно рисове, 25 % борошно ячмінне    |        |                |                  |                                                                                                               |
| Без добавок                                                        | 1660   | 1545           | 3400             | 495, 530, 575, 610, 710, 761, 855, 932, 1027, 1085, 1165                                                      |
| 0,05 % ТГ                                                          | 1661   | 1544           | 3400             | 495, 530, 575, 602, 613, 708, 760, 855, 935, 1027, 1085, 1165                                                 |
| 3 % желатину                                                       | 1660   | 1544           | 3400             | 495, 528, 578, 610, 710, 760, 860, 930*, 1027, 1085, 1165                                                     |
| 3 % желатину<br>0,05 % ТГ                                          | 1660   | 1545           | 3400             | 475, 518, 550, 580, 605, 710, 760, 855, 930, 938, 1027, 1085, 1165                                            |
| 50% борошно кукурудзяне, 25 % борошно рисове, 25 % борошно ячмінне |        |                |                  |                                                                                                               |
| Без добавок                                                        | 1660   | 1540           | 3400, 2850, 2920 | 528, 570, 750, 760, 850, 860, 935, 1020, 1080, 1160, 1240, 1465, 1490, 1742                                   |
| 0,05 % ТГ                                                          | 1660   | 1542           | 3400, 2850, 2920 | 498, 520, 575, 610*, 705, 730, 855, 935, 1020, 1080, 1160, 1245, 1390, 1460, 1490, 1742                       |
| 3 % желатину                                                       | 1660   | 1540<br>слабка | 3400, 2850, 2920 | 495, 570, 708, 685, 761, 855, 930, 1010, 1080, 1050, 1160, 1245*, 1390, 1460, 1490, 1742                      |
| 3 % желатину<br>0,05 % ТГ                                          | 1655   | 1542           | 3400, 2850, 2920 | 525, 550, 575, 595, 612, 708, 761, 858, 930, 1020, 1050, 1080, 1160, 1240, 1390, 1390, 1455, 1465, 1490, 1745 |

Тут \* – наведене значення стосується плеча смуги

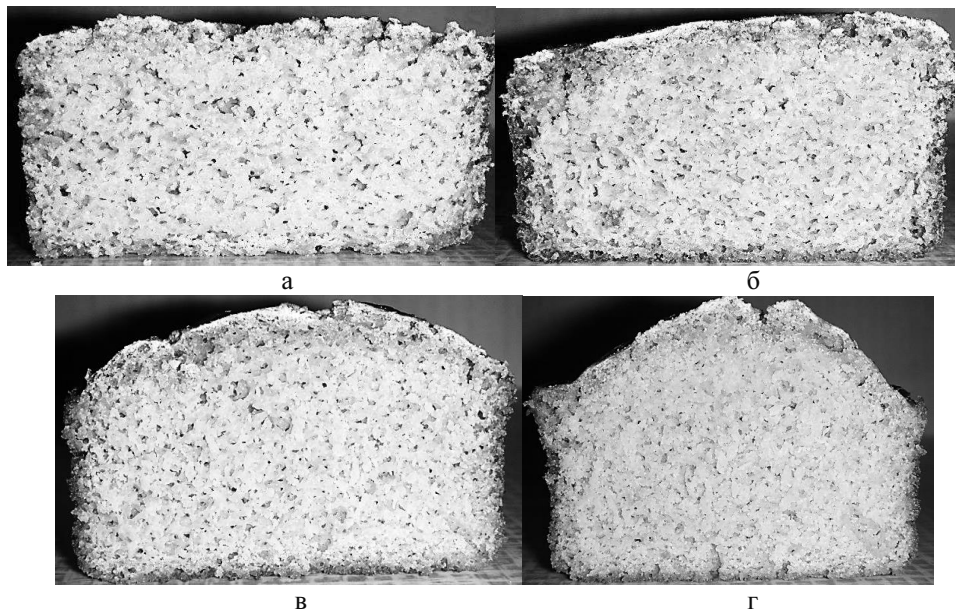
У випадку застосування ферменту ТГ разом із желатином з'являються нові піки поглинання 1500  $\text{см}^{-1}$  та 1380  $\text{см}^{-1}$ ; останні можуть бути віднесені до коливань карбоксильної групи COO<sup>-</sup> або слабких скелетних коливань пептидної групи і бокових ланцюгів в інтервалі 800-1400  $\text{см}^{-1}$ .



**Рис. 1 – Фрагменти ІЧ-спектрів зі складом борошняної сировини 50 % кукурудзяного борошна, 25 % рисового борошна, 25 % ячмінного борошна без добавок (а) та з використанням: трансглютамінази (б), желатину (в), трансглютамінази разом із желатином (г)**

Посилюються смуги поглинання з піками поглинання хвильових чисел  $1160\text{ см}^{-1}$  та  $1460\text{ см}^{-1}$ , які вказують на певне зростання інтенсивності валентних коливань  $\text{C}=\text{O}$ -груп простих ефірів та плоских деформаційних коливань  $\text{CH}$ -груп відповідно.

Можливо, саме цими обставинами можна в подальшому провести спроби пояснити вплив ферментного препарату ТГ спільно з желатином на структурно-механічні властивості борошняного тіста з сумішшю кукурудзяного, вівсяного, рисового, ячмінного борошна та випеченої продукції (рис. 2).



**Рис. 2 – Зовнішній вигляд хліба (переріз) зі складом борошняної сировини 50 % вівсяного борошна, 25 % кукурудзяного борошна, 25 % рисового борошна без добавок (а) та з використанням: трансглютамінази (б), желатину (в), трансглютамінази разом із желатином (г)**

Як видно з результатів пробних лабораторних випічок, ці добавки досить ефективно діють на якість безглютенового хліба – помітно зростає об'єм хліба, його форма і зовнішній вигляд, поліпшується пористість. При цьому, найбільший вплив здійснюють фермент ТГ сумісно з желатином.

**Висновки.** Результати досліджень доводять ефективність сумісного застосування ферменту трансглютамінази з білковими добавками (наприкладі желатину) для суттєвого поліпшення структури тіста та випечених виробів. У якості борошняної сировини застосовані борошняні суміші та виключено пшеничне борошно, наявність якого є основним чинником формування структури хлібобулочних виробів. Інфрачервоноспектроскопічними дослідженнями показана можливість конфірмаційних змін білкових речовин тіста шляхом упорядкування їхньої просторової структури.

#### Література

1. Барсукова Н.В., Красильников В.Н. Новые технологические подходы к созданию специализированных продуктов питания для безглютеновой диеты // Материалы V Российского Форума «Здоровое питание с рождения: медицина, образование, пищевые технологии». Санкт-Петербург-2010, 12-13 ноября 2010 г. – СПб., 2010. – С. 7-8
2. Stefano Renzetti, Fabio DalBelloElke K. Arendt. Microstructure, fundamental rheology and baking characteristics of batter and breads from different gluten-free flours treated with a microbial transglutaminase / Journal of Cereal Science. – 48 (2008). – P. 33–45.
3. Basmann A, Koksel H, Ng PKW (2002) Eur. Food Res. Technol. 215:419–424.
4. Basmann A, Koksel H, Ng PKW (2003) J. Food Sci. 68:2453–2460.

УДК 664.6/7

## ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЗНИЖЕННЯ ЛАМКОСТІ БОРОШНЯНИХ ФОРМОВАНИХ ВИРОБІВ

Дугіна К.В., аспірант, Шаніна О.М., д-р техн., наук, професор  
Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка, м. Харків

*У статті розглянуто результати дослідження впливу концентратів тваринних білків на зниження ламкості борошняних формованих виробів. Також представлені дані про вплив концентратів тваринних білків на фракційний склад відходів борошняних формованих виробів у процесі зберігання.*

*The results of research of functional animal proteins' influence on reduction of fragility of flour molded products are considered in the article. Data about the influence of functional animal proteins on fraction composition of waste of flour molded products during storage is also presented.*

Ключові слова: борошняні формовані вироби, концентрати тваринних білків, ламкість, фракційний склад відходів.

Сьогодні існує багато способів, які дозволяють підвищити харчову цінність зернових продуктів. На підприємствах впроваджують спеціальні режими обробки (екструдування, пророщення та ін.), додавання добавок-збагачувачів, вітамінів, мінеральних речовин тощо. Однак, досвід показує, що недостатність таких технологічних прийомів зазвичай зумовлена їх низькою ефективністю або високою собівартістю впровадження.

Незважаючи на те, що Україна є аграрною державою з високим потенціалом земельних ділянок, якість зерна, яке вирощується, є досить низькою. Тому проблема ефективного використання зернової сировини в нашій країні залишається вельми актуальною.

Встановлено, що споживачі віддають перевагу збагаченим виробам, причому ціновий фактор не має значного впливу [1]. Особливу увагу слід приділити біологічній цінності зернових продуктів, адже добре відомо, що вони є невичерпним джерелом вуглеводів, білків, натуральних вітамінів, мікроелементів, а також рослинних волокон, які необхідні для нормальної роботи кишечника і профілактики ряду захворювань. Про харчову цінність зернових судять не лише за основними речовинами, що входять до їх складу, але й за їх збалансованістю. Тому важливим є як загальний хімічний склад того чи іншого продукту, так і особливості властивостей крохмалю, співвідношення білків, їх повноцінність за амінокислот-

ним складом, груповий і жирнокислотний склад ліпідів, кількість окремих мінеральних елементів та їх співвідношення.

Попередні дослідження свідчать, що найбільш простим, енергозбережним та дієвим способом підвищення харчової цінності є взаємне збагачення білків різних зернових культур [2]. Адже саме білки відіграють значну роль в оцінці харчової цінності продуктів. Сьогодні постійно зростаючий дефіцит білка в харчових продуктах визначає необхідність пошуку додаткових ресурсів. Для повного забезпечення населення в найближчі 20 років виробництво білоквмісуючих продуктів повинно бути збільшено в 2...3 рази. Важливе значення в цих умовах набуває проблема раціонального використання повноцінної білкової сировини і покращення хімічного складу харчових продуктів, що може бути досягнуто шляхом додавання білкових та інших речовин. Особливу увагу слід звернути на питання підвищення ефективності використання рослинних білків.

Комбінування зернових продуктів у борошняних формованих виробках (БФВ) дає змогу значно підвищити кількість незамінних амінокислот та збалансувати їх склад. У межах цього наукового напрямку встановлено, що нестачу метіоніну в рисовому борошні (1,1 г/100 г білку) можливо компенсувати додаванням борошна вівсяного (3,0 г/100 г білка), тим самим підвищуючи вміст лейцину у вівсяному борошні (11,7 г/100 г білка) додаванням рисового (24,6 г/100 г білка) [3]. Таким чином, спостерігається взаємне збагачення зернових компонентів лімітуючими речовинами за рахунок змішування і спільного споживання білків, що доповнюють один одного за амінокислотним складом. Така можливість зумовлена тим, що основним біохімічним процесом, який проходить у шлунково-кишковому тракті, є гідроліз білків та інших нутрієнтів. Гідроліз забезпечує втрату білком та іншими нутрієнтами видової та іншої специфічності, а також всмоктування й утилізацію харчових речовин організмом. У кінцевому рахунку, білок потрібний організму як джерело необхідної кількості збалансованої системи незамінних амінокислот і азоту, що поставляються у формі, адекватній еволюційно розвиненим процесам травлення. Тому біологічна цінність суміші білків зростає в міру наближення їх амінокислотного складу до ідеального, адекватного потребам організму. В таких сумішах реалізуються ефекти взаємного збагачення різних білків, комплементарних один одному за вмістом лімітуючих амінокислот. На такому принципі засноване виробництво БФВ, до складу яких вносять борошно різних зернових культур з метою взаємного збагачення.

Однак основною проблемою виробництва БФВ є вибір оптимального структуроутворювача. Річ у тому, що білки більшості круп'яних культур, на відміну від білків пшениці, не володіють здатністю утворювати білковий каркас, оскільки є переважно водорозчинними. Тому пошук речовин, які не приносять шкоди організму людини та в той самий час володіють суттєвими структуроутворювальними властивостями, є актуальним завданням сьогодення. Крім того, суттєве значення для споживачів мають зовнішній вигляд, смак, консистенція, запах, колір та інші аспекти прийнятності і привабливості їжі. Основна роль у формуванні раціонів харчування належить не медико-біологічним, а соціально-економічним і соціально-культурним факторам. Це не обмежує орієнтацію лише на біологічну цінність продукту, а й пояснює важливість покращення консистенції, зовнішнього вигляду та здатності до зберігання.

Як структуроутворювачі нами було розглянуто концентрати тваринних білків, оскільки, з одного боку вони збагачують БФВ тваринним білком, а з іншого, суттєво впливають на покращення структури виробів. Виробництво концентратів тваринних білків достатньо широко розповсюджене у всьому світі та в Україні, вони мають достатньо високі поверхнево-активні властивості та є абсолютно безпечними для споживання.

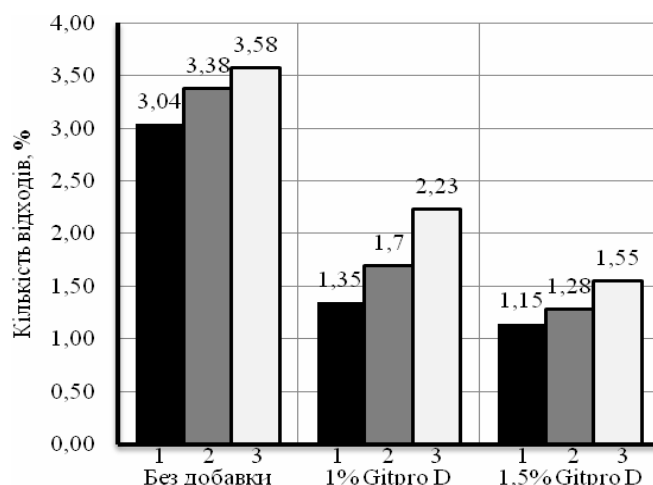
Концентрати тваринних білків (КТБ) – це білки тваринного походження, що є 100% натуральним продуктом, виготовляються виключно зі свіжої сировини, не мають додаткових харчових добавок, не мають Е-коду та не вміщують ГМО-продуктів. КТБ виробляються з декількох видів сировини, зокрема з колагеновмісних свинячих та яловичих тканин тварин, з плазми свинячої та яловичої крові, сироватки молочної, тощо, виробництво засноване на термічних, механічних та біохімічних процесах.

Попередніми дослідженнями встановлено, що КТБ позитивно впливають на реологічні характеристики тіста, підвищують пружність та граничне напруження зсуву і сприяють покращенню кулінарних властивостей готової продукції [4]. Однак достатньо суттєвим фактором, як для споживачів, так і для виробників є стійкість виробів до ламкості під час зберігання та транспортування.

Об'єктами дослідження було обрано КТБ Gitpro D, компанії ВНІ, вироблений із плазми крові, та борошняні формовані вироби «Веселка» [5].

Як відомо, температура та тривалість сушіння чинять суттєвий вплив на виникнення мікротріщин у виробках, що в подальшому призводить до їх ламкості. Тому дослідження проводились на зразках, які були піддані різним режимам сушіння, а саме при температурі 40 °С, 60 °С та 80 °С. Отриману наважку висушених виробів просіювали крізь сита з розмірами отворів 1,5 мм. З метою встановлення впливу концентрації добавки на ламкість БФВ досліджували зразки при додаванні КТБ у діапазоні 1,0...1,5 %.

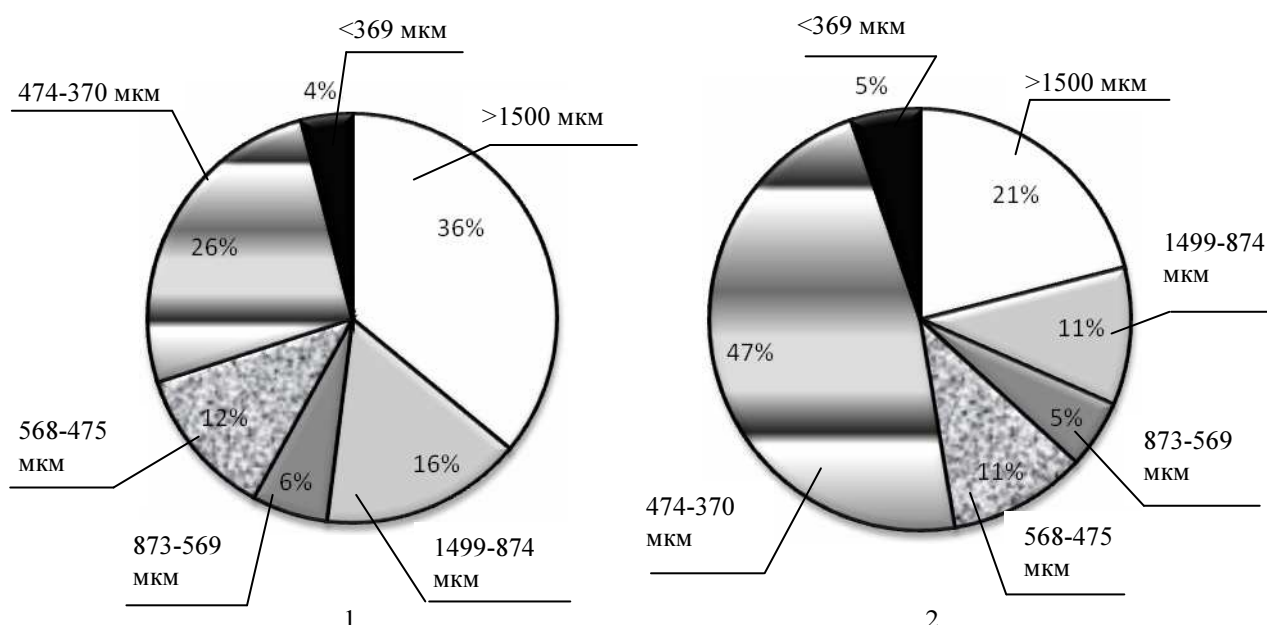




**Рис. 1 – Вплив температури сушіння та концентрацій КТБ на вміст лому у борошняних формованих виробих ( при температурі сушіння 1 – 40 °C; 2 – 60 °C; 3 – 80 °C)**

Аналіз отриманих результатів (рис. 1) показав різке зниження кількості відходів при внесенні КТБ. Крім того, суттєвий вплив несе і підвищення температури сушіння. Так, сушіння при 60 °C спричиняє зростання фракції недоброякісних виробів на 11 % у порівнянні з сушінням при 40 °C. При підвищенні температури до 80 °C спостерігається збільшення фракції на 18 %. Внесення 1 % Gitpro D приводить до зменшення кількості недоброякісних виробів майже вдвічі. Додавання добавки в кількості 1,5% спричиняє незначне зниження кількості відходів, однак суттєво скорочує різницю цього показника при варіюванні температурою.

З метою встановлення закономірності впливу КТБ на структуру висушених виробів було досліджено фракційний склад відходів (рис. 2).



**Рис. 2 – Фракційний склад відходів БФВ «Веселка» (1 – без добавки; 2 – за додавання 1,5 % Gitpro D)**

Аналіз отриманих результатів впливу Gitpro D на кількість відходів БФВ «Веселка» перш за все наочно демонструє скорочення крупної фракції лому (більше 1500 мкм). Це пов'язано насамперед із зміц-

ненням структури виробів та стійкістю до руйнування в процесі зберігання. Розмір дрібної фракції (<475 мкм) становить майже половину від загальної кількості відходів.

#### Висновок

Використання концентратів тваринних білків у технології борошняних формованих виробів дозволяє не лише збагатити вироби високоякісним білком тваринного походження, а й чинить позитивний вплив на міцність БФВ та сприяє зниженню їх ламкості. Отримані експериментальні дані свідчать про зміцнення структури БФВ, зниження кількості мікротріщин і підвищення стійкості до зберігання. Крім того доведено, що при підвищенні температури сушіння виробів концентрати тваринних білків зберігають свої властивості та запобігають розтріскуванню.

#### Література

1. Изучение потребительских предпочтений на обогащенные хлебобулочные изделия. Рязанова О.А., Третьякова Ю.В. Продукты питания и рациональное использование пищевых ресурсов. Сб. науч. работ. Вып.13, КемТИПП. – К.: КемТИПП, 2007, – С. 91 – 94.
2. Гиль О.Б. Обоснование, разработка технологии, оценка качества первых и вторых блюд на основе крупяных бинарных композиций / Дис. канд. техн. наук. – Владивосток, 2005. – 224 с.
3. Химический состав пищевых продуктов / Под ред. проф. д-ра техн.наук И.М. Скурихина – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: ВО «Агропромиздат», 1987, – 224 с.
4. Дугіна К.В. Регулювання структурно-механічних характеристик борошняного тіста додаванням концентратів тваринних білків / К.В. Дугіна, О.М. Шаніна, М.А. Чеканов, М.І. Погожих // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка : зб.наук.праць / ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Х.: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2012. – Вип. 131 «Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв». – С. 186 – 190.
5. Пат. на корисну модель № 66013. Україна. МПК А23L 1/10. Спосіб борошняних формованих виробів підвищеної харчової цінності Сафонова О.М., Дугіна К.В., Теймурова А.Т., Колінько Р.Б. – № у 2011 05215 ; заявл. 26.04.2011 р.

УДК 664.66(083)

## ВПЛИВ ОКРЕМИХ ІНГРЕДІЄНТІВ НА ЯКІСТЬ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ, ВИГОТОВЛЕНИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ПЛАЗМОХІМІЧНОАКТИВОВАНОЇ ВОДИ

Миколенко С.Ю., канд. техн. наук, асистент

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, м. Дніпропетровськ

*У роботі розглянуто сучасні аспекти виробництва хлібопекарської продукції за умови додаткової підготовки води контактною нерівноважною плазмою. Показано окремі особливості використання осн. сировини (дріжджі) та додаткової (цукор, жир) у технології хлібобулочних виробів. Досліджено вплив компонентів рецептур на якість продукції, виробленої за удосконаленою технологією.*

*In the article modern aspects of bakery production by using plasma chemically activated water are considered. Characteristics of use of basic raw material (yeast) and additional components (sugar and fat) in bakery technology are demonstrated. The influence of prescription components to quality of new production is investigated.*

**Ключові слова:** хлібобулочні вироби, рецептура, плазмохімічно активована вода, дріжджі, цукор, жир.

В Україні та усьому світі хлібопекарська продукція користується високою популярністю. Це пов'язано з доступністю її для придбання споживачами, високою засвоюваністю, харчовою та енергетичною цінністю. Останнім часом для виробництва хлібопекарської продукції на багатьох підприємствах застосовуються різні додаткові технологічні прийоми для того, щоб забезпечити споживача якісною продукцією і підтримувати сприятливі умови для господарювання підприємства. Так, для виготовлення хлібобулочних виробів усіх груп – хліба простих і поліпшених видів, батонів, булок, булочок – застосовуються добавки, які дозволяють спрямовано регулювати технологічні властивості сировини та напівфабрикатів, керувати ходом технологічного процесу і отримувати продукцію високої якості. Звісно, такий підхід у сучасних умовах господарювання для більшості виробників здається єдиним виходом із складної

ситуації – наявності сировини, яка суттєво відхиляється за технологічними показниками від нормованих, у поєднанні з необхідністю задовольняти вимоги нормативно-технічної документації, що пред'являються до продукції на державному рівні. Разом з тим, все більшої популярності у країнах з розвинутою економікою набуває екологічно чиста продукція, виготовлення якої виключає використання більшості із вказаних речовин мікробіологічного та хімічного походження. Це обумовлюється все більшим бажанням свідомих споживачів дбати про своє здоров'я, яке в першу чергу залежить від харчування. Тому виробництво екологічно чистої хлібопекарської продукції є актуальним, оскільки такі вироби підлягають масовому споживанню і наявні в щоденному раціоні кожного українця.

У якості основної сировини в хлібопекарському виробництві застосовується вода питна. На підприємствах галузі особливу увагу показникам її якості не приділяють, однак відомо, що від її характеристик суттєво залежить протікання мікробіологічних, біохімічних, колоїдних процесів, які, зокрема, і розпочинаються з моменту сполучення води з іншими інгредієнтами. Більшість хлібопекарських товаровиробників використовують воду без будь-якої додаткової обробки. Проте в роботах [1, 2] підтверджено можливість спрямованого регулювання властивостей борошна, технологічних характеристик пресованих дріжджів шляхом додаткової обробки води контактною нерівноважною плазмою. Грунтуючись на сучасних досягненнях хімії високих енергій, даний метод дозволяє впливати на кластеризацію води, зумовлюючи підвищення її проникної здатності [3], та викликає формування в складі рідини сполук пероксидної природи, які несуть за собою активний кисень і впливають на конформаційний стан біополімерів тіста. Однак у вказаних роботах поза увагою залишився вплив такої води на якість виробів, що містять додаткову сировину, наприклад, поліпшені види хліба, булочки та здобні вироби. Тому метою роботи стало визначення впливу окремих рецептурних компонентів, а саме: дріжджів, цукру і жиру, на якість хлібобулочних виробів, виготовлених із використанням плазмохімічноактивованої води (ПАВ).

Для проведення досліджень питну воду міської магістралі м. Дніпропетровська без будь-якої попередньої підготовки піддавали дії контактної нерівноважної плазми на лабораторній установці дискретного типу об'ємом 0,7 дм<sup>3</sup>. Одержана плазмохімічноактивована вода мала рН 10,1–10,3, ОВП 120–130 мВ і концентрація пероксидних сполук у ній становила 300–400 мг/л, що є оптимальним для отримання продукції високої якості [4]. Приготування контрольних зразків здійснювали з використанням магістральної

води без додаткової обробки. У якості основних і додаткових інгредієнтів використовували борошно пшеничне вищого сорту (ТОВ «Дніпропетровський млиновий комбінат») з середніми хлібопекарськими властивостями, дріжджі хлібопекарські пресовані ТМ «Львівські» (Львівський дріжджовий завод, ПрАТ «Компанія Ензим»), сіль кухонну (ДП «Артемсіль»), цукор білий кристалічний (ПП «Ланнівський цукровий завод»), маргарин ТМ «Вершковий» (ЗАТ «Запорізький оліяжиркомбінат»).

Тісто готували безопарним способом, використовуючи різну кількість дріжджів, цукру та жиру: вміст дріжджів становив 1; 2,5; 4 % до маси борошна; кількість цукру і жиру була рівною 1; 5; 10; 15 % до маси борошна. Рецептури окремих видів хлібобулочних виробів наведені в табл. 1 [5]. Необхідну кількість води визначали з урахуванням вологості сировини, що входила до складу рецептур, зокрема, при внесенні цукру води використовували менше на 50 % від внесеної маси даного інгредієнту. Якість хлібобулочних виробів оцінювали шляхом визначення питомого об'єму та методами кваліметрії, що полягає у бальній оцінці якості продукції [6] і побудові профілограм.

**Таблиця 1 – Рецептури хлібобулочних виробів із пшеничного борошна**

| Сировина                         | Вид виробів                   |                                   |                                          |
|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------|
|                                  | Хліб білий<br>(ГОСТ 26987–86) | Батони столові<br>(ГОСТ 27844–88) | Булочки<br>кунцевські<br>(ГОСТ 24298–80) |
| Борошно пшеничне вищого сорту    | 100,0                         | 100,0                             | 100,0                                    |
| Дріжджі хлібопекарські пресовані | 2,0                           | 2,0                               | 4,0                                      |
| Сіль кухонна харчова             | 1,3                           | 2,0                               | 1,5                                      |
| Цукор-пісок                      | 1,0                           | 2,0                               | 7,0                                      |
| Маргарин столовий                | –                             | 8,0                               | 10,0                                     |
| Разом                            | 104,3                         | 114,0                             | 122,5                                    |

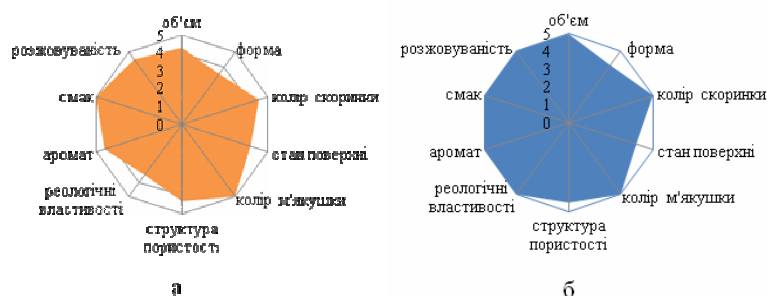
До основної сировини хлібопекарського виробництва належать дріжджі, які є визначальними чинниками протікання мікробіологічних процесів у тісті. Продукти спиртового бродіння, ініційованого дріжджами-сахароміцетами, обумовлюють структуру та органолептичні властивості готових хлібобулочних виробів. Інтенсивність процесів життєдіяльності дріжджів впливає на тривалість дозрівання тістових напівфабрикатів і її підвищення забезпечує скорочення виробничого циклу та зростання продуктивності виробництва. Залежно від виду хлібопекарської продукції та способу тістоведення в рецептурах хлібобу-

лочних виробів застосовують різну кількість дріжджів. Для хліба та булочних виробів за умови опарного приготування тіста дріжджі використовуються в кількості 1–1,5 %, при безопарному приготуванні кількість дріжджів збільшують до 2–3 % до маси борошна [5, 7, 8]. Для виробництва здобних виробів та хлібопекарської продукції прискореним способом тістоведення характерним є підвищення кількості внесених дріжджів до 4–6 %, що дозволяє в першому випадку нівелювати погіршення умов життєдіяльності дріжджів, викликані підвищеним осмотичним тиском середовища, а для прискорених способів – забезпечити належний рівень газоутворення в напівфабрикаті за короткий час. У табл. 2 відображено результати досліджень впливу кількості дріжджів на якість хліба, виготовленого з використанням ПАВ. Встановлено, що за питомим об'ємом виробів ефект від використання води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, становить від 2 до 17 % та підвищується зі збільшенням кількості внесених у тісто пресованих дріжджів. Це обумовлено покращенням технологічних властивостей дріжджів і створенням оптимальних умов для їхньої життєдіяльності [2]. Питомий об'єм хліба на основі ПАВ максимальних абсолютних значень досягає при концентрації дріжджів 2,5 %, розгорнута оцінка якості таких виробів наведена на рис. 1. Проте слід зауважити, що зі збільшенням кількості дріжджів, комплексна оцінка якості продукції знижується як для дослідних, так і для контрольних зразків. Підвищення вмісту дріжджів викликає погіршення

**Таблиця 2 – Вплив кількості дріжджів на якість виробів, виготовлених із використанням плазмохімічноактивованої води**

| Кількість дріжджів, % до маси борошна | Питомий об'єм, см <sup>3</sup> /г виробів на основі: |                                | Оцінка якості, балів виробів на основі |                                |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------|
|                                       | магістральної води (контроль)                        | плазмохімічно-активованої води | магістральної води (контроль)          | плазмохімічно-активованої води |
| 1                                     | 3,31                                                 | 3,38                           | 85,5                                   | 89,6                           |
| 2,5                                   | 3,23                                                 | 3,43                           | 78,4                                   | 87,3                           |
| 4                                     | 2,87                                                 | 3,36                           | 77,0                                   | 83,0                           |

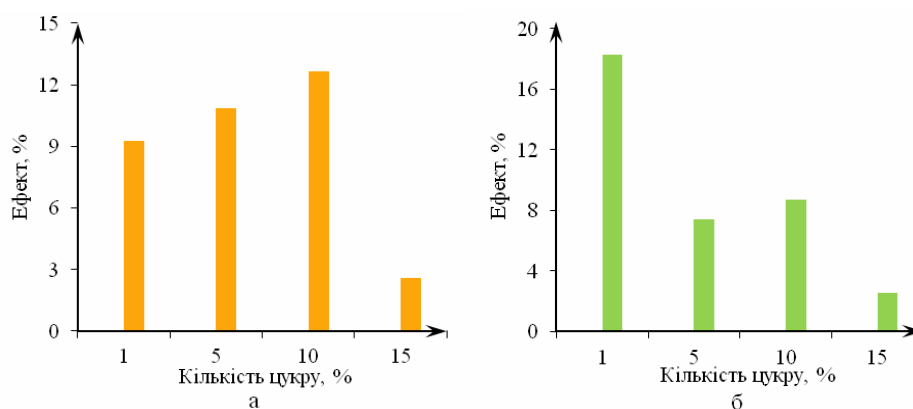
органолептичних характеристик готових виробів. Однак у порівнянні з контрольним зразком застосування ПАВ дає позитивні ефекти і за високих концентрацій дріжджів (4 %). Отримані результати вказують, що для виробництва хлібопекарської продукції за удосконаленою технологією оптимальним слід приймати використання дріжджів у кількості, близькій до 2,5 %, що за комплексною оцінкою надає змогу отримувати вироби з підвищеними показниками якості до 11 % у порівнянні з контролем.



**Рис. 1 – Оцінка якості виробів з 2,5 % дріжджів на основі:**  
**а – магістральної води (контроль); б – плазмохімічноактивованої води**

Цукор є одним із інгредієнтів, які обумовлюють формування органолептичних характеристик такої хлібопекарської продукції, як поліпшені види хліба, булочні та здобні вироби. Внесення цукру в концентраціях до 10 % покращує життєдіяльність дріжджів, для яких він слугує додатковим субстратом живлення. У тісті з цукром інтенсифікується газоутворення, оскільки зимазний комплекс дріжджів викликає розкладання сахарози на глюкозу і фруктозу, яка, на відміну від мальтози, краще зброджується дріжджами. Як наслідок, отримані вироби мають поліпшену структуру пористості, збільшений об'ємний вихід і покращені структурно-механічні властивості. Разом з тим, високі концентрації цукру здатні пригнічувати життєдіяльність дріжджів внаслідок підвищення осмотичного тиску в середовищі та виникнення плазмолізу дріжджових клітин, що викликає уповільнення процесів спиртового бродіння, зниження газоутворення та розпушеності тіста. Додавання цукру в тісто також змінює фізичні властивості напівфабрикату, що пов'язано з конкуруванням молекул сахарози за воду з полімерами тіста та зменшенням ступеня набухання колоїдів. Тому формотримувальна здатність тіста та його адгезійні властивості за умови додавання цукру погіршуються.

Відомо, що плазмохімічно активована вода не лише сприяє поліпшенню фізичних характеристик тіста, а й знижує осмочутливість дріжджів на 40–45 % у порівнянні з використанням магістральної питної води без додаткової обробки [2]. Як показали проведені дослідження, у порівнянні з контрольними зразками такі вироби за рахунок додавання цукру мають підвищений питомий об'єм (рис. 2). Найбільший питомий об'єм виробів досягається при внесенні цукру від 1 до 10 %, при цьому ефект від використання ПАВ становить 9–13 % порівняно з контролем. Відносно зразків, приготованих із використанням магістральної води, вироби, виготовлені за запропонованою технологією, мають збільшений до 3–6 % питомий об'єм навіть при збільшеній кількості внесеного в тісто цукру до 15 % до маси борошна. У разі використання води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, ефект за комплексною оцінкою якості хлібобулочних виробів знаходиться в межах 3–18 %. Тобто використання плазмохімічно активованої води є доцільним у випадку внесення в тісто цукру та має позитивні ефекти відносно якості виробів навіть у випадку використання такої сировини у кількості, що викликає підвищення осмотичного тиску в тісті під час дозрівання.



**Рис. 2 – Ефекти від використання плазмохімічно активованої води в залежності від кількості цукру: а – за питомим об'ємом виробів; б – за оцінкою якості виробів**

Жири в хлібопеченні використовуються для виробництва поліпшених видів хліба, булочних та здобних виробів у кількості від 1 до 25 % до маси борошна. Найчастіше для виготовлення хлібопекарської продукції застосовують таку жиромісну сировину, як маргарин, вершкове масло та соняшникову олію, серед яких широкого практичного використання набув маргарин [5]. Внесення жиру в тісто впливає на його реологічні властивості та водопоглинальну здатність борошна, що обумовлено особливостями хімічної будови ліпідів. Такі компоненти взаємодіють із білковими та крохмальними полімерами борошна, що підвищує пластичні властивості тіста. За рахунок додавання жиру підвищується розрідження напівфабрикату, що особливо має місце у разі внесення інгредієнту у високих концентраціях (понад 5 %). Значний вміст жиру в рецептурі чинить негативний вплив і на дріжджові клітини внаслідок утворення навколо них плівки, що перешкоджає життєдіяльності мікроорганізмів. З огляду на фізико-механічні та органолептичні характеристики хлібопекарської продукції наявність жиру в рецептурі дозволяє значно підвищити її якість і подовжити термін зберігання свіжості.

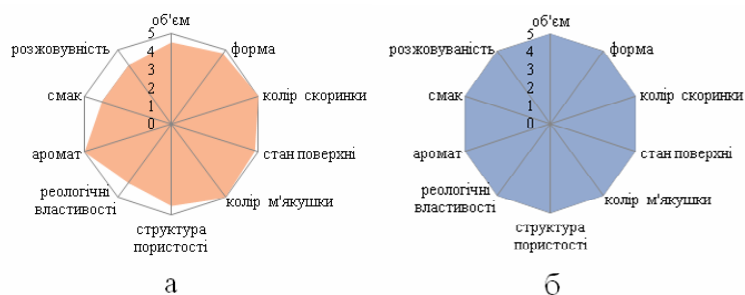
Характеристики виробів на ПАВ із різним вмістом жиру відображено в табл. 3. Результати проведених досліджень свідчать, що для дослідних зразків при збільшенні кількості маргарину питомий об'єм зростає прямопропорційно в межах 3–9 % відносно контролю. Загалом зі збільшенням кількості маргарину в рецептурі ефект від використання плазмохімічно активованої води зростає до 11 %. Отримані ефекти обумовлені додатковим поліпшенням структури пористості, покращенням реологічних властивостей м'якушки та її розжовуваності для виробів на воді, підданих дії контактної нерівноважної плазми, у порівнянні з контрольними зразками (рис. 3).

Для встановлення впливу води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, на якість окремих видів хлібних виробів у якості об'єктів дослідження було обрано хліб білий (поліпшений вид хліба, група хлібних виробів); батони столові (група булочних виробів); булочки кунцевські (група здобних виробів) [5]. Отримані результати досліджень, проілюстровані на рис. 4, свідчать, що за рахунок використання ПАВ відбувається підвищення якості готової продукції за всіма групами хлібних виробів. Так, за рахунок виготовлення хліба білого з використанням води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, на 10–12 % підвищується питомий об'єм і комплексна оцінка якості виробів. Для батонів столових ефект від виготовлення виробів за вдосконаленою технологією становить 3–6 %. При виробництві таких здобних виробів, як булочки кунцевські, у разі використання для замішування тіста ПАВ замість магістральної

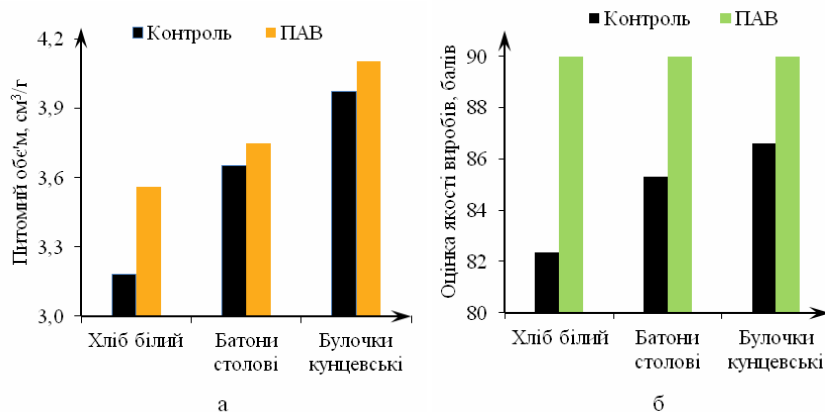
води без додаткової обробки питомий об'єм виробів зростає до 3,5 % при підвищенні їхньої бальної оцінки якості на 3–4 %. Тобто застосування плазмохімічно активованої води, як показали проведені дослідження, є перспективним для виробництва широкого асортименту хлібопекарської продукції.

**Таблиця 3 – Вплив кількості жиру на якість хлібобулочних виробів, виготовлених з використанням плазмохімічно активованої води**

| Кількість маргарину, % до маси борошна | Питомий об'єм, см <sup>3</sup> /г виробів на основі: |                                | Оцінка якості, балів виробів на основі: |                                |
|----------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|
|                                        | магістральної води (контроль)                        | плазмохімічно-активованої води | магістральної води (контроль)           | плазмохімічно-активованої води |
| 1                                      | 3,25                                                 | 3,35                           | 85,7                                    | 87,1                           |
| 5                                      | 3,38                                                 | 3,56                           | 86,8                                    | 90,0                           |
| 10                                     | 3,31                                                 | 3,48                           | 81,4                                    | 90,0                           |
| 15                                     | 3,33                                                 | 3,62                           | 80,8                                    | 89,5                           |



**Рис. 3 – Оцінка якості виробів з 10 % жиру на основі:**  
а – магістральної води (контроль); б – плазмохімічно активованої води



**Рис. 4 – Якість хлібобулочних виробів на плазмохімічно активованій воді:**  
а – питомий об'єм; б – комплексна оцінка якості

### Висновки

Аналіз перспективних шляхів розвитку технологічних прийомів поліпшення якості хлібобулочних виробів вказує на доцільність впровадження у виробничий процес інноваційних методів обробки сировини, одним із яких є додаткова обробка води контактною нерівноважною плазмою.

Встановлено, що при збільшенні в рецептурі кількості дріжджів до 4 % до маси борошна питомий об'єм виробів на плазмохімічно активованій воді зростає до 17 % у порівнянні з контролем, а за комплексною оцінкою якості максимальний ефект від її застосування досягається при 2,5 % дріжджів.

Додавання в тісто цукру в поєднанні з використанням ПАВ сприяє підвищенню питомого об'єму виробів до 13 % та оцінки їхньої якості до 18 % у порівнянні з контролем, а максимальний ефект спостерігається при внесенні цукру в кількості 1–5 % до маси борошна.

Визначено, що зі збільшенням кількості жиру в рецептурі ефект від використання води, підданої дії контактної нерівноважної плазми, за питомим об'ємом зростає від 2 до 9 %, а за комплексною оцінкою якості – до 11 % у порівнянні з виробами на основі магістральної питної води без додаткової обробки.

Підтверджено, що за рахунок застосування плазмохімічно активованої води для виготовлення хлібо-булочних виробів, що відносяться до різних груп, підвищується якість готової продукції без використання поліпшувачів штучного походження.

#### Література

1. Півоваров О.А. Дослідження початкової стадії взаємодії компонентів тіста на основі плазмохімічно активованих розчинів / О.А. Півоваров, С.Ю. Миколенко // Наукові праці ОНАХТ.– 2010. – В. 38, Т. 1. – С. 273–278.
2. Півоваров О.А. Дослідження біотехнологічних особливостей тістоведення при використанні розчинів, підданих дії контактної нерівноважної плазми / О.А. Півоваров, С.Ю. Миколенко // Вісник Запорізького національного університету. – 2012. – № 2 – С. 137–140.
3. Півоваров А.А. Неравновесная плазма: процессы активации воды и водных растворов / А.А. Пивоваров, А.П. Тищенко – Днепропетровск, 2006. – 225 с.
4. Півоваров О.А. Математичне моделювання та оптимізація технологічних параметрів виробництва хліба з використанням плазмохімічно активованих розчинів / О.А. Півоваров, С.Ю. Миколенко, Г.П. Тищенко // Вісник ДДАУ. – 2012. – № 2. – С. 51–54.
5. Дробот В.І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва / В.І. Дробот. – К.: Руслана, 1998. – 416 с.
6. Практикум по технологии хлеба, кондитерских и макаронных изделий (технология хлебобулочных изделий) / Л.П. Пашенко, Т.В. Санина, Л.И. Столярова и др. – М.: КолосС, 2006. – 215 с.
7. Дробот В.І. Технологія хлібопекарського виробництва: підручник / В.І. Дробот. – К.: Логос, 2002. – 365 с.
8. Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства / под ред. Л.И. Пучковой. – СПб: Профессия, 2005. – 416 с.

УДК 664.64 (045)

## ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ХЛІБА НА ХМЕЛЬОВІЙ ЗАКВАСЦІ З ПРОРОСЛИМ ЗЕРНОМ ПШЕНИЦІ

Пересічна С.М., канд. техн. наук, доцент, Пахомська О.В., аспірантка  
Київський національний торговельно-економічний університет, м. Київ

*У статті наведено результати досліджень якості хлібобулочних виробів функціонального призначення за фізико-хімічними, мікробіологічними показниками та харчовою цінністю.*

*The paper presents results of research quality bakery functionality on physico-chemical, microbiological indicators and nutritional value.*

Ключові слова: хліб житньо-пшеничний, фізико-хімічні показники, мікробіологічні показники.

Формула харчування людини початку третього тисячоліття – регулярне споживання функціональних харчових продуктів, що при споживанні специфічно підтримують і регулюють конкретні фізіологічні функції в організмі людини та знижують виникнення захворювань [1].

Продуктом масового споживання в Україні є хліб, який займає в середньому 15 % в щоденному раціоні українця і підвищення його поживної цінності дає змогу покращити якість хлібобулочних виробів та забезпечити раціональне харчування людей. Хліб та хлібобулочні вироби є джерелом незамінних нутрієнтів для відновлення енергетичних витрат організму. Енергетична цінність 100 г продукту містить 220...250 ккал. У середньому щоденно людина споживає 250-350 г хліба та біля 100 г булочних виробів, що складає 1/3 енергетичної цінності добового раціону харчування дорослої людини.

Хліб є важливим джерелом мінеральних речовин. Залежно від сорту, у ньому міститься 110...170 мг% фосфору, 20...25 мг% кальцію, 25...60 мг% магнію, 120...200 мг% калію, 1,9-3,6 мг% заліза, 0,9-1,8 мг% марганцю, 0,7-1,4 мг% цинку[2].

Результати досліджень асортиментного складу хлібобулочних виробів показали, що населення отримує з вказаними видами продуктів харчування не більше 15-20 % необхідної кількості харчових во-

локон, а виробництво дієтичних видів хліба складає не менше 1 % при оптимальній добовій нормі харчових волокон для дорослої людини 25-30 г.

У зв'язку з вищезазначеним актуальним на сьогодні є розроблення нових видів хлібобулочних виробів функціонального призначення з використанням рослинної сировини підвищеної біологічної цінності.

До нових видів хлібобулочних виробів функціонального призначення належить: хліб житньо-пшеничний на хмелювій заквасці із пророслим зерном пшениці «Сімейний», хліб житньо-пшеничний на хмелювій заквасці із пророслим зерном пшениці з гарбузовим пюре «Селянський», хліб житньо-пшеничний на хмелювій заквасці із пророслим зерном пшениці з концентратом квасного сусла та розторопшею плямистою «Слов'янський».

**Метою наукової роботи** є дослідження фізико-хімічних і мікробіологічних показників хліба на хмелювій заквасці з пророслим зерном пшениці.

**Об'єкт дослідження** – технологія хліба на хмелювій заквасці з пророслим зерном пшениці.

**Предмет дослідження** – хліб житньо-пшеничний на хмелювій заквасці із пророслим зерном пшениці «Сімейний», хліб житньо-пшеничний на хмелювій заквасці із пророслим зерном пшениці з концентратом квасного сусла та розторопшею плямистою «Слов'янський», хліб житньо-пшеничний на хмелювій заквасці із пророслим зерном пшениці з гарбузовим пюре «Селянський».

Контролем слугував житньо-пшеничний хліб, виготовлений за традиційною технологією [3].

Із метою підвищення харчової цінності хлібобулочних виробів використовували пророслі зерна пшениці – 30 % від маси борошна, гарбузове пюре – 50 % від маси води, розторопшу плямисту – 8 % від маси борошна, концентрат квасного сусла – 1 % від маси цукру, дріжджі замінено на хмелюву закваску. Дана сировина має фізіологічну активність та містить: харчові волокна, мінеральні речовини, вітаміни групи В та вітамін Е.

Харчова цінність хлібобулочних виробів є інтегрованим результатом якості сировинного матеріалу, параметрів технологічного процесу. Тому закономірним є той факт, що внесення збагачувальної сировини, у тому числі й сировини рослинного походження, в рецептурний склад хліба безпосередньо впливає на якість напівфабрикатів, кінцевого продукту, а також хід технологічного процесу.

Якість досліджуваного хліба на хмелювій заквасці з пророслим зерном пшениці визначали за фізико-хімічними (вологість, кислотність, пористість) та мікробіологічними (кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, патогенні мікроорганізми, в т.ч. роду *Salmonella*, дріжджі та пліснява, БГКП (бактерії групи кишкової палички, *Staphylococcus aureus*) показниками.

Найважливішим серед цих показників є кислотність, оскільки вона визначає хімічні процеси, що відбувалися в хлібі під час його випікання, транспортування та зберігання. Кислотність хліба зумовлена бродінням тіста. Кислоти, що містяться у хлібних výroбах, позитивно впливають на їхні фізико-хімічні властивості та смак. Але хліб із підвищеною кислотністю не рекомендується вживати людям, що мають виразкову хворобу шлунка та дванадцятипалої кишки, хронічні гастрити. Такий хліб викликає печію, здуття кишечника та може поглибити вже наявні хвороби шлунково-кишкового тракту. Вживання хліба із заниженою кислотністю негативно позначається на здоров'ї людей, що мають гастрити.

Іншим важливим чинником, від якого залежить засвоєність хліба, є, зокрема, структура пористості м'якушки, яка є непрямым комплексним показником газотримувальної та газотворювальної здатності. Вироби з більшою пористістю і доброю еластичністю ефективніше підлягають дії ферментів. Такий хліб краще просочується травними соками і краще засвоюється організмом людини.

Від показника вологості хліба залежить його фізіологічна цінність. Із підвищенням вологості хліба зменшується кількість корисних речовин (білків, вуглеводів, вітамінів та ін.). Проте зі збільшенням вологості хліба на 1 % вихід його підвищується на 2-3 %.

Дослідження хлібобулочних виробів на фізико-хімічні показники проведено у відповідності до вимог ДСТУ 7045:2009 «Вироби хлібобулочні. Методи визначення фізико-хімічних показників».

За фізико-хімічними показниками вироби хлібобулочні на хмелювій заквасці з пророслим зерном пшениці відповідають нормам, зазначеним у таблиці 1.

Аналіз отриманих даних (табл. 1) у досліджуваних зразках вказує на тенденцію підвищення показників: пористості на 14,2...22,7 %, вологості – 1,23 ...8,9 % та кислотності – 11,1...16,3 град.

Слід нагадати, що кількість шкідливих мікроорганізмів, що міститься у сировині, може знижуватися під час теплової обробки або збільшуватися у результаті забруднення напівфабрикатів та готових хлібобулочних виробів у процесі виробництва. Діяльність мікроорганізмів призводить до фізичних та хімічних перетворень продукту. Як правило, ці зміни небажані, тому що призводять до зниження якості хлібобулочних виробів. Тому є підстава для проведення мікробіологічних досліджень.



**Таблиця 1 – Фізико-хімічні показники хліба на хмелювій заквасці з пророслим зерном пшениці**

| Назва показника                           | Хліб житньо-пшеничний (контроль) | Хліб житньо-пшеничний «Сімейний» | Хліб житньо-пшеничний «Селянський» | Хліб житньо-пшеничний «Слов'янський» |
|-------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| Вологість м'якушки, % не більше ніж       | 41,0±0,16                        | 39,0±0,16                        | 45,0±0,18                          | 40,5±0,18                            |
| Кислотність м'якушки, град, не більше ніж | 5,0±0,02                         | 4,5±0,01                         | 4,3±0,01                           | 5,9±0,02                             |
| Пористість м'якушки, % не менше ніж       | 46,0±0,18                        | 59,5±0,24                        | 53,6±0,21                          | 55,7±0,22                            |

Для встановлення мікробіологічної безпеки нових видів виробів хлібобулочних на хмелювій заквасці з пророслим зерном пшениці дослідним шляхом визначали загальну кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів у 1 г готової продукції (ГОСТ 10444.15), наявність бактерій кишкової палички (БГКП) (ГОСТ 30518), плазмокоагулювальні стафілококи в 1 г (ГОСТ 10444.2) та інші мікроорганізми, у тому числі роду *Salmonella* – у 25 г продукції (інст. № 1135).

За мікробіологічними показниками виробу хлібобулочні на хмелювій заквасці з пророслим зерном пшениці відповідають нормам зазначеними у таблиці 2.

**Таблиця 2 – Мікробіологічні показники виробів хлібобулочних на хмелювій заквасці з пророслим зерном пшениці**

| Назва показника                                                                                     | Норма                | Хліб житньо-пшеничний «Сімейний» | Хліб житньо-пшеничний «Селянський» | Хліб житньо-пшеничний «Слов'янський» |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| Кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО в 1 г не більше ніж | в 1 г $1 \cdot 10^3$ | $5 \cdot 10^2$                   | $9,5 \cdot 10^2$                   | $7 \cdot 10^2$                       |
| Патогенні мікроорганізми, у т.ч. роду <i>Salmonella</i> , в 25 г/см <sup>3</sup>                    | не дозволено         | не виявлено                      | не виявлено                        | не виявлено                          |
| БГКП (бактерії групи кишкової палички) не більше КУО в 1 г/см <sup>3</sup>                          | не дозволено         | не виявлено                      | не виявлено                        | не виявлено                          |
| <i>Staphylococcus aureus</i> не більше КУО в 1 г/см <sup>3</sup>                                    | не дозволено         | не виявлено                      | не виявлено                        | не виявлено                          |

За мікробіологічними показниками отримано результати: кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів у зразках хлібобулочних виробів набагато нижча встановленої норми [4]. Наявність БГКП, патогенних мікроорганізмів, у т.ч. роду *Salmonella* та *Staphylococcus aureus* у хлібобулочних виробах відсутня, що свідчить про відповідність вимогам нормативної документації [5,6,7].

У результаті досліджень виявлено, що поживна цінність виробів хлібобулочних на хмелювій заквасці з пророслим зерном пшениці збільшилася за такими показниками: білків – до 34,8 %, жирів – до 156 %, харчових волокон – до 6,4 %, кальцію – до 32,5 %, фосфору – до 108,1 %, калію – до 41,5 %, заліза – до 53,9 %, магнію – до 157,7 %, натрію – до 3,5 %; вітамінів групи В: В<sub>1</sub> – до 115,4 %, В<sub>2</sub> – до 122,2 %, Е – до 841,4 %.

Резюмуючи вищевикладене, можна зазначити, що використання пророслого зерна пшениці, розторопші плямистої, гарбузового пюре, концентрату квасного сусла та хмелювої закваски у виробництві хлібобулочних виробів дозволяє отримати вироби з підвищеною харчовою цінністю. Результати досліджень вказують на тенденцію підвищення показників: пористості на 14,2...22,7 %, вологості – 1,23...8,9 % та кислотності – 11,1...16,3 град. порівняно з контролем. На підставі проведених досліджень встановлено

відповідність розроблених хлібобулочних виробів на хмелювій заквасці з пророслим зерном пшениці вимогам безпечності за вмістом мікробіологічного контролю.

Таким чином, розроблені хлібобулочні вироби на хмелювій заквасці з пророслим зерном пшениці дають можливість ширше використовувати й урізноманітнювати асортимент даних виробів функціонального призначення у закладах ресторанного господарства і є перспективним напрямом, що сприяє реалізації сучасної концепції здорового харчування людини.

#### Література

1. Шаран, Л. та ін. Дослідження впливу морських водоростей на показники якості та процес черствіння хлібобулочних виробів/ Л. Шаран // Хранение и переработка зерна. – 2010. – №12. – С. 61.
2. Карпенко П.О. Основи раціонального і лікувального харчування: навч. посіб./ П.О. Карпенко, С.М. Пересічна, І.М. Грищенко, Н.О. Мельничук; за заг. ред. П.О. Карпенко. – К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, – 2011. – С.132.
3. Сборник рецептов на хлеб и хлебобулочные изделия. Сост. П.С. Ершов. – СПб.: «ПРОФИ-ИНФОРМ», – 2005. – с.36.
4. ГОСТ 10444.15-94 Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов.
5. ГОСТ 30518-97 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества бактерий группы кишечных палочек (колиформных бактерий).
6. ГОСТ 10444.2-94 Продукты пищевые. Методы выявления и определения количества *Staphylococcus aureus*.
7. Инструкция о порядке расследования, учета и проведения лабораторных исследований в учреждениях санитарно-эпидемиологической службы при пищевых отравлениях № 1135.

УДК 664.681–021.754:547.458

## ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА БИСКВИТНОГО ТЕСТА С ПОЛИСАХАРИДАМИ

Клюкина О.Н., канд. техн. наук, доцент, Куданович Л.А., аспирант, Путятин К.В., студентка,  
Птичкина Н.М., д-р. хим. наук, профессор  
ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И.Вавилова»,  
г. Саратов

*Разработана технология бисквитного полуфабриката с добавкой полисахарида растительного происхождения (ПС) для стабилизации яичной белковой пены, входящей в состав бисквитного теста. Установлено, что оптимальным интервалом концентрации ПС, является 0,3 – 0,7 %.*

*Technology of semi-finish hedbiscuit with plant polysaccharide to stabilize the foam of egg proteinis part was developed. It is proved that the optimum concentration of additive is 0.3 – 0.7%.*

Ключевые слова: полисахарид, бисквит, яичный белок, пена, взбивание, стабилизация, консистенция.

Мучные кондитерские изделия пользуются широким спросом у потребителей. В муке содержатся белки, азотистые вещества, углеводы, жиры, минеральные вещества, витамины, ферменты, что говорит о высокой пищевой ценности мучных изделий.

Белок и его водные растворы обладают свойствами лиофильных коллоидов и при взбивании с воздухом образуют устойчивую пену. Это свойство белков широко используются в кулинарной практике (крем безе, белково-взбивной полуфабрикат, бисквитное тесто).

Пенообразующая способность белков и устойчивость пены зависит от их природы, концентрации, рН-среды, присутствия пищевых добавок.

Оптимальное значение рН для образования устойчивой пены для яичного белка находится в пределах рН 5,0 – 5,5. Чтобы добиться такого значения рН, на практике в конце взбивания добавляют 10 % раствор лимонной кислоты. Сахар снижает пенообразующую способность, поэтому сахар следует добавлять в конце взбивания белка.

Устойчивость белков в значительной степени обуславливается дисперсностью пены. Свойства пены зависят от продолжительности взбивания. Недостаточно взбитые белки плохо сохраняют форму, имеют

невысокую прочность межфазовых адсорбционных слоев и при соединении с другими продуктами быстро уменьшаются в объеме. При длительном взбивании пена получается с низкими структурно-механическими характеристиками (становится хрупкой, теряется эластичность), что отрицательно сказывается на готовых изделиях (малый объем, плотная консистенция).

Стойкость и воздушность взбитого белка в течение продолжительного времени можно обеспечить при помощи полисахаридов [1], которые стабилизируют белковую пену.

В настоящее время ПС широко применяются при разработках новых продуктов питания [2].

Для улучшения качества бисквита исследована целесообразность стабилизации яичных белков полисахаридом растительного происхождения.

Были изучены свойства пены без добавки ПС (контроль - яичный белок) и пены с добавлением ПС. В качестве стабилизатора яичной пены использовалась камедь рожкового дерева (Danisco, Франция). Все опыты проводились с пятью образцами (1 образец – контроль; 2 образец – контроль + 0,1 % ПС; 3 образец – 0,3 % ПС; 4 образец – контроль + 0,7 % ПС; 5 образец – контроль + 1,0 % ПС).

Данные по объему и расслоению получившейся пены представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физические характеристики пены

| Образцы белковой пены | Объем пены | Расслоение |
|-----------------------|------------|------------|
| Контроль              | +          | –          |
| Контроль + 0,1% ПС    | +          | –          |
| Контроль + 0,3% ПС    | ++         | –          |
| Контроль + 0,7% ПС    | +          | +          |
| Контроль + 1,0% ПС, 0 | –          | ++         |

Анализируя данные таблицы 1, можно видеть, что при взбивании белка с ПС различной концентрации полученные системы отличаются друг от друга структурой и стабильностью пены. При увеличении концентрации ПС взбивание ухудшалось, пена становилась менее стабильной, менее пышной, не держала форму. С течением времени системы с концентрацией ПС 1,0 % сильно расслаиваются. Это объясняется близкой адсорбционной способностью ПС и белка. Возникает конкуренция за место на поверхности пузырьков воздуха, в результате чего макромолекула ПС адсорбируется сразу на двух или большем количестве пузырьков и связывает их (процесс вытеснительной флокуляции). Коллоидные частицы сближаются под действием градиента осмотического давления, вызванного вытеснением биополимерных молекул из области непрерывной фазы между ними [3].

Увеличение концентрации ПС (для пары ПС-белок) увеличивает флокуляцию, обратный процесс ведет к ингибированию флокуляции, что объясняет стабильность пены [4-5].

Изменение структуры пены в течение времени представлено на рис. 1. Проводилось исследование стабильности пены: сразу после взбивания, через 20, 40, 60, 80, 100 минут.

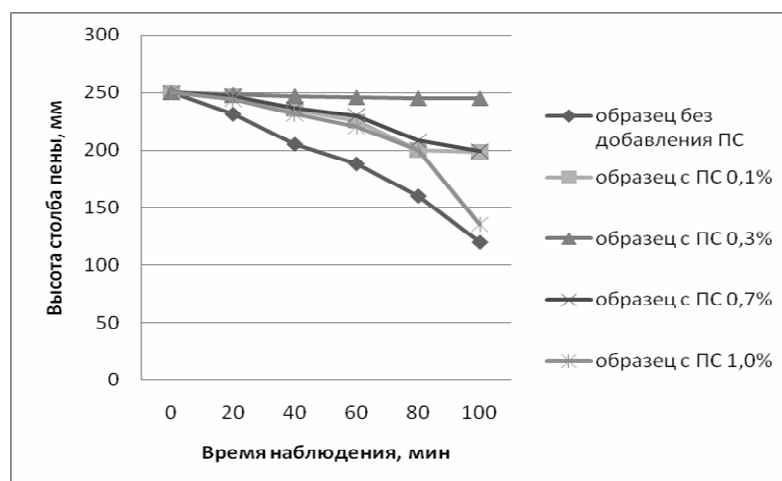


Рис. 1 – Зависимость высоты столба пены от времени наблюдения

Из полученных данных следует, что ПС влияет на структуру белка, но самые лучшие результаты наблюдаются с концентрацией ПС 0,3 %, 0,7 % и 1,0 %. В этих образцах большее количество пузырьков воздуха, они правильной округлой формы, равномерно распределены по всему объему системы, что обеспечивает большую ее прочность и стабильность, пленочный каркас у этих образцов прочный. В образце с концентрацией ПС 1,0 % не произошло отделения белка, но уже через 20 минут появились большие воздушные пространства, пена осела. Пены с добавками ПС получаются более пышные.

На рис. 2 и 3 показана структура белковой пены (фотографии сделаны с помощью микроскопа с фотонасадкой, увеличение в 300 раз).

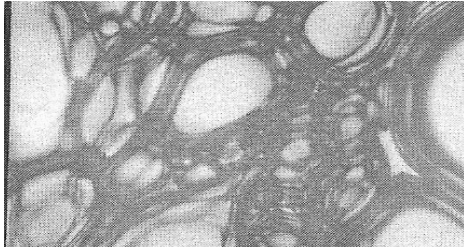


Рис. 2 – Структура белковой пены без добавок ПС



Рис. 3 – Структура пены с растительным полисахаридом (C = 0,3%) [6]

От стабильности и пышности пены зависит качество выпекаемых бисквитов.

Эксперимент показал, что наилучшими органолептическими показателями обладают изделия с добавкой ПС при концентрации 0,3 %.

Данные представлены на рис. 4.

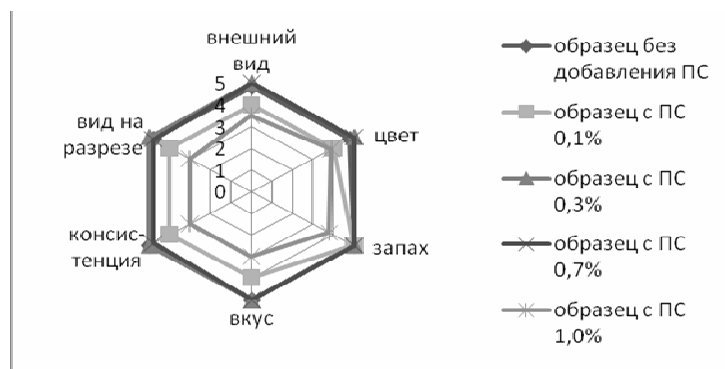


Рис. 4 –Органолептический профиль бисквитов

У контрольного образца форма круглая, светло-коричневая тонкая корочка, мякиш сухой, пористый, плотный, желтого цвета. Образцы с ПС при концентрации 0,3 % и 0,7 % отвечают всем органолептическим требованиям бисквитного полуфабриката: форма круглая, светло-коричневая корочка. Мякиш пористый, нежный, менее сухой, по сравнению с контрольным образцом.

Образец с концентрацией ПС 1,0 % оказался непропеченным внутри изделия. При увеличении времени выпечки, мякиш остается влажным, а поверхность приобретает сухую твердую корку.

Разработанная рецептура бисквитного полуфабриката с ПС представлена в таблице 2.

Таблица 2 –Рецептура бисквитного полуфабриката с ПС растительного происхождения

| Наименование сырья           | Расход сырья на 10кг. продукта, г |
|------------------------------|-----------------------------------|
| Мука пшеничная высшего сорта | 3894,0                            |
| Сахар-песок                  | 3419,0                            |
| Желтки яичные                | 3419,0                            |
| Белки яичные                 | 5128,0                            |
| ПС                           | 15,4                              |
| <b>Выход</b>                 | <b>10000,0</b>                    |

Технологическая схема бисквитного полуфабриката с добавлением ПС представлена на рис. 5. В известную схему [7] включается дополнительная операция по подготовке и введению ПС в систему.

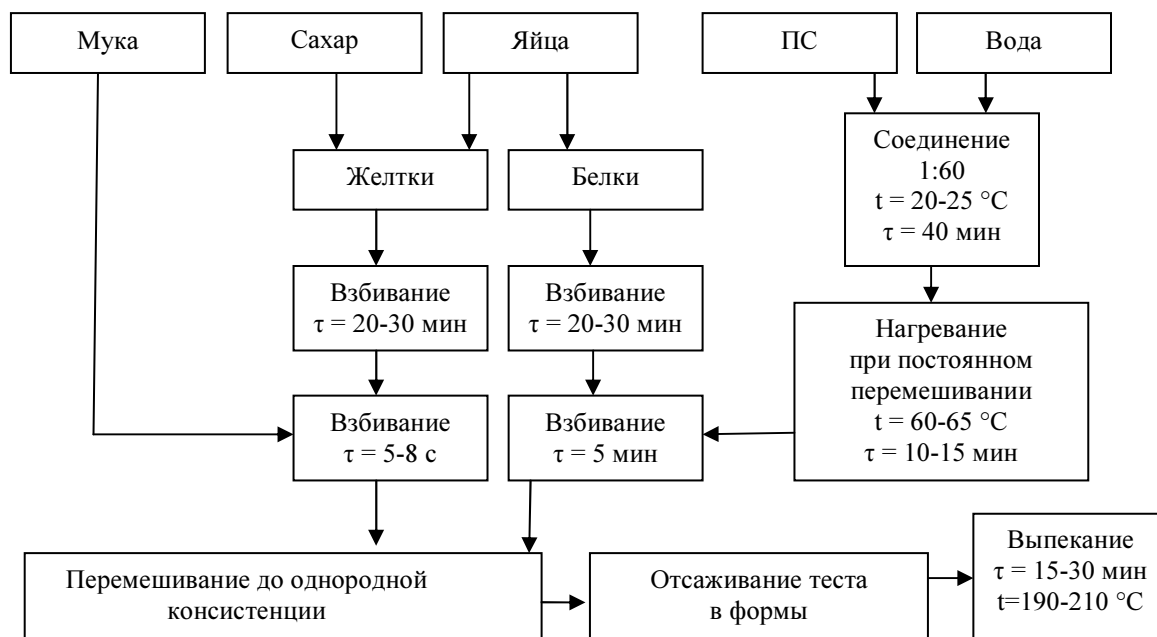


Рис. 5 – Технологическая схема бисквитного полуфабриката с ПС

#### Вывод

Проведено исследование по способу стабилизации белковой пены, входящей в состав бисквитного теста. Показано, что добавка растительного ПС укрепляет белковую пену, продлевает срок ее жизни. Определен оптимальный интервал концентраций ПС. Разработана технология и рецептура бисквитного теста с ПС.

#### Литература

1. Птичкин, И.И. Пищевые полисахариды: структурные уровни и функциональность / И.И. Птичкин, Н.М. Птичкина. – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2011. – 164 с.
2. Г.О. Филлипс и П.А. Вильямс – Справочник по гидроколлоидам/Перевод с английского под редакцией Кочетковой А.А. и Сарафановой Л.А. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 536 с.
3. Dickinson, E. Stability of food emulsions containing both protein and polysaccharide / E.Dickinson // Food Polymers, Gels and Colloids. – Cambridge: Royal Soc. Chemistry, 1991. – P. 132-146.
4. Cao, Y. Creaming and flocculation in emulsions containing polysaccharide / Y. Cao // Food Hydrocolloids. – 1990. – V. 4. – P. 4-13.
5. Langendorf, V. Gelation and flocculation of casein micelle / carrageenan mixture / V. Langendorf, G. Cuveiler, B. Launay // Food Hydrocolloids, 1997. – P. 35-40.
6. Клюкина О.Н. Исследование и разработка технологии диетических десертов с добавками полисахаридов. Дис...канд.тех.наук. 05.18.15. Защищена 30.06.09 – Кемерово 2009. – 174 с.
7. Сборник рецептов мучных и кондитерских изделий. – Издательство: Гидрометеиздат, 1998. – 294 с.

УДК 664.68 : 613.24

## ВИКОРИСТАННЯ ЦУКРОЗАМІННИКІВ НОВОГО ПОКОЛІННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ БІСКВІТІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Дорохович В.В., д-р техн. наук, доцент, Абрамова А.Г., аспірант  
Національний університет харчових технологій, м. Київ

*Проведено роботу щодо визначення можливості застосування лактитолу, ізомальтитолу, еритритолу, мальтитолу в технології бісквітів. Проведено дослідження в'язкості і поверхневого натягу водних*

розчинів цукрозамінників, впливу цукрозамінників на піноутворювальну здатність та стійкість піни меланжу, органолептичні, фізико-хімічні та структурні показники готових виробів.

*We have done research to use lactitol, isomaltitol, erytritol and maltitol in biscuits technology. Also we did research of viscosity and surface tension of sugar replacers' water solutions, influence of sugar replacers on lathering and melange foam resistance, organoleptic, physicochemical and structural factors of a product.*

Ключові слова: цукрозамінник, глікемічний індекс, в'язкість, поверхневий натяг, бісквіти.

Борошняні кондитерські вироби (БКВ) користуються широким попитом у населення України. Серед великого асортименту БКВ вагоме місце займають бісквітні вироби: торти, тістечка, рулети, бісквітні напівфабрикати.

Основною речовиною, що надає солодкість кондитерським виробам, у т. ч. бісквітам, є цукор. Однак, як відомо, цукор не рекомендується споживати особам хворим на цукровий діабет. Отже, і традиційні кондитерські вироби, що виготовлено на цукрі, хворі на цукровий діабет споживати не можуть.

Для розроблення кондитерських виробів спеціального призначення, які зможуть споживати хворі на цукровий діабет, потрібно застосовувати цукрозамінники з низьким глікемічним індексом.

У наш час кондитерська галузь України виробляє дуже обмежений асортимент кондитерських виробів для хворих на цукровий діабет. Це переважно вироби із застосуванням фруктози, а також сорбіту. Тому одним з важливих завдань соціально-економічного розвитку України є забезпечення хворих на цукровий діабет БКВ, зокрема бісквітами, спеціального призначення на основі низькоглікемічних цукрозамінників. Метою досліджень є встановлення та наукове обґрунтування впливу нових цукрозамінників на органолептичні, фізико-хімічні, структурно-механічні властивості готових бісквітів. Об'єктом дослідження є інноваційні технології кондитерських виробів спеціального призначення. Предметом дослідження є кондитерські вироби (бісквіти, бісквітні напівфабрикати) спеціального призначення на основі використання низькоглікемічних цукрозамінників.

У Національному університеті харчових технологій на кафедрі технології хлібопекарських і кондитерських виробів протягом декількох десятиріч проводиться робота щодо розроблення кондитерських виробів для хворих на цукровий діабет. Розроблено вироби із застосуванням продуктів переробки стевії, ксиліту, сорбіту, фруктози.

Зараз за кордоном широко використовують цукрозамінники нового покоління, які за своєю хімічною природою є поліоли, тобто цукрозамінники. Ці цукрозамінники мають ряд переваг (таблиця 1): меншу ніж у цукру калорійність, низький глікемічний індекс, пребіотичні властивості [1].

Таблиця 1 – Показники якості цукрів/цукрозамінників

| Назва цукру / цукрозамінника | Солодкість SES | Калорійність ккал/г | Глікемічний індекс | Пребіотичні властивості |
|------------------------------|----------------|---------------------|--------------------|-------------------------|
| Цукри:                       |                |                     |                    |                         |
| сахароза                     | 1,0            | 4,1                 | $65 \pm 9$         | –                       |
| фруктоза                     | 1,56           | 3,7                 | 20                 | –                       |
| Поліоли:                     |                |                     |                    |                         |
| лактитол                     | 0,37           | 2,0                 | $3 \pm 2$          | +                       |
| ізомальтитол                 | 0,55           | 2,0                 | $9 \pm 3$          | +                       |
| мальтитол                    | 0,9            | 3,0                 | $30 \pm 2$         | +                       |
| еритритол                    | 0,65           | 0,5                 | $0 \pm 17$         | +                       |
| сорбітол                     | 0,6            | 2,4                 | $9 \pm 4$          | +                       |

Особливий інтерес викликає еритритол. Цей цукрозамінник має досить високий рівень солодкості 0,65 SES, низький глікемічний індекс  $0 \pm 17$  % і майже нульову калорійність 0,2 ккал/г.

Однак негативною властивістю еритритолу є дуже сильний прохолоджувальний ефект, який у БКВ не потрібний.

В той самий час цукрозамінники – поліоли – мають іншу хімічну природу, дещо інші технологічні властивості й відповідно можуть по-іншому впливати на процеси тістоутворення, термооброблення тощо.

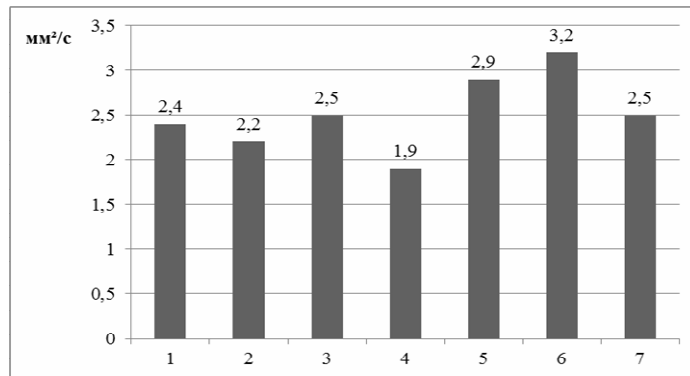
Для визначення можливості застосування цих цукрозамінників у технології бісквітів нами був проведений комплекс досліджень.

Бісквітне тісто належить до слабоструктурованих піноподібних тістових мас. Провідну роль в утворенні структури бісквітного тіста і, відповідно, готових виробів відіграє процес піноутворення. В свою чергу на процес піноутворення значний вплив мають в'язкість та поверхневий натяг.

Нами було проведено визначення в'язкості та поверхневого натягу водних розчинів цукрозамінників

нового покоління при різній їх концентрації і при різній температурі [2]. Оскільки традиційна кількість цукру в бісквітному тісті 26 – 27 %, а приготування тіста йде при кімнатній температурі ( $20 \pm 2$ ), то аналізувати вплив в'язкості та поверхневого натягу потрібно саме за цих параметрів.

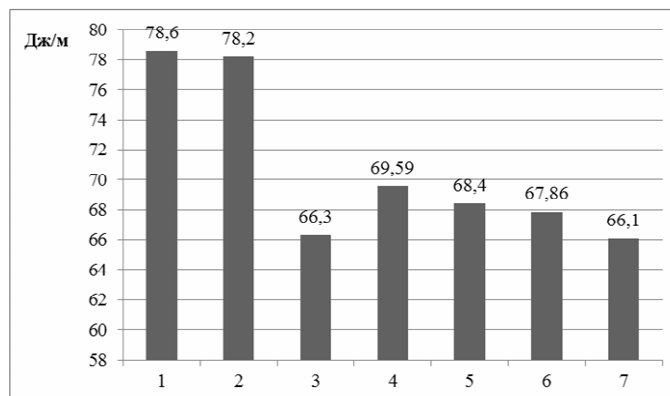
Як видно з рис. 1, найбільша в'язкість притаманна розчинам з ізомальтитолом, найменша – з еритритолом. Виходячи з цього можна прогнозувати, що ізомальтитол буде зменшувати піноутворення.



1 – цукор; 2 – фруктоза; 3 – сорбітол; 4 – еритритол; 5 – мальтитол; 6 – ізомальтитол; 7 – лактитол

**Рис. 1 – В'язкість водних розчинів цукрів і цукрозамінників**

У процесі піноутворення важливу роль відіграє поверхневий натяг: чим менший поверхневий натяг, тим краще відбувається піноутворення. З рис. 2 видно, що поверхневий натяг поліолів менший ніж цукрів (цукру, фруктози).



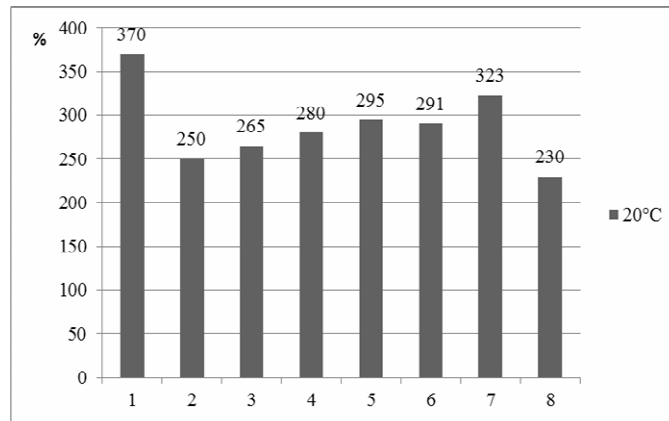
1 – цукор; 2 – фруктоза; 3 – сорбітол; 4 – еритритол; 5 – мальтитол; 6 – ізомальтитол; 7 – лактитол

**Рис. 2 – Поверхневий натяг водних розчинів цукрів і цукрозамінників**

В утворенні піноподібної структури бісквітного тіста має значення процес піноутворення систем меланж-цукор/цукрозамінник. Тому нами було проведено дослідження впливу цукрозамінників на кінетику піноутворення систем з меланжем. Визначено, що максимальне значення піноутворювальної здатності в суміші меланж-цукрозамінник для різних цукрозамінників різне (рис. 3).

Краща піноутворююча здатність мас з лактітолом та сорбітолом пояснюється тим, що розчини лактітолу і сорбітолу мають менший поверхневий натяг (66,1 та 66,3 Н), на відміну від поверхневого натягу розчинів цукру, фруктози (78,6; 78,2). Низьке значення піноутворюючої здатності піни меланж-ізомальтитол пояснюється низькою розчинністю ізомальтитолу. Максимальну піноутворюючу здатність систем з еритритолом можна пояснити меншим, порівняно з цукридами, поверхневим натягом та меншою порівняно з поліолами, молекулярною масою.

Для отримання якісних бісквітів вагоме значення має стійкість піни (СП). Нами було проведено дослідження щодо визначення стійкості піни сумішей меланж-цукрозамінник (табл. 2).



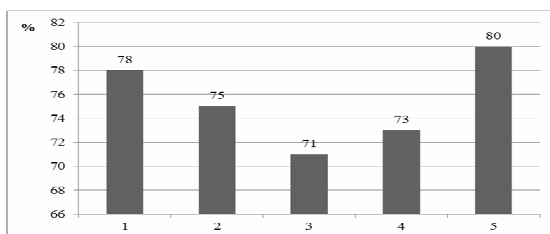
1 – нативний меланж; 2 – меланж-цукор; 3 – меланж-фруктоза; 4 – меланж-сорбітол; 5 – меланж-лактитол; 6 – меланж-мальтитол; 7 – меланж-еритритол; 8 – меланж-ізомальтитол

**Рис. 3 – Максимальне значення піноутворювальної здатності сумішей меланж-цукор/цукрозамінник**

**Таблиця 2 – Стійкість піни**

| Цукор/ цукрозамінник | Тривалість вистоювання, хв |     |     |     |     |
|----------------------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|
|                      | 0                          | 30  | 60  | 90  | 120 |
| Цукри:               |                            |     |     |     |     |
| цукор                | 100                        | 92  | 87  | 83  | 78  |
| фруктоза             | 100                        | 95  | 90  | 85  | 80  |
| Поліоли:             |                            |     |     |     |     |
| лактитол             | 100                        | 95  | 93  | 91  | 89  |
| ізомальтитол         | 100                        | 100 | 100 | 100 | 93  |
| еритритол            | 100                        | 91  | 85  | 80  | 77  |
| мальтитол            | 100                        | 95  | 91  | 88  | 85  |
| сорбітол             | 100                        | 96  | 94  | 90  | 88  |

Встановлено, що піни, утворені при збиванні меланжу з поліолами, характеризуються дещо більшою стійкістю, ніж піни на цукрах. Максимальною стійкістю характеризується піна на ізомальті. Так, протягом 2 годин зруйнувалось лише 3 % піни. Мінімальною стійкістю характеризуються піни на еритритолі, протягом 2 годин зруйнувалось 23 % піни. Різницю в стійкості пін на різних цукрозамінниках можна пояснити різною в'язкістю їх розчинів та різною молекулярною масою. Так, в'язкість розчинів ізомальтиту максимальна, відповідно максимальна стабільність пін, в'язкість розчинів еритритолу мінімальна, отже стійкість пін на еритритолі найменша. В той самий час, протягом 30 хвилин вистоювання, стійкість піни на еритритолі знаходиться на одному рівні зі стійкістю пін на цукрі. Виходячи з наведених досліджень можна зробити висновок щодо доцільності застосування цукрозамінників нового покоління при виробництві бісквітів.



1 – бісквіт на цукрі; 2 – бісквіт на мальтитолі; 3 – бісквіт на еритритолі; 4 – бісквіт на ізомальтитолі; 5 – бісквіт на лактитолі

**Рис. 4 – Пористість бісквітів**

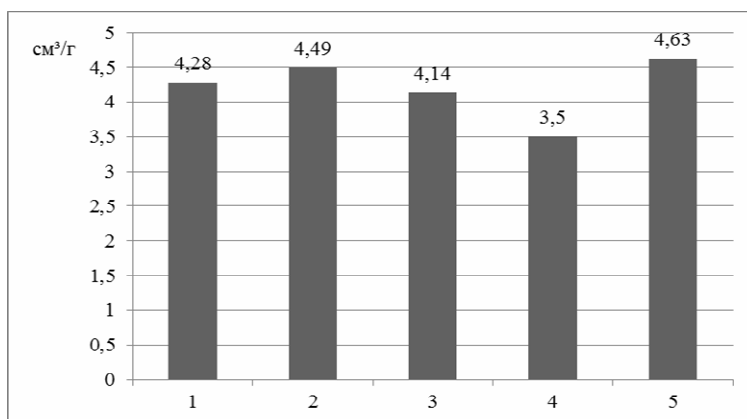
Важливими показниками, які визначають структурні показники бісквітів, є пористість (рис. 4) та питомий об'єм (рис. 5).

Встановлено, що максимальна пористість притаманна зразку на лактитолі, а мінімальна – на еритритолі. Якщо прийняти пористість бісквіта на цукрі, як контрольний зразок за 100 %, то пористість бісквіта на мальтитолі менша на 3,8 %, бісквіта на еритритолі – на 9 %, бісквіта на ізомальтитолі – на 6,4 %, пористість бісквіта на лактитолі більша на 2,6 %.

За даними досліджень можна зробити висновок, що максимальна об'ємна маса характерна для бісквіта на лактитолі, а мінімальна – для бісквіта на ізомальтитолі. Якщо об'ємну масу контрольного зразка на цукрі



прийняти за 100 %, то об'ємна маса бісквіта на мальтитолі становить 105 %, на еритритолі – 97 %, на ізомальтитолі – 82 %, на лактитолі – 108 %.



1 – бісквіт на цукрі; 2 – бісквіт на мальтитолі; 3 – бісквіт на еритритолі;  
4 – бісквіт на ізомальтитолі; 5 – бісквіт на лактитолі

**Рис. 5 – Об'ємна маса бісквітів**

За результатами досліджень можна зробити висновки, що такі цукрозамінники як лактитол, мальтитол доцільно використовувати при виробництві бісквітів за традиційними технологіями.

Піноутворювальна здатність ізомальтитолу нижча ніж в усіх цукрозамінниках, відповідно питомий об'єм бісквітів також. З метою підвищення піноутворювальної здатності та покращення питомого об'єму нами запропоновано при виробництві бісквітів на основі ізомальтитолу використовувати теплий спосіб приготування тіста.

Бісквіти на еритритолі, виготовлені при традиційних технологічних параметрах, мали тверду скоринку, низький питомий об'єм та дуже сильний прохолоджувальний ефект. Тому наші зусилля було спрямовано на пошук сировинних компонентів (цукрозамінників), їх співвідношення з еритритолом, розроблення інших технологічних параметрів виробництва бісквітів, які б дозволили ліквідувати прохолоджувальний ефект та покращити структурні властивості бісквіта.

За результатами досліджень встановлено, що при використанні фруктози в композиції з еритритолом бісквіти мають добрі органолептичні та структурно-механічні властивості. Встановлено, що при зміні параметрів випікання (зниження температури випікання) у бісквітів на еритритолі покращуються структурні показники і вони не мають прохолоджувальний ефект.

За результатами проведених досліджень розроблено рецептурні композиції та технології (технологічні параметри) бісквітів із застосуванням цукрозамінників – лактитолу, ізомальтитолу, мальтитолу, еритритолу.

Бісквіти, виготовлені із застосуванням зазначених цукрозамінників, мають гарні (відповідні) органолептичні показники, за структурними показниками – пористістю, питомим об'ємом – вони наближаються до відповідних показників традиційних бісквітів на цукрі.

**Висновки.** Досліджено в'язкість та поверхневий натяг водних розчинів цукрів (цукру, фруктози) і поліолів (сорбітолу, еритритолу, мальтитолу, ізомальтитолу, лактитолу). Встановлено, що поверхневий натяг поліолів менший, ніж у цукрів. Досліджено вплив цукру/цукрозамінників на кінетику піноутворення та стійкість пін систем з меланжем. Визначено, що піни, утворені при збиванні меланжу з поліолами, характеризуються дещо більшою стійкістю, ніж піни на цукрах. Також досліджено вплив цукру/цукрозамінників на структурні показники (пористість, об'ємну масу) бісквітів. Згідно з результатами досліджень встановлено, що лактитол і мальтитол доцільно використовувати при виробництві бісквітів за традиційними технологіями. Для можливості використання ізомальтитолу та еритритолу при виробництві бісквітів розроблені рецептурні композиції та технологічні параметри.

#### Література

1. Scott W.I. Water relations of *Staphylococcus aureus* at 30°C. – Aust. J. Biol. Sci. – 1953, v. 6. – P. 549-556.
2. Манк В.В. Фізична хімія. / Л.С. Воловик, Є.І. Ковалевська, В.В. Манк та ін. – К.: ІНОКС, Центр навчальної літератури, – 2007. – 196 с.

## ВПЛИВ ПОЛІОЛУ ІЗОМАЛЬТИТОЛУ ТА МОНОСАХАРИДУ ФРУКТОЗИ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МАРШМЕЛОУ У ПРОЦЕСІ ЗБЕРІГАННЯ

Дорохович А.М., д-р техн. наук, професор, Фоменко В.В., канд. хім. наук, доцент,  
Малиновський В.В., ст. викладач, Бадрук В.В., аспірант  
Національний університет харчових технологій, м. Київ

Досліджено властивості поліолу ізомальтитолу з точки зору доцільності та можливості використання при виробництві піноподібного кондитерського виробу маршмелоу дієтичного призначення. Ізомальтитол має значні переваги над сахарозою: нижчу калорійність і глікемічний індекс, виконує роль фізіологічно-функціонального інгредієнта, тому що володіє пребіотичним ефектом. Досліджено властивості маршмелоу при використанні суміші ізомальтитолу та фруктози. Визначено сорбційно-десорбційні властивості нових виробів маршмелоу. Досліджено пружні властивості маршмелоу протягом зберігання.

*Annotatone. Investigated the properties of polyol izomaltitolu in terms of feasibility and possible use in the manufacture of pastry products spumy marshmallow dietary purposes. Izomaltitol has significant advantages over sucrose: a lower caloric content and glycemic index serves as a physiologically functional ingredient because it has a prebiotic effect. Investigated the properties of marshmallow mixture using izomaltitolu and fructose. Definitely sorbtsino-desorption properties of new articles marshmallow. Investigated the elastic properties of marshmallow during storage.*

Ключові слова: цукор, пребіотик, глікемічний індекс, сорбція, десорбція, дифрактограми.

Відмінною особливістю повсякденного способу життя значної кількості людей у промислово розвинених країнах в останні десятиліття стала наявність постійного стресу, помітної переваги і помітного зниження життєвого тону. Одним із наслідків цього є неправильне харчування, пов'язане, зокрема, з надмірним споживанням висококалорійної їжі, солодких продуктів та інших приємних надмірностей, що перебувають у серйозному протиріччі з основним принципом збалансованого харчування, згідно з яким енергетична цінність денного раціону людини повинна суворо відповідати її енергетичним витратам.

Такий дисбаланс знаходить своє віддзеркалення, передусім, у появі надлишкової маси тіла й ожиріння – захворювання, що викликає зростаючу заклопотаність у органів охорони здоров'я багатьох країн світу. Так, за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), близько 1 млрд жителів планети страждає від надлишкової ваги, а триста мільйонів з них від ожиріння.

Варто пам'ятати про інше пов'язане з цим серйозне захворювання — цукровий діабет, що є наслідком надлишкового споживання легко засвоюваних вуглеводів, серед яких на першому місці знаходиться сахароза [1].

Цифри статистики є досить красномовними: за даними Міжнародної федерації діабету (МФД) 2011 року кількість хворих на цукровий діабет у світі досягла рекордної цифри – 366 мільйонів, а у 2030 році становитиме 552 мільйони. Поширеність цукрового діабету в популяції у середньому становить 1–8,6 %, а серед дітей та підлітків – близько 0,1–0,3 %. За даними МФД станом на 01.01.2011 р. в Україні кількість зареєстрованих хворих на цукровий діабет досягла 1 221 300 осіб, що становить 2667,6 на 100 тис. населення. У структурі ендокринних захворювань цукровий діабет посідає друге місце (31,88 %) після патології щитоподібної залози (46,67 %) [2].

Починаючи з II половини XIX століття, таким солодким продуктом природного походження виступала в основному сахароза, яка відрізняється високими смаковими якостями і має велику енергетичну цінність. Не випадково, у зв'язку з цим, що при розробці нових видів речовин, які забезпечують смакові і поживні властивості сахарози часто розглядаються як певний стандарт.

У принципі, пошук речовин природного походження, які можна застосовувати замість сахарози з наданням готовим харчовим продуктам солодкого смаку, а також забезпеченням інших її технологічних функцій, причому за силою солодкості, що не дуже відрізняються від неї, проводився вже давно. Ці речовини прийнято називати цукрозамінниками, на відміну від інших видів речовин, що підсолоджують, міра солодкості яких значно перевищує сахарозу. Речовини, які входять до другої групи, синтезуються, як правило, чисто хімічним шляхом, і їх відносять до класу «інтенсивних підсолоджувачів», що набули до останнього часу практичного поширення. Цукрозамінники за своєю хімічною природою є поліспиртами (поліолами). На сьогоднішній день у світі представлено широкий спектр цукрозамінників (мальти-

тол, еритритол, ізомальтитол, лактитол тощо). Нашу ж увагу привернув цукрозамінник (поліол) природного походження – ізомальтитол.

Ізомальтитол має ряд переваг: не потребує для засвоєння гормону інсуліну, не викликає карієсу зубів. Його використання дозволяє отримати вироби зі зниженою калорійністю. У порівнянні із сахарозою, калорійність якої становить 4,0 ккал/г, ізомальтитол має лише 2,4 ккал/г. Солодкість ізомальтитолу у порівнянні із сахарозою (100 %) становить 55 %, глікемічний індекс – 9 %, тоді як сахарози – 68 %, глюкози – 100 %. Володіє пребіотичними властивостями, тобто сприяє росту і розвитку мікрофлори кишечника, яка в свою чергу пригнічує ріст і розмноження патогенних мікроорганізмів за рахунок зменшення кишкового pH [3, 4].

Проведені нами дослідження кінематичної в'язкості розчинів сахарози та ізомальтитолу показали, що в'язкість розчинів ізомальтитолу дещо більша у порівнянні із розчином сахарози, але незначно (від 9 до 27 % залежно від концентрації та температури). Це вказує на те, що використання ізомальтитолу не потребує суттєвих змін технологічних параметрів при виробництві кондитерських виробів.

Дослідження поверхневого натягу та густини розчинів ізомальтитолу показали, що поверхневий натяг розчинів ізомальтитолу значно менший ніж розчинів сахарози при різних концентраціях (до 14 %). Густина розчинів більша на 0,5–1 %. Все це вказує на доцільність використання ізомальтитолу при виробництві піноподібних кондитерських мас.

Нині на ринку України з'явився новий кондитерський виріб маршмелоу піноподібної структури, який користується великим попитом. У НУХТ розроблена технологія маршмелоу, яка захищена патентом України. Ця технологія дозволяє виробляти маршмелоу на існуючому на багатьох фабриках обладнанні. Згідно з цією технологією при виробництві маршмелоу використовують цукор білий кристалічний (у вигляді цукрової пудри), що обмежує споживання даних виробів людьми, хворими на цукровий діабет.

Метою нашої роботи було розроблення технології маршмелоу з використанням ізомальтитолу, що дозволяє споживати їх всім групам населення, у тому числі і хворим на цукровий діабет.

Проведений комплекс досліджень для визначення впливу ізомальтитолу, при повній заміні ним цукрової пудри, показав, що вироби маршмелоу мають надмірно сильну структуру (це пов'язано із меншою розчинністю ізомальтитолу), що унеможливує процес формування. Отримані результати досліджень на АП 4/2 наведено в таблиці 1.

**Таблиця 1 – Значення структурно-механічних показників зразків маршмелоу**

| Зразок маршмелоу    | Загальна деформація, од. приладу | Пружна деформація, од. приладу | Відносна пластичність, % | Відносна пружність, % | Гранична напруга зсуву, $\text{кг}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{с}^{-2}$ |
|---------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| на цукрі (сахарозі) | 145                              | 18                             | 87,59                    | 12,41                 | 504,37                                                                  |
| на ізомальтитолі    | 99                               | 9                              | 90,91                    | 9,09                  | 1234,20                                                                 |

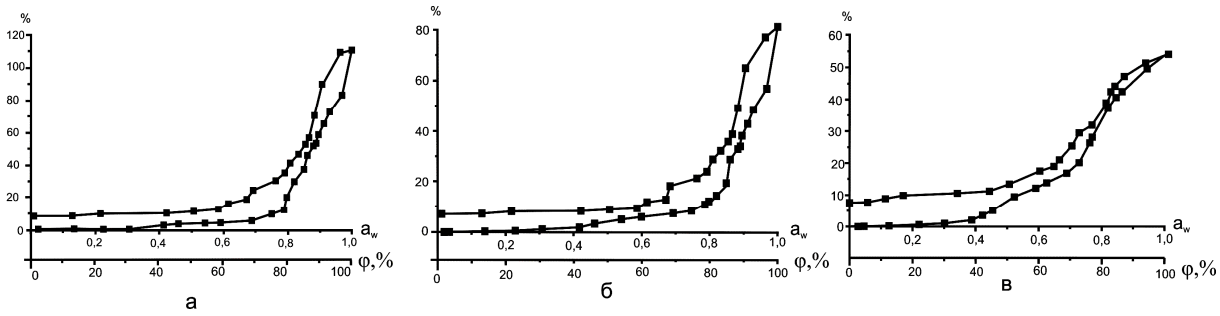
Для уникнення цього негативного фактора було вирішено використовувати при виробництві маршмелоу ізомальтитол у суміші із моносахаридом фруктозою, яка має високу розчинність (78 %) та низький глікемічний індекс (20 %). Шляхом математичного методу оптимізації рецептурного складу було встановлено оптимальне співвідношення основних рецептурних складників: ізомальтитолу, фруктози та желатинової маси – 1:0,43:0,5. Результати досліджень структурно-механічних властивостей маршмелоу на суміші ізомальтитол-фруктоза у порівнянні із контрольним зразком наведено в таблиці 2.

**Таблиця 2 – Значення структурно-механічних показників зразків маршмелоу**

| Зразок маршмелоу             | Загальна деформація, од. приладу | Пружна деформація, од. приладу | Відносна пластичність, % | Відносна пружність, % | Гранична напруга зсуву, $\text{кг}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{с}^{-2}$ |
|------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| на ізомальтитолі та фруктозі | 142                              | 17                             | 88,03                    | 11,97                 | 722,51                                                                  |

Аналіз отриманих результатів показав, що зразок маршмелоу на суміші має структурно-механічні властивості, які фактично наближаються до контрольного зразка.

Маршмелоу у процесі зберігання здатне втрачати вологу. Тому для встановлення поведінки маршмелоу у процесі зберігання було проведено дослідження сорбційно-десорбційних властивостей. Криві сорбції-десорбції наведено на рис 1.



а) – на цукрі білому кристалічному, б) – на ізомальтитолі, в) – на ізомальтитолі та фруктозі

Рис. 1 – Криві сорбції-десорбції зразків маршмелоу

Для аналізу отриманих результатів ізотерми сорбції поділено на три зони: I – низького вологовмісту, II – середнього вологовмісту, III – високого вологовмісту (табл. 3). Перша зона відповідає мономолекулярній адсорбції, друга зона – полімолекулярній адсорбції, третя – капілярній адсорбції.

Таблиця 3 – Вміст води по зонах ізотерм сорбції

| Маршмелоу на основі:       | Вміст води по зонах ізотерм сорбції, % |                               |                                |
|----------------------------|----------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
|                            | I<br>( $a_w = 0 - 0,25$ )              | II<br>( $a_w = 0,26 - 0,75$ ) | III<br>( $a_w = 0,76 - 1,00$ ) |
| цукру білого кристалічного | 0,0 – 0,0                              | 0,0 – 10,0                    | 10,2 – 110,0                   |
| ізомальтитолу              | 0,00 – 0,0                             | 0,0 – 7,0                     | 7,5 – 80,0                     |
| ізомальтитолу та фруктози  | 0,0 – 1,0                              | 2,0 – 20,0                    | 20,6 – 61,0                    |

Маршмелоу на цукрі та ізомальтитолі при  $a_w = 0,25$  не поглинають вологи, а зразок на ізомальтитолі та фруктозі поглинає близько 1 % вологи. Аналіз ізотерм сорбції показав, що всі види маршмелоу у II зоні, тобто зоні полімолекулярної адсорбції, проявляють сорбційні властивості. Згідно з ТУ маршмелоу повинно зберігатися за температури 18–20 °C за відносної вологості 70 – 75 %, що відповідає  $a_w = 0,7 - 0,75$ . Рівноважна вологість маршмелоу при  $a_w = 0,7$  на цукрі дорівнює 8 %, на ізомальтитолі – 6 %, на ізомальтитолі та фруктозі 17 %, при  $a_w = 0,75$  відповідно, %: 10, 7 та 20. Вологість маршмелоу згідно з розробленою рецептурою дорівнює  $18,5 \pm 1$  %, таким чином, маршмелоу на ізомальтитолі, як і на цукрі, буде інтенсивно втрачати вологу при зберіганні й усихати. Зразок на суміші ізомальтитолу та фруктози має рівноважну вологість, наближену до вологості самого виробу, і тому процес усихання буде уповільнюватися.

Оскільки криві сорбції-десорбції дають можливість тільки моделювати та прогнозувати ті процеси, що відбуваються протягом зберігання, було цікавим дослідити справжню поведінку виробів. Для цього було проведено дослідження щодо визначення зміни пружних властивостей зразків маршмелоу протягом зберігання в неупакованому та упакованому вигляді. Отримані результати досліджень представлені на рисунках 3 та 4.

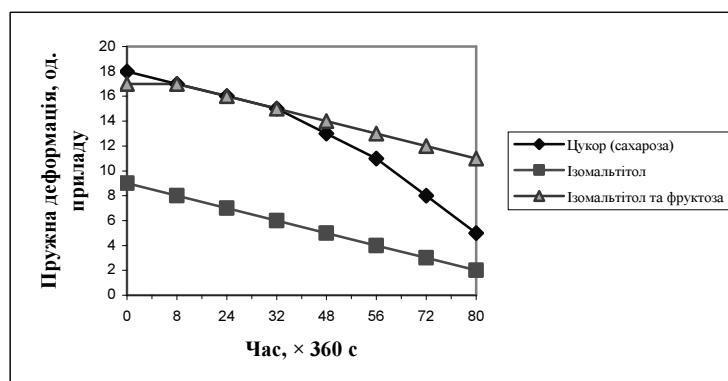


Рис. 3 – Зміна пружної деформації зразків маршмелоу у не упакованому вигляді

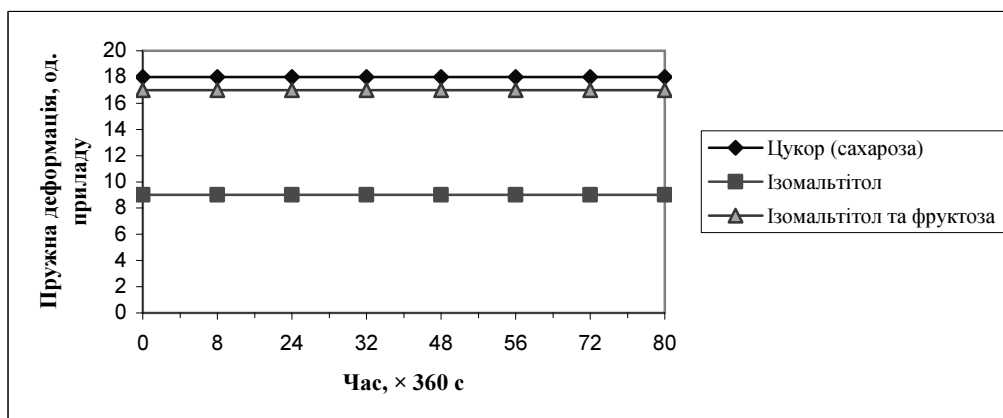


Рис. 4 – Зміна пружної деформації зразків маршмелу в упакованому вигляді

Аналіз отриманих даних показав, що маршмелу в неупакованому вигляді протягом 3-х діб втрачає свої пружні властивості на, %: цукрі – 72, ізомальтитолі – 88, ізомальтитолі та фруктозі – 35. В упакованому вигляді втрати пружних властивостей протягом 3-х діб не відбуваються.

Оскільки термін зберігання маршмелу становить 90 діб, було проведено дослідження щодо визначення зміни пружних властивостей виробів протягом 98 діб. Отримані результати досліджень представлено на рисунку 5.

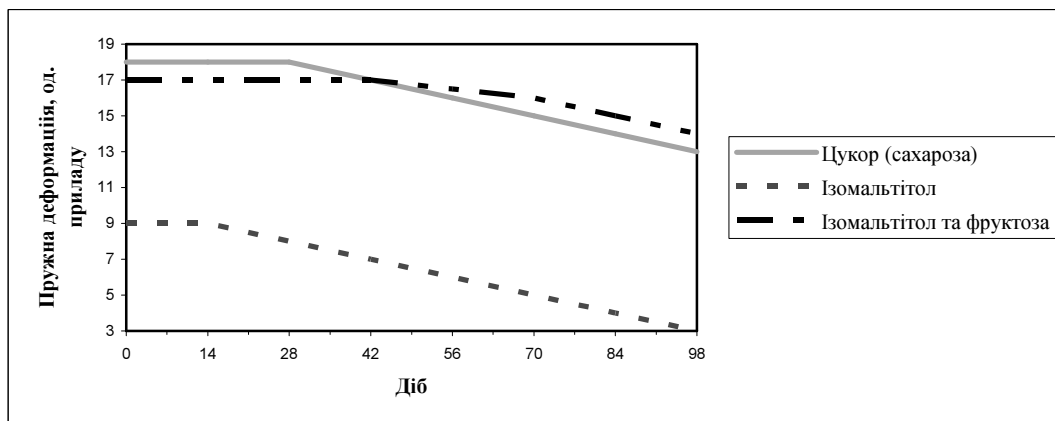


Рис. 5 – Зміна пружної деформації зразків маршмелу в упакованому вигляді

Аналіз отриманих даних показав, що на 98 добу втрати пружних властивостей у зразках маршмелу становлять, %: на цукрі – 28, на ізомальтитолі – 35, на ізомальтитолі та фруктозі – 18.

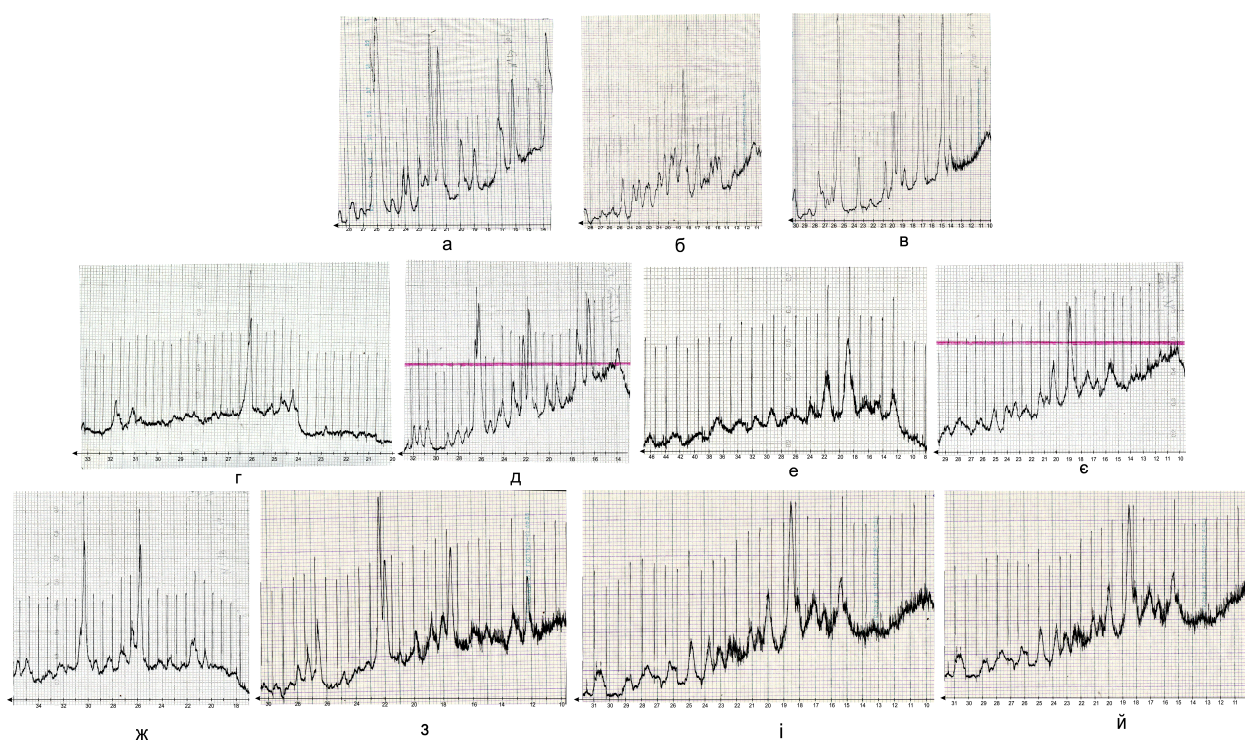
Таким чином, запропоноване оптимальне співвідношення у суміші ізомальтитолу та фруктози забезпечує зберігання необхідних пружних властивостей за рахунок уповільнення процесу усування.

Основною сировиною у маршмелу є цукрова пудра або пудра цукрозамінників, які здійснюють значний вплив на процеси кристалізації (усихання). Для визначення цього впливу у виробках маршмелу, підданих пакуванню, у порівнянні з неупакованими, було проведено дослідження на дифрактометрі Дрон-3,0. Досліджували саму сировину (цукор білий кристалічний, ізомальтитол, фруктозу), зразки маршмелу на цукрі (сахарозі) та на суміші ізомальтитолу та фруктози. Отримані дифрактограми наведено на рисунку 6.

Аналіз дифрактограми (рис. 6 а) показує яскраво виражену кристалічну структуру цукрової пудри, про що свідчать характерні для кристалічної структури піки.

На дифрактограмі свіжих маршмелу (рис. 6 г) спостерігаються піки, які свідчать про кристалічність структури свіжого маршмелу. Піки аналогічно співпадають з піками на дифрактограмі цукрової пудри (рис. 6 а), але відмічено, що ці піки меншої інтенсивності, що свідчить про часткове розчинення цукрової пудри у процесі приготування піноподібної маси маршмелу.

Піки на дифрактограмі виробу після зберігання в неупакованому вигляді протягом 3 діб (рис. 6 д) також співпадають з піками на дифрактограмі цукрової пудри, але вони більшої інтенсивності. Це свідчить про те, що у процесі видалення вологи з виробів при зберіганні відбувається часткова перекристалізація сахарози, що призводить до утворення кристалів цукрової пудри більшого розміру.



а) – цукор; б) – ізомальтитол; в) – фруктоза; г) – маршмеллоу на цукрі свіжовиготовлене; д) – маршмеллоу на цукрі в неупакованому вигляді протягом 3 діб зберігання; е) – маршмеллоу на ізомальтитолі та фруктозі свіжовиготовлене; ж) – маршмеллоу на ізомальтитолі та фруктозі в неупакованому вигляді протягом 3 діб зберігання; з) – маршмеллоу на цукрі в упакованому вигляді протягом 30 діб; і) – маршмеллоу на ізомальтитолі та фруктозі в упакованому вигляді протягом 30 діб зберігання; й) – маршмеллоу на ізомальтитолі та фруктозі в упакованому вигляді протягом 90 діб

**Рис. 6 – Дифрактограми**

У зразках на суміші ізомальтитолу та фруктози (рис. 6 е) спостерігаються піки, які свідчать про кристалічність структури свіжого маршмеллоу. Піки аналогічно співпадають з піками на дифрактограмі ізомальтитолу та фруктози (рис. 6 б, в), проте меншої інтенсивності за рахунок часткового розчинення кристалів ізомальтитолу та фруктози. Якщо порівняти дифрактограми виробів на суміші ізомальтитолу та фруктози із дифрактограмами маршмеллоу на цукровій пудрі, можна побачити, що вироби на суміші мають менш інтенсивні піки. Це говорить про те, що додавання гігроскопічної фруктози уповільнює процеси кристалізації, а отже, і процеси усихання. При порівнянні дифрактограм маршмеллоу, які були упаковані (рис. 6 ж, з, і, й) з неупакованими інтенсивність піків менша, що говорить про те, що процеси усихання, при пакуванні виробів маршмеллоу у вологонепроникну тару, уповільнюються.

#### **Висновки**

1. Розглянуто та досліджено основні властивості цукрозамінника (поліолу) ізомальтитолу. Досліджено основні структурно-механічні властивості виробів маршмеллоу на ізомальтитолі, які показали, що його використання робить структуру дуже міцною, що ускладнює процес формування, тому доцільно використовувати у суміші із моносахаридом фруктозою. Математичним шляхом оптимізації рецептурного складу було запропоновано оптимальне співвідношення ізомальтитолу та фруктози, яке становить 1:0,43.

2. Досліджено сорбційно-десорбційні властивості маршмеллоу на цукрі білому кристалічному, ізомальтитолі та суміші ізомальтитол-фруктоза, які показали, що додавання фруктози сприяє утриманню процесів усихання.

3. Досліджено зміни пружних властивостей зразків маршмеллоу протягом зберігання в неупакованому та упакованому вигляді. Проведено дифрактографічні дослідження, які показали, що додавання фруктози та пакування виробів маршмеллоу забезпечує збереження органолептичних та структурно-механічних властивостей виробів.

## Література

1. Корпачева-Зинич Л.В., Черная Ю.А. Экстракты стевии сахарозаменители с лечебными свойствами. – К.: ООО «Стевиясан», 2010. – 72 с.
2. Ларін О.С., Паньків В.І., Селівненко М.І., Грачова О.О. Аналіз діяльності ендокринологічної служби України у 2010 році та перспективи розвитку медичної допомоги хворим з ендокринною патологією // Міжнародний ендокринологічний журнал. – 2011. – № 3 (35). – С. 10 – 19.
3. Полубрик М.О. Вуглеводи в харчових продуктах і здоров'я людини. – К.: Академперіодика, 2011. – 487 с.
4. Дорохович В.В. Сахарозаменители нового поколения и их использование при производстве диетических кондитерских изделий // Продукты и ингредиенты. – 2006. – №4. – С. 18 – 20.

УДК 664.64.016:664.664.4

## ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ТА ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ МАФФІНІВ

Самохвалова О.В., канд. техн. наук, доцент, Олійник С.Г., канд. техн. наук, доцент,  
Касабова К.Р., аспірант

Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків

*Розглянуто проблему збагачення маффінів фізіологічно функціональними інгредієнтами. Доведено можливість використання добавки «Шрот зародків пшениці харчовий» у технології маффінів функціонального призначення. Установлено, що ця добавка сприяє підвищенню харчової цінності готових виробів, а також покращенню органолептичних та фізико-хімічних показників їх якості.*

*The problem of muffins enrichment with physiologically functional ingredients is considered in the article. The possibility of using an additive "Alimentary oil-cake from wheat germ" in the technology of functional muffins is proved. It is determined that this additive assists in raising nutritive value of ready products as well as improves organoleptic and physical-chemical quality indices.*

Ключові слова: борошняні кондитерські вироби, маффіни, харчові волокна, «Шрот зародків пшениці харчовий».

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Маффіни, будучи новим для українського ринку видом борошняних кондитерських виробів, мають значний попит у споживачів. Збільшення обсягів виготовлення цієї продукції пов'язано з використанням імпортованих композитних сумішей, що спрощує їх технологію, проте не сприяє отриманню продукції з високою харчовою цінністю. Хоча вони мають привабливий зовнішній вигляд і відмінні смакові якості, проте, на жаль, характеризуються високою енергетичною і низькою харчовою цінністю.

Споживання такої продукції може порушувати збалансованість раціонів харчування як за основними харчовими речовинами, так і за енергоємністю. Для того, щоб знизити енергетичну та підвищити харчову цінність борошняних кондитерських виробів, необхідне коригування їх нутрієнтного складу шляхом зменшення вмісту таких компонентів, як цукор і жир, та збільшення фізіологічно функціональних інгредієнтів, насамперед харчових волокон, при забезпеченні високої якості готової продукції. На наш погляд, маффіни можуть бути базовим об'єктом для створення борошняної продукції функціонального спрямування, оскільки традиційно містять порівняно з іншими борошняними кондитерськими виробами відносно невелику кількість (% до маси готового виробу) цукру – 24,0...31,0 та жиру – 14,0...23,0 і мають невелику масу – 60,0...80,0 г. Вирішення цих завдань сприятиме розширенню асортименту маффінів функціонального призначення та підвищенню їх якості.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз літературних джерел показує, що в промислово розвинених країнах споживання високомолекулярних вуглеводів (рослинних харчових волокон), які включають комплекс полісахаридів – целюлозу, геміцелюлози, пектинові речовини, лігнін, знизилася в 3...4 рази порівняно з тією кількістю, яку люди отримували з їжею 100 років тому [1].

За результатами досліджень інституту харчування Національної академії наук України [2] внаслідок неправильного харчування у значної частини населення розвинених країн, включаючи й молоде покоління, установлені значні порушення харчового раціону: надмірне споживання тваринних жирів; дефіцит поліненасичених жирних кислот; дефіцит окремих повноцінних (тваринних) жирів; більшості вітамінів; мінеральних речовин – кальцію, заліза; мікроелементів – йоду, фтору, селену, цинку; харчових волокон. Це насамперед призводить до передчасного старіння організму, порушення діяльності серцево-судинної системи та шлунково-кишкового тракту тощо.



Вирішенням означених проблем в Україні займаються окремі науково-дослідні установи та спеціалізовані ВНЗ [3; 4]. Запровадження інноваційних розробок регламентується відповідними програмами та концепціями уряду України: «Здорова нація», Концепція поліпшення продовольчого забезпечення та якості харчування населення тощо.

Особливий інтерес викликають способи підвищення харчової цінності борошняних кондитерських виробів, які передбачають використання побічних продуктів борошномельного виробництва, а саме – зародків пшениці. У процесі їх комплексної переробки на КП «Білоцерківхлібпродукт» (Україна) отримують низку біологічно активних добавок: «Олія із зародків пшениці», «Глюкорн-100», дієтична добавка «Шрот зародків пшениці харчовий» (далі – шрот), що є джерелами білка, харчових волокон, вітамінів та мінеральних речовин. Особливу увагу як збагачувальна добавка привертає до себе шрот зародків пшениці, який містить низку фізіологічно функціональних інгредієнтів природного походження (%): білка – 43,0, целюлози – 12,1, геміцелюлози – 11,2, пектинових речовин – 1,0, лігніну – 3,0. Водночас він є джерелом значної кількості вітамінів (мг/100 г): Е – 29,4, В<sub>1</sub> – 0,175, В<sub>2</sub> – 0,865, В<sub>6</sub> – 0,37, РР – 0,58, каротиноїдів – 2,1. Мінеральні речовини збагачувальної добавки представлені кальцієм, залізом, калієм, магнієм [5].

Фахівцями кафедри «Технології хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів» ХДУХТ запропоновано використання дієтичної добавки «Шрот зародків пшениці харчовий» для виготовлення хліба і хлібобулочних виробів підвищеної харчової цінності [6]. На сьогодні відомостей у літературних джерелах щодо застосування шроту зародків пшениці у виробництві борошняних кондитерських виробів, зокрема маффінів, не знайдено.

**Мета та завдання статті** – дослідити можливість використання шроту зародків пшениці в технології маффінів і визначити його вплив на органолептичні, фізико-хімічні показники якості та харчову цінність готової продукції.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Об'єктом дослідження є технологія маффінів із використанням шроту зародків пшениці. Показники якості досліджуваної добавки відповідали вимогам ТУ У 20608169.002-99 [7]. Шрот вносили в сухому вигляді, замінюючи ним 25,0; 50,0; 75,0 %, а також 100,0 % пшеничного борошна. Рецептурна кількість цукру в маффінах з добавкою зменшена на 30,0 %. Для поліпшення структурно-механічних властивостей маффінів використовували мікробний полісахарид ксампан за ТУ 84-13-152-90. Препарат додавали до сухих компонентів у кількості 0,3 % до маси добавки. Сировина, що використовувалася в дослідженнях, відповідала вимогам чинної нормативної документації.

За контрольний зразок було обрано маффіни, виготовлені за розробленою нами технологією без добавки [8]. Фізико-хімічні (вологість, лужність, питомий об'єм, масові частки загального цукру та жиру) та органолептичні показники якості (зовнішній вигляд, колір та стан м'якушки, запах, смак) маффінів визначали за загальноприйнятими методиками.

Внесення збагачувальних добавок, які підвищують харчову та біологічну цінність продукції, не завжди позитивно позначається на якості готових виробів. Тому нами досліджено органолептичні та фізико-хімічні показники якості маффінів із додаванням шроту зародків пшениці. Результати вивчення органолептичних показників якості виробів із додаванням досліджуваної добавки наведено в табл. 1.

**Таблиця 1 – Органолептичні показники якості маффінів із додаванням шроту зародків пшениці**

| Показник         | Контроль<br>(без добавки)                       | Характеристика показників зразків маффінів із додаванням шроту, % заміни борошна пшеничного |      |                                                               |       |
|------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------------------------------------|-------|
|                  |                                                 | 25,0                                                                                        | 50,0 | 75,0                                                          | 100,0 |
| Зовнішній вигляд | Форма правильна, із тріщинами                   |                                                                                             |      |                                                               |       |
| Колір            | Скоринки – золотистий, м'якушки – світло-жовтий | Скоринки – золотистий, м'якушки – жовтий                                                    |      | Скоринки – світло-коричневий, м'якушки – золотаво-коричневий  |       |
| Смак             | Приємний, солодкий, без сторонніх присмаків     | Приємний, наповнений, із відчутним горіховим присмаком                                      |      | Приємний, наповнений, з яскраво вираженим горіховим присмаком |       |
| Запах            | Властивий виробам                               | Приємний, із горіховим ароматом                                                             |      | Приємний, з яскраво вираженим горіховим ароматом              |       |
| Стан м'якушки    | М'яка, добре розпушена                          |                                                                                             |      |                                                               |       |



Як видно з таблиці 1, внесення дослідної добавки не погіршує її органолептичних показників якості. Додавання шроту зародків пшениці в кількості 25,0...50,0 % із заміною маси борошна надає виробам приємного ледве відчутного присмаку та запаху, а також сприяє більшій забарвленості скоринки та м'якушки. За умов 75-відсоткової та повної заміни в рецептурі борошна пшеничного на шрот виробу мають світло-коричневий насичений колір, приємний горіховий смак та аромат. Слід зазначити, що наявність тріщин на поверхні виробів не є недоліком, а є типовою ознакою їх зовнішнього вигляду.

Результати визначення фізико-хімічних показників готових виробів наведено в табл. 2. Установлено, що в разі внесення добавки в кількості 25,0...100,0 % вологість виробів збільшується на 0,7...1,7 % порівняно з контрольним зразком, що пов'язано зі значною водопоглинальною здатністю таких біополімерів шроту, як геміцелюлози, пектинові речовини й целюлоза. Питомий об'єм виробів у разі додавання добавки в кількості 25,0...50,0 % не змінюється порівняно з контрольним зразком (без добавки), а в разі заміни 75,0...100,0 % борошна добавкою – зростає на 3,8 %. Лужність виробів зі збільшенням кількості добавки зменшується на 20,0...80,0 %. Це можна пояснити значною кислотністю добавки (6,0 град).

**Таблиця 2 – Фізико-хімічні показники якості маффінів із додаванням шроту зародків пшениці**

| Показник                                                           | Контроль<br>(без добавки) | Характеристика показників зразків маффінів<br>із додаванням шроту, % заміни борошна пшеничного |           |           |           |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
|                                                                    |                           | 25,0                                                                                           | 50,0      | 75,0      | 100,0     |
| Вологість, %                                                       | 29,3±0,5                  | 29,5±0,5                                                                                       | 29,6±0,5  | 29,7±0,5  | 29,8±0,5  |
| Питомий об'єм, см <sup>3</sup> /г                                  | 2,5±0,05                  | 2,5±0,05                                                                                       | 2,5±0,05  | 2,6±0,05  | 2,6±0,05  |
| Лужність, град                                                     | 1,80±0,05                 | 1,60±0,04                                                                                      | 1,40±0,04 | 1,20±0,03 | 1,00±0,02 |
| Масова частка загального цукру (у перерахунку на суху речовину), % | 31,1±0,9                  | 27,9±0,8                                                                                       | 28,4±0,8  | 29,0±0,9  | 29,6±0,9  |
| Масова частка жиру (у перерахунку на суху речовину), %             | 23,2±1,0                  | 23,2±1,0                                                                                       | 23,2±1,0  | 23,2±1,0  | 23,2±1,0  |

Масова частка цукру в усіх дослідних зразках менша, ніж у контролю (за рахунок зниженої рецептурної кількості цукру). Проте зі збільшенням вмісту шроту у виробі частка цукру зростає, що пов'язано з наявністю в добавці власних вуглеводів. Масова частка жиру в усіх зразках однакова. Таким чином, додавання добавки не погіршує органолептичних та фізико-хімічних показників якості виробів.

Визначення харчової цінності маффінів із дослідною добавкою подано в табл. 3.

**Таблиця 3 – Харчова цінність маффінів із додаванням шроту зародків пшениці**

| Показник                                 | Контроль<br>(без добавки) | Характеристика показників зразків маффінів<br>із додаванням шроту, % заміни борошна пшеничного |               |               |                |
|------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|----------------|
|                                          |                           | 25,0                                                                                           | 50,0          | 75,0          | 100,0          |
| Білки, г                                 | 5,18                      | 5,72                                                                                           | 9,43          | 12,70         | 16,92          |
| Жири, г                                  | 15,01                     | 14,94                                                                                          | 14,87         | 14,80         | 14,73          |
| Вуглеводи, г,<br>у т. ч. харчові волокна | 52,77<br>–                | 25,74<br>3,74                                                                                  | 29,63<br>6,20 | 33,95<br>8,71 | 38,45<br>11,20 |
| Енергетична цінність, ккал               | 386,85                    | 270,66                                                                                         | 299,59        | 335,29        | 369,09         |

Додавання шроту зародків пшениці до рецептури маффінів у кількості 25,0...50,0 % дозволяє збільшити вміст білків у 1,1...1,8 раз, а 75,0...100,0 % – у 2,4...3,2 раз порівняно з контрольним зразком. Збільшення вмісту шроту з 25,0 до 100,0 % сприяє зменшенню вмісту жиру відповідно на 0,47...1,9 % порівняно зі зразком без добавки. При цьому у виробі знижується загальна кількість вуглеводів і збільшується кількість харчових волокон. Так, у разі заміни борошна добавкою в кількості 25,0 % спостерігається зменшення вуглеводів (%) на 51,0; 50,0 – 43,8; 75,0 – 35,6; 100,0 – 27,1 порівняно з контролем. Вироби з добавкою характеризуються зниженням енергетичної цінності порівняно з контролем. Так, у разі дода-

вання 25,0...50,0 % шроту вона знижується на 30,0...22,6 %, а за умови додавання 75,0...100,0 % дещо менше – на 13,3...4,6 % відповідно.

Незначне зниження енергетичної цінності маффінів із повною заміною борошна пшеничного пов'язано зі збільшенням майже в 3 рази кількості білка, але при цьому спостерігається значне зниження кількості легкозасвоюваних вуглеводів. Крім того, новий вид маффінів містить вітаміни E, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, PP, каротиноїди, а також мінеральні речовини – кальцій, залізо, калій, магній.

Слід зазначити, що серед усіх фізіологічно функціональних інгредієнтів, якими збагачуються маффіни за умови використання шроту, найбільше зростає вміст харчових волокон, частка яких у досліджуваних виробках є найбільш вагомим. У табл. 4 наведено відомості щодо ступеня задоволення добової потреби людини в харчових волокнах у разі споживання 100 г виробів. Видно, що споживання цих виробів із додаванням шроту зародків пшениці в дослідному інтервалі кількостей може задовольнити добову потребу на 14,96...44,80 %.

Важливо відзначити, що маффіни з повною заміною пшеничного борошна не містять пшеничний глютен, отже, вони можуть бути рекомендовані для людей, хворих на целиацію.

**Таблиця 4 – Ступінь задоволення потреб у харчових волокнах у разі споживання маффінів із шротом зародків пшениці**

| Показник | Контроль<br>(без добавки) | Характеристика показників зразків маффінів із додаванням шроту,<br>% заміни борошна пшеничного |         |         |         |
|----------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
|          |                           | 25,0                                                                                           | 50,0    | 75,0    | 100,0   |
| ХВ, г    | 0,0                       | 3,74                                                                                           | 6,23    | 8,71    | 11,20   |
| ДП, %    | 0,0                       | 14,96 %                                                                                        | 24,92 % | 34,84 % | 44,80 % |

**Висновки.** Таким чином, додавання дієтичної добавки «Шрот зародків пшениці харчовий» дозволяє отримати маффіни з високими органолептичними та фізико-хімічними показниками якості та підвищеною харчовою цінністю. Розроблені вироби характеризуються високим вмістом харчових волокон, вітамінів, мінеральних речовин та зниженою енергетичною цінністю і можуть розглядатися як продукт функціонального призначення. Вироби з повним виключенням пшеничного борошна з рецептури можуть бути рекомендовані для дієтичного харчування в безглютенних раціонах (для харчування людей, організм яких не засвоює пшеничний глютен).

#### Література

1. Функциональные пищевые продукты. Введение в технологию / А.Ф. Доронин [и др.] ; под ред. А.А. Кочетковой. – М.: ДеЛипринт, 2009. – 288 с.
2. Біофортificaція та функціональні продукти на основі рослинної сировини на 2012-2016 роки: (концепція державної науково-технічної програми). – К., 2011. – 11 с.
3. Дорохович А.Н. Маффин – новый вид мучных кондитерских изделий на рынке Украины / А.Н. Дорохович, Н.П. Лиман // Продукты и ингредиенты. 2009. – № 10. – С. 12–13.
4. Козак В.М. Нові види борошняних кондитерських виробів в Україні / В.М. Козак // Хранение и переработка зерна. 2011. – № 1. – С. 54–55.
5. Козловський В.С. Биологически активные добавки из зародышей пшеницы / В.С. Козловський // Хранение и переработка зерна. 2005. – № 1. – С. 36–38.
6. Використання дієтичної добавки «Шрот зародків пшениці харчовий» для підвищення харчової цінності пшеничного хліба / О.І. Кравченко [та ін.] // Наукові праці. – О., ОНАХТ, 2010. – Вип. 38, Т. 1. – С. 195–200.
7. ТУ У 20608169.002-99. Добавка дієтична «Шрот зародків пшениці харчовий». Технічні умови. – Зміна № 3; чинний від 24.06.2009. – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 13 с.
8. Пат. № 71917 Україна, МПК А23G 3/00. Склад маффінів / Касабова К.Р., Самохвалова О.В.; заявник і патентовласник ХДУХТ. – № u201201988; заявл. 21.02. 12; опубл. 25.07. 12; Бюл. № 14. – 4 с.

## ВИЗНАЧЕННЯ АДГЕЗІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТІСТА БЕЗГЛЮТЕНОВИХ МАФФІНІВ

Лазоренко Н.П., канд. техн. наук, асистент, Омелянченко І.С. магістрант  
Національний університет харчових технологій, м. Київ

*У статті наведено дослідження щодо визначення впливу безглютенового (гречаного, амарантового) борошна на адгезійні властивості тіста маффінів. Аналіз досліджень показав, що на адгезію безглютенового тіста в більшій мірі впливає його температура, тривалість контакту, швидкість відриву, а також температура субстрату.*

*This article presents the researches to determine the effect of gluten-free (buckwheat, amaranth) flour on the adhesive properties of the pastry muffin. Test researches have shown that the adhesion of gluten-free pastry largely affects the temperature, the duration of contact separation speed and the temperature of the substrate.*

Ключові слова: безглютенові маффіни, борошно амаранта, гречане борошно, адгезійна міцність.

У нашій країні люди все більше починають піклуватися про своє здоров'я. Ресторанна галузь також розвивається швидкими темпами, дбає про здоров'я своїх відвідувачів і в якості функціонального харчування може запропонувати їм дієтичні вироби. Одним із напрямків розробки продуктів здорового харчування є створення технологій і нових видів кондитерських виробів на основі безглютенової сировини для всіх верств населення, а також для хворих на целиацію. На сьогодні у числі найпоширеніших захворювань кишечника є целиація. За статистикою кожен сотий житель світу хворий на цю хворобу [1]. Широка розповсюдженість і довічна безглютенова дієта, в якості лікування і профілактики, перетворили целиацію в проблему медико-соціальну, а для багатьох розвинутих країн вона стала національною [2]. У зв'язку з цим виникає необхідність розробити технології та нові види борошняних кондитерських виробів для хворих на целиацію на основі безглютенового борошна.

Сьогодні в Україні великою популярністю стало виробництво маффінів у кафе, ресторанах, пекарнях при магазині на основі традиційної сировини. Маффін – маленька кругла або овальна випічка, переважно солодка, до складу якої входять різноманітні фрукти або начинки. Існує два типи маффінів: англійські та американські. Для виготовлення англійських маффінів використовують дріжджове тісто, а для американських у тісто кладуть розпушувач або харчову соду [3].

Завдяки своїй багатогранності цей нетрадиційний продукт став дуже популярний серед пекарів і споживачів, як в усьому світі, так і в Україні. В основному їх виготовляють на основі спеціальних сумішей для виробництва маффінів. Ці суміші покращують структуру готового продукту, насичують його ароматом і надають певного смаку. В НУХТ на кафедрі технології хлібопекарських і кондитерських виробництв було розроблено інноваційну технологію маффінів без використання спеціальних сумішей на основі глютенного (пшеничного) та безглютенового борошна (рисового, гречаного, кукурудзяного) [4]. Але такі вироби характеризуються не високими поживними властивостями, що є недоліком для цих дієтичних продуктів. Покращити хімічний склад виробів, збагативши їх есенціальними речовинами та білком, а також розширити асортимент даної групи виробів можливо за рахунок використання борошна амаранта, отриманого із нетрадиційної рослинної сировини – амаранта, що й стало метою наших досліджень.

Амарантове борошно є джерелом повноцінного та легкозасвоюваного білка, а за вмістом таких амінокислот, як лізин, аргінін, метіонін, триптофан, перевершує зернові та бобові культури. Ліпіди амарантового борошна відрізняються високим вмістом токоферолів з антиокиснювальним ефектом. Завдяки особливому амінокислотному складу воно добре доповнює гречане борошно. При спільному використанні гречаного борошна і борошна амаранта у виробництві безглютенових маффінів з'являється можливість не тільки збалансувати вміст амінокислот, а і ввести додатково до складу виробів інші життєво важливі компоненти. Крім зниження дефіциту есенціальних компонентів у готових виробах, борошно амаранта може впливати на хід технологічних процесів. Обґрунтування використання борошна амаранта у виробництві безглютенових маффінів, внаслідок введення в тісто додаткових речовин, потребує детального вивчення технологічних параметрів і режимів приготування тіста, визначення його реологічних властивостей, встановлення взаємозв'язку вологості тіста і швидкості його приготування, визначення органолептичних та фізико-хімічних показників виробів.

Одним із головних етапів приготування маффінів є процес утворення коагуляційної структури тіста з відповідними структурно-механічними властивостями. Замішування тіста – складний процес, в якому механічні дії супроводжуються фізико-хімічними змінами основних компонентів борошна – білків і крохмалю.

Кожний із сировинних інгредієнтів, які утворюють в комплексі складну систему тіста, відіграють визначну роль у процесі тістоутворення, але найбільшого значення надає основна сировина – борошно, цукор білий кристалічний і рослинна олія. Хід технологічного процесу приготування маффінів і якість готових виробів залежать від кількості основної та допоміжної сировини рецептури, тому що кожен вид сировини несе в собі певні функціональні властивості та позитивно впливає на якість готових виробів.

Формуванню належних якісних характеристик тістових мас передують ряд факторів, визначним з яких є процес взаємодії жирів із складовими компонентами борошна. Для отримання маффінів з визначеною структурою використовували рослинну олію. Механізм цього процесу під час замісу визначається вмістом білка у борошні, температурою процесу, вологістю системи, інтенсивністю і тривалістю збивання, кількістю і складом внесених жирів та в кінцевому рахунку утворенням складних комплексів, хімічний склад і властивості яких визначають фізичний стан тіста. Як відомо, дисперсність жиру дуже впливає на якість тіста. Рослинна олія збирається в тісті у вигляді крупних крапельок або кульок, обкутуючи білки борошна і тим самим запобігаючи проникненню води всередину білків борошна, внаслідок чого зменшується набухання білків борошна, в процесі збивання з цукром не захоплюють повітря, що призводить до підвищення густини тіста. Використання картопляного крохмалю і камедей рослинного походження для приготування маффінів дозволяє отримати вироби хорошої якості із гречаного та амарантового борошна, яке не здатне утворювати клейковину. Використання камеді ксантану, сприяє розширенню сировинної бази для виготовлення безглютенових виробів. Ця добавка є досить доступною та дешевою сировиною, яка набуває все більшого використання у різних галузях харчової промисловості.

Процеси механічної обробки сировини для виготовлення тіста маффінів ґрунтуються на її контактній взаємодії з поверхнею деталей обладнання. Поверхневі властивості продукту на різних стадіях виробничого процесу можуть відігравати як позитивну, так і негативну роль. Протягом усього процесу приготування тіста та готових маффінів спостерігається прилипання (адгезія) напівфабрикатів до робочих поверхонь. Оптимальна величина липкості сприяє деяким процесам механічної обробки, а надлишкова – перешкоджає формуванню тістових заготовок та інших прийомів обробки [5].

Величину адгезії двох тіл прийнято характеризувати силою відриву віднесеної до одиниці площі, за проміжок часу, необхідного для порушення зв'язку між субстратом і адгезивом під дією певного навантаження. Часто адгезію характеризують мінімальною силою, необхідною для відриву. Цю величину називають адгезійною міцністю, адгезійним тиском (напругою), тиском прилипання або питомим прилипанням [6].

Тісто є структурованою системою, реологічні властивості якого змінюються в широкому діапазоні. Адгезія тіста як структурованої системи залежить від властивостей борошна, технології приготування тіста, інтенсивності та тривалості замісу, вологості тіста, наявності добавок [7]. Компоненти борошняного тіста – білки, крохмаль, жири – гідролізуються відповідними ферментами. Цей процес супроводжується пластифікацією структури, що знаходить відображення у величині модуля зсуву й в'язкості. Найважливіші складники борошна – білки – впливають на адгезію тіста. Гідратовані білки клейковини мають високу пружність та еластичність. Безглютенове борошно характеризується відсутністю гліадинової та глютеїнової білкових фракцій, які здатні утворювати губчато-сітчасту структурну основу тіста.

Аналізуючи технологію маффінів, які можуть споживати хворі на целиацію, потрібно зазначити, що механізм утворення тіста на безглютеновому борошні буде відрізнятися від утворення тіста на глютені-вому борошні, оскільки білки безглютенового борошна не утворюють пружно-еластичний каркас, який притаманний клейковинним білкам глютені-вого борошна. Використання безглютенового борошна вимагає збільшення тривалості замісу тіста. Це обумовлено тим, що в'язкість тіста на безглютеновому борошні більша ніж в'язкість тіста на пшеничному борошні за рахунок різної водопоглинальної здатності борошна. Внаслідок цього виникає необхідність визначити вплив безглютенового (гречаного, амарантового) борошна на адгезійні властивості тіста маффінів, оскільки зниження втрат тіста за рахунок адгезії на всіх стадіях технологічного процесу при виготовленні борошняних кондитерських виробів сприяє підвищенню виходу готових виробів. Для дослідження було обрано рецептурні композиції, які наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Рецептурні композиції досліджуваних тістових моделей, %

| Найменування сировини   | Модель 1 | Модель 2 | Модель 3 |
|-------------------------|----------|----------|----------|
| Борошно пшеничне в/с    | 100,0    |          |          |
| Борошно гречане         |          | 80,0     | 60,0     |
| Борошно амарантове      |          | —        | 16,0     |
| Какао-порошок           | 7,0      | 7,0      | 7,0      |
| Цукор білий             | 65,0     | 50,0     | 50,0     |
| Крохмаль картопляний    |          | 20,0     | 20,0     |
| Рослинна олія           | 36,5     | 30,0     | 30,0     |
| Меланж                  | 42,0     | 45,0     | 45,0     |
| Емульгатор Е 471        | 1,0      | 1,0      | 1,0      |
| Лецитин соняшниковий    |          | 1,0      | 1,0      |
| Сода харчова            | 1,0      | 1,0      | 1,0      |
| Пірофосфат натрію 28/40 | 1,15     | 1,2/0,8  | 1,2/0,8  |
| Камедь ксантану         |          | 0,04     | 0,04     |

Приготування тіста проводили таким чином. Спочатку з'єднали в одній ємності безглютенове борошно, крохмаль, цукор білий, какао порошок, емульгатор, лецитин, розпушувачі та камедь ксантану, компоненти добре перемішали до рівномірного розподілу їх між собою. В іншій ємності перемішували до однорідної консистенції рідкі інгредієнти: меланж, рослинну олію та необхідну, за рецептурою, кількість води. Після цього поступово ввели сухі компоненти до рідкої частини і продовжили заміс протягом 5 хвилин, до повного розчинення сухої фази. Вологість тіста маффінів становить 27-28 %.

Визначення адгезійної міцності проводили на приладі «Структурометр СТ-1М». Методика основана на навантаженні за допомогою диска досліджуваного тіста протягом певного часу, деформація (hd, мм) якого не перевищує певного значення, а потім у визначенні зусилля відриву (F отр. Н) диска від досліджуваної маси і розрахунку адгезійної напруги, Па – відношення зусилля відриву до площі диска. Дослідження адгезійних властивостей тіста маффінів проводили між твердими площинами з різних матеріалів (сталь, фторопласт).

Безпосередньо після замісу досліджували зміну адгезійної напруги зразка тіста від часу контактування. Час контактування змінювали від 5 до 60 сек тиск контактування 7 Н, потім проводили обробку отриманих даних.

Залежність адгезійної напруги тіста маффінів від часу контактування наведено на рис. 1 та рис. 2.

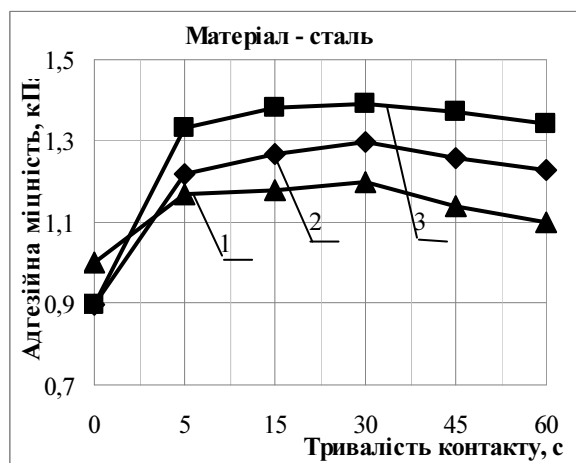


Рис. 1 – Залежність адгезійної міцності від тривалості контакту напівфабрикатів маффінів з твердою площиною зі сталі

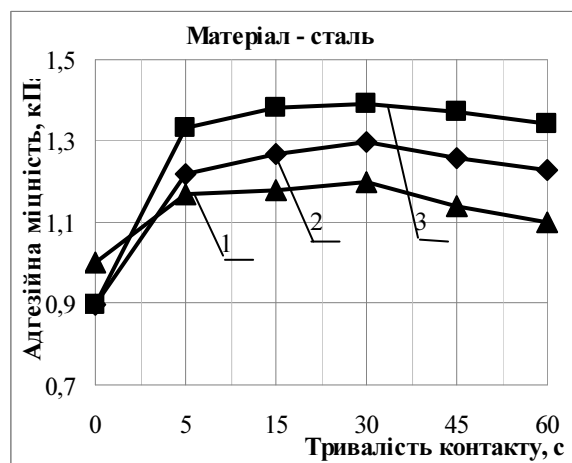


Рис. 2 – Залежність адгезійної міцності від тривалості контакту напівфабрикатів маффінів з твердою площиною із фторопласту

Аналіз даних досліджень показав, що адгезійна напруга тіста маффінів при контакті зі сталлю збільшується зі збільшенням часу контактування. Вищий показник адгезійної напруги має тісто на основі гречаного й амарантового борошна, що пов'язано з властивостями амарантового борошна, які визначаються

розчиненими у воді колоїдними речовинами білкового і вуглеводного походження, серед яких особливу роль відіграють пентозани. Тісто на основі гречаного, гречаного з додаванням амарантового борошна не має еластичного губчатого каркаса з клейковини і являє собою в'язку рідину, в якій дисперговані набряклі зерна крохмалю і білки борошна, тому тісто з додаванням амарантового борошна набуває властивостей, що сприяють підвищенню адгезійної напруги, оскільки борошно амаранта не має глютенів фракції і володіє гіршою водопоглинальною здатністю порівняно з гречаним борошном [4].

Величина адгезійної напруги тістових напівфабрикатів при контакті з фторопластом тіста була нижчою, ніж при контакті зі сталлю, особливо у гречаному тісті. Адгезійна напруга всіх зразків тіста незначно збільшувалась протягом усього терміну контакту. Це ми пояснюємо наявністю значного вмісту вологи у тістових заготовках, що супроводжується швидкою втратою її з поверхні тіста – його підсиханням в умовах невисокої відносної вологості повітря в приміщенні лабораторії і зниженням властивостей адгезії. З одержаних даних можна зробити висновок, що при збільшенні тривалості вилежування тіста у чані збивальної машини чи у формах збільшується адгезійний зв'язок між адгезивом (тістом) і виникає проблема прилипання адгезиву до субстрату. Тому рекомендується формувати тістові заготовки відразу ж після замісу тіста і використовувати чан із фторопластикового матеріалу.

**Висновок.** Проаналізувавши результати досліджень, можна сказати, що одночасно з адгезійним процесом у тісті відбуваються і релаксаційні процеси. Тобто, фактори, які впливають на адгезійну міцність, визначаються: тривалістю контакту; дифузійною молекулярною адгезією в субстраті; релаксацією напруги. Дослідження впливу індивідуальних факторів на адгезію показало нелінійний характер залежності. Аналіз показав, що на адгезію безглютенового тіста в більшій мірі впливає його температура, тривалість контакту, швидкість відливу, а також температура субстрату. Тому при проектуванні і створенні обладнання необхідно враховувати адгезійні явища для того, щоб правильно підібрати матеріал для виготовлення деталей або покриття, налаштувати оптимальний режим роботи.

#### Література

1. Губська О.Г. Целіакія. Про проблеми діагностики і лікування цієї хвороби в Україні / О.Г. Губська // Харчова та переробна промисловість. – 2008. – № 7. – С. 24-26.
2. Новая технология производства хлебобулочных изделий, не содержащих глютен // Food Technologies&Equipment. – 2008. – № 7. – С. 9.
3. Дорохович А.Н. Маффин – новый вид мучных кондитерских изделий на рынке Украины / А.Н. Дорохович, Н.П. Лиман // Продукты & ингредиенты. – 2009. – № 10 (63). – С. 12-13.
4. Дорохович А.Н. Маффины функционального и диетического назначения / А.М. Дорохович, Н.П. Лазоренко // Научни трудове на УХТ. – 2012, № LIX, том 59. – С. 108-112.
5. Белокрылов Ю.Ф., Калинина С.М. Адгезия сбивных кондитерских мас // Кондитерское производство. – 2004. – № 1. – С. 42-43.
6. Данилова В.А., Мачихин Ю.А. Адгезионные свойства пряничного теста. // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. – 1982. – № 1.
7. Николаев Б.А. Структурно-механические свойства мучного теста. – М.: Пищ. пром-ть, 1976. – 246 с.

УДК 637.238.2

## МАСЛЯНИЙ НАПІВФАБРИКАТ ДЛЯ БОРОШНЯНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ

Мирошник Ю.А., аспірант, Гавриш А.В., канд. техн. наук, доцент,  
Доценко В.Ф., д-р техн. наук, професор  
Національний університет харчових технологій, м. Київ

*Стаття присвячена розробці технології масляного напівфабрикату, збагаченого горобиновим борошном. Обґрунтовано доцільність створення такого напівфабрикату. Надано характеристику хімічного складу горбинового борошна. Методом оптичної мікроскопії було визначено дисперсність горбинового борошна.*

*The article is devoted to the problem of the development of the technology of the semifinished oil enriched with rowan flour. The necessities of the creation of such foods have been founded. The characteristic of chemical composition of rowan flour has been presented. The dispersion of rowan flour has been determined by the optical microscopy method.*

Ключові слова: масляний напівфабрикат, горбинове борошно, дисперсність.

На сучасному етапі розвитку закладів ресторанного господарства пріоритетним залишається питання створення харчової продукції спеціального спрямування. Серед широкого асортименту харчових продуктів закладів ресторанного господарства вагому частку складають борошняні кондитерські вироби. При цьому їхній хімічний склад характеризується високим вмістом легкозасвоюваних вуглеводів, жирів та є незбалансованим за амінокислотним складом.

Вирішення даної проблеми можливе за рахунок внесення до рецептури природних компонентів із нетрадиційної плодово-ягідної сировини, яка багата на вітаміни, харчові волокна, поліненасичені жирні кислоти. Нетрадиційна сировина має широкий спектр функціональних властивостей, що дозволить впливати на властивості борошняних напівфабрикатів, протікання технологічного процесу, регулювати властивості структурних компонентів сировини в бажаному напрямі, поліпшувати фізико-хімічні й органолептичні характеристики виробів, надавати їм нових якісних показників, підвищувати харчову цінність і корегувати їхній хімічний склад.

З усього різноманіття нетрадиційної дикорослої рослинної сировини особливу увагу слід звернути на продукти їхньої переробки, а саме порошки. Вони зберігають корисні властивості вихідної сировини впродовж тривалого часу, що дає змогу безперервно забезпечувати виробництво борошняних кондитерських виробів цінним джерелом біологічно активних речовин.

Мета роботи – визначення фракційного складу горбинового борошна як окремого компоненту, такі у складі рецептурних композицій масляного напівфабрикату.

Для вирішення поставленої мети було сформульовані такі завдання:

- проаналізувати сучасний стан технологій борошняних кондитерських виробів;
- визначити хімічний склад, харчову та енергетичну цінності горбинового борошна;
- дослідити дисперсність порошку горбини та масляного напівфабрикату з його додаванням;
- запропонувати технологічне рішення виробництва запропонованого напівфабрикату.

На сучасному ринку борошняні кондитерські вироби представлені досить широким асортиментом, але з огляду на проблеми стану здоров'я населення планети, все частіше стає питання необхідності розширення асортименту продукції з підвищеною харчовою та біологічною цінністю.

Багатьма авторами з метою підвищення харчової цінності борошняних кондитерських виробів було запропоновано вносити плодово-ягідні порошки у тісто на різних стадіях технологічного процесу. Наприклад, відоме використання порошоків із плодів шипшини, глоду, чорниці, обліпихи та смородини. Використання даних порошоків дає змогу збагатити вироби вітамінами, органічними кислотами, харчовими волокнами, макро- та мікроелементами.

Проаналізувавши асортимент борошняних кондитерських виробів, можна зробити висновок, що до складу основних видів тіста (листокове, бісквітне та пісочне) обов'язково входить борошно пшеничне вищого сорту та масло вершкове. Масло вноситься в тісто в кількості 10-25 % і певним чином виконує функцію розпушувача та структуроутворювача. Порошки з нетрадиційної рослинної сировини у досить великих кількостях містять жиророзчинні вітаміни. Саме з огляду на це постає питання збагачення виробів цієї групи не внесенням добавки в тісто, а в жирове середовище.

Останніми роками досить багато науковців займаються проблемою збагачення вершкового масла та паст біологічно активними речовинами нетрадиційної рослинної сировини.

Запропоновано в технології вершкового масла використання кріопорошку з бруньок чорної смородини, порошку моркви та банану. Кріопорошок із бруньок чорної смородини містить досить велику кількість вітаміну С, біофлавоноїди, натрій, калій, магній, органічні кислоти, має багатий амінокислотний склад. Із використанням кріопорошку з бруньок смородини розроблено масло «Весняне», що характеризується загальноцілющими та імуномодельовальними властивостями, позитивно впливає на стан імунної системи, вуглеводневий і ліпідний обмін [1]. Порошок із банану містить компоненти, які здатні зв'язувати стронцій та цезій, в результаті чого не тільки перешкоджають їхньому всмоктуванню в кишково-шлунковому тракті, але й виводять радіонукліди, що циркулюють у кровотоці. Крім цього, до складу порошку банану входять вуглеводи, пектинові речовини, вітаміни, мікроелементи, амінокислоти, органічні кислоти, поліфенольні сполуки, аскорбінова кислота та інші. Внесення бананового порошку у вершкове масло дозволяє отримати продукт не тільки з лікувально-профілактичними властивостями, а також покращеної консистенції [2]. Вершкове масло з порошком з моркви набуває приємного, солодкуватого смаку, світло-жовтого кольору, однорідної консистенції. Крім того, таке масло відрізняється значним вмістом каротиноїдів [3].

Всі вищезапропоновані добавки використовуються з метою масового виробництва поліпшеного вершкового масла, разом із тим, створення масляного напівфабрикату, збагаченого біологічно активними речовинами нетрадиційної рослинної сировини, дасть можливість значно розширити асортимент борошняних кондитерських виробів, таких як напівфабрикати з бісквітного тіста, пісочного та листового.

У якості нетрадиційної плодово-ягідної сировини запропоновано внесення горобинового борошна – продукту подрібнення сушених плодів горобини червоної.

У своєму складі горобинове борошно містить: харчові волокна, органічні кислоти, такі як: винна, яблучна, фолієва та сорбінова, різні цукри: фруктозу, сахарозу, глюкозу, вітаміни: А та його провітамін –  $\beta$ -каротину,  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_9$ , Е, мінеральні речовини: Са, Mg, К, Р, Fe, Zn, Cu, Mn, дубильні речовини, пектини, а також шестиатомний спирт сорбіт.

Важливою складовою горобинового борошна є наявність, який перетворюється в організмі людини в ретинол (вітамін А), а також має антиоксидантні властивості. Вміст  $\beta$ -каротину в горобиновому борошні становить 9 мг/100 г. Важливо зауважити, що вітамін А впливає на ріст людини, покращує стан шкіри, сприяє підвищенню опору організму інфекціям, забезпечує ріст і розвиток епітеліальних клітин, входить до складу зорового пігменту паличок сітківки ока і зорового пігменту колбочок. Ці пігменти регулюють темнову адаптацію зору.

До складу горобинового борошна крім  $\beta$ -каротину, входить і інший жиророзчинний вітамін — Е, значна кількість водорозчинних вітамінів  $B_1$ ,  $B_2$ , РР, С, а також деякі макро- і мікроелементи. Кількість вітамінів в горобиновому борошні така:  $B_1$  – 0,05 мг/100 г,  $B_2$  – 0,02 мг/100 г, РР – 0,5 мг/100 г, С – 70 мг/100 г.

Серед макроелементів найбільше в горобиновому борошні міститься кальцію – 290 мг/100 г, крім нього в борошні міститься фосфору – 183 мг/100 г, магнію – 74,4 мг/100 г та калію – 23 мг/100 г. Мікроелементи представлені залізом 5,94 мг/100 г, цинком – 0,313 мг/100 г, міддю – 0,442 мг/100 г та марганцем – 3,6 мг/100 г. Сорбінова кислота, що міститься в горобиновому борошні, має особливе значення – гальмує ріст мікроорганізмів, грибів і плісняви. Її використовують як природний консервант харчових продуктів.

Проаналізувавши хімічний склад горобинового борошна, можна зробити висновок, що воно у своєму складі містить значну кількість важливих жиророзчинних нутрієнтів, тому його доцільно вводити саме в жирове середовище, а в випадку борошняних кондитерських виробів це є масло вершкове.

Для того, щоб зрозуміти вплив горобинового борошна на структуру масляного напівфабрикату визначали, його дисперсність (рис. 1).

Дослідження проводилися при температурі навколишнього середовища 20 °С. Підрахунок розмірів сухих частинок проводили на мікроскопі МБІ – 15 при збільшенні у 100 раз. На рис. 1 представлено мікрофотографії горобинового борошна у сухому вигляді, у водному та жировому середовищі.

Із даних мікрофотографій видно, що у водному середовищі частинки горобинового борошна відокремлені, краї окремих частинок чітко видно. Горобинове борошно внесене у середовище вершкового масла знаходиться у вигляді скупчень, що дає змогу стверджувати про утворення внутрішніх зв'язків між компонентами дисперсної системи.

У зв'язку з особливостями технологічного процесу виробництва кондитерських виробів та оздоблювальних напівфабрикатів в умовах закладів ресторанного господарства, а саме короткочасного зберігання, витримування напівфабрикату – тіста тощо, були проведені дослідження мікроструктури модельних зразків через 24 години, фотографії яких представлені на рис. 2.

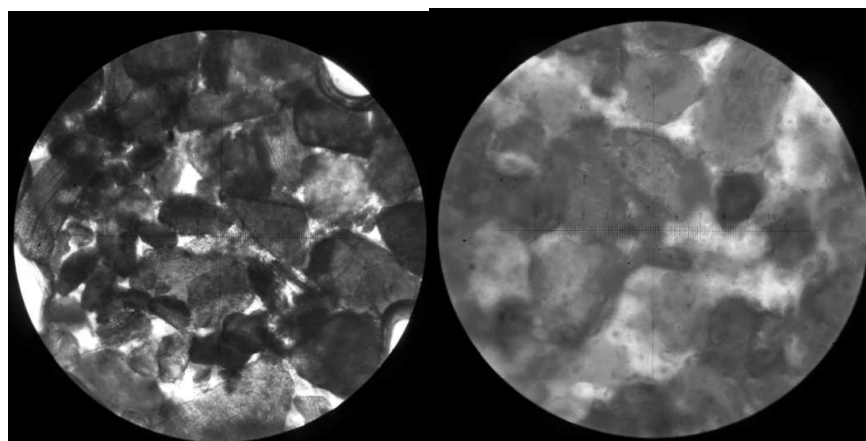
Як видно з мікрофотографій (рис. 2), у зразку з вершковим маслом спостерігається спорідненість системи за структурою на відміну від такого з водою. Даний факт дає змогу стверджувати про певну взаємодію та спорідненість двох компонентів системи.

Вершкове масло являє собою полідисперсну, багатофазну та багатокомпонентну систему змінного складу. Полідисперсність вершкового масла обумовлена тим, що тверда фаза молочного жиру, водна і газова фази знаходяться у вигляді подрібнених частинок, розміри яких змінюються в визначених межах [4]. Розміри і форма кристалів жиру в маслі залежать від способу його виробництва. За даними Мана і Вуда, в маслі, отриманому способом безперервного збивання, розміри жирових кристалів досягають 30-40 мкм, а в маслі, виробленому поточним способом, до 20 мкм [5].

Науковцями ХДУХТ на основі проведених досліджень рекомендовано оптимальний розмір порошків із нетрадиційної лікарської та пряно-ароматичної рослинної сировини для збагачення кондитерських виробів повинен становити 5-50 мкм з вмістом цієї фракції не менше 75-80 % [6].

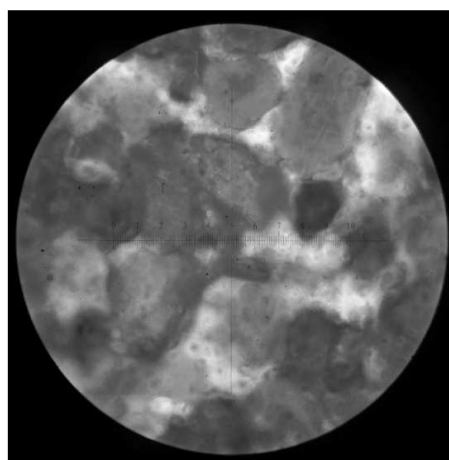
Наступним етапом досліджень було визначення пофракційних розмірів частинок горобинового борошна. Отримані результати досліджень, представлені на рис. 3, показали, що зразок горобинового борошна включає в себе більшу частину частинок, розміри яких не перевищують 70 мкм. Крім цього, зразок горобинового борошна містить частинки розміром 40-60 мкм, меншу кількість з розміром фракції 30-40 мкм та 80-90 мкм.





а)

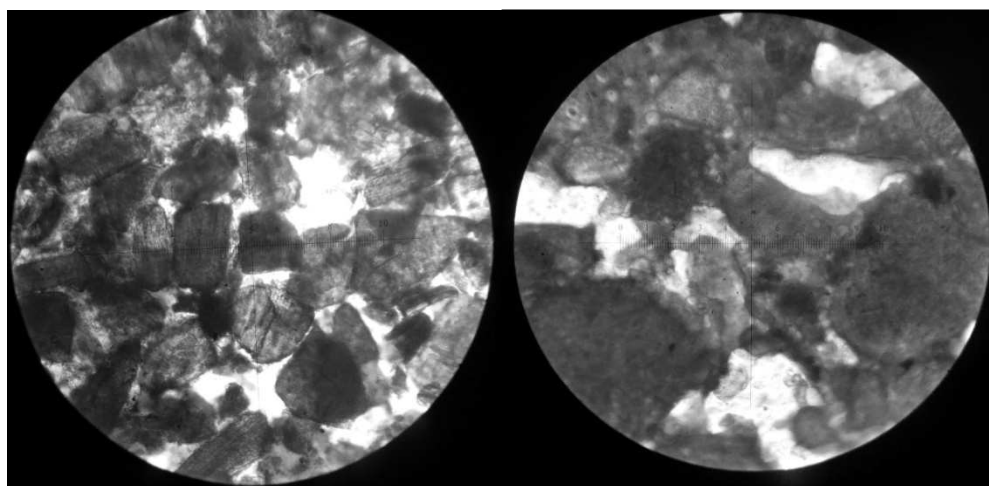
б)



в)

*а – в нативному стані; б – у воді; в – у середовищі вершкового масла*

**Рис. 1 – Мікрофотографії горбинового борошна**



а)

б)

*а – у воді; б – у середовищі вершкового масла*

**Рис. 2 – Мікрофотографії горбинового борошна після 24 годин витримання**

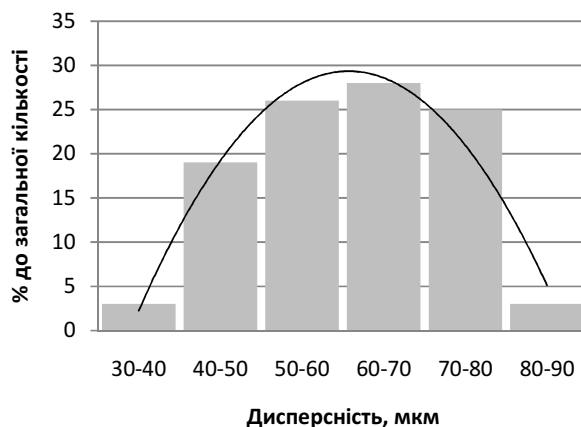


Рис. 3 – Дисперсність горобинового борошна

Запропонований масляний напівфабрикат представляє собою збите вершкове масло з додаванням горобинового борошна. Технологія виробництва масляного напівфабрикату наведена на рис. 4 і включає в себе такі основні етапи: підготовка горобинового борошна, приготування масляної суміші, що включає тиме масло вершкове та горобинове борошно, збивання, зберігання та подальше використання для виробництва борошняних кондитерських виробів.

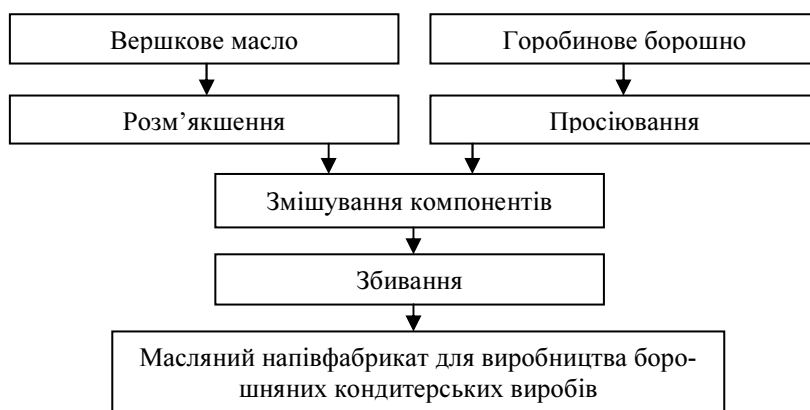


Рис. 4 – Технологічна схема виробництва масляного напівфабрикату «МНФ-Горобиновий»

**Висновки.** Проаналізовано сучасний стан технологій борошняних кондитерських виробів. Визначено хімічний склад, харчову та енергетичну цінності горобинового борошна. Досліджено дисперсність горобинового борошна та масляного напівфабрикату з його додаванням. Запропоновано технологію виробництва масляного напівфабрикату з додаванням до нього горобинового борошна.

Перспективою подальших досліджень є визначення впливу горобинового борошна на термін зберігання масляного напівфабрикату, встановлення функціональних чисел, розробка рекомендацій використання масляного напівфабрикату в технології кондитерських виробів та оздоблювальних напівфабрикатів, апробація в умовах виробництва та впровадження в навчальний процес.

#### Література

1. Рашевська, Т.О. Дисперсність та розподіл плазми у вершковому маслі функціонального призначення з кріопорошком із бруньок чорної смородини / Т.О. Рашевська // Молочна промисловість. – 2007. – № 8(43). – С. 46-49.
2. Декл. пат. № 12368 Україна, МПК A23C 15/16. Спосіб збагачення вершкового масла / А.І. Українець, Ю.Ф. Снежкін, Т.О. Рашевська, Н.В. Сіндікаєва (Україна); Національний університет харчових технологій. – №u200504153; Заяв. 29.04.2005. – 8 с.

3. Вашека, О.М. Дослідження впливу дисперсності добавки порошку моркви на якість вершкового масла / О.М. Вашека, Т.О. Рашевська, Н.В. Сіндікаєва // Наукові праці НУХТ. – 2005. – № 16. – С. 76-78.
4. Производство сливочного масла: Справочник / Андрианов Ю.П., Вышемирский Ф.А., Качераускис Д.В. и др.; Под ред. д-ра техн. наук Ф.А. Вышемирского. – М.: Агропромиздат, 1988. – 303 с.
5. Тиняков Г.Г., Тиняков В.Г. Микроструктура молока и молочных продуктов. – М.: Пищевая промышленность, – 1972. – 255 с.
6. Новые технологии биологически активных растительных добавок и их использование в продуктах иммуномоделирующего и радиозащитного действия./ Р.Ю. Павлюк, А.И. Черевко, В.В. Погарская и др. – Харьков. акад. общественного питания. Х.–К., – 2002. – 205 с.

УДК 664.641.18

## РИСОВЕ БОРОШНО – ПЕРСПЕКТИВНА СИРОВИНА ДЛЯ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ ПРОДУКТІВ

Кулініч В.І., асистент, Гавриш А. В., канд. техн. наук, доцент,  
Доценко В.Ф. д-р техн. наук, професор  
Національний університет харчових технологій, м. Київ

*При удосконаленні технології кексів спеціального призначення для категорії населення, що страждає на целиацію та цукровий діабет, проведено заміну пшеничного борошна рисовим, цукру білого на фруктозу. Досліджено фізико-хімічні та хлібопекарські властивості звичайних та екструзійних видів рисового борошна. З метою підвищення біологічної цінності виробів до рецептурної композиції введено сухе знежирене молоко. Для збільшення кількості клітковини та покращення органолептичних показників кексів до рецептурної композиції включено курагу. У результаті проведених досліджень розроблено рецептурну композицію нового виду борошняних кондитерських виробів - кексу «Особливий з курагою».*

*In order to improve the technology of cakes produced specially for population group that suffers from celiac disease and pancreatic diabetes, the wheat flour was substituted by the rice-flour, and sugar – by fructose. The study and research of physicochemical and baking characteristics of common and extrusive rice-flour kinds were carried out. In order to improve biological value indices, skim dried milk is added to the receipt. For increasing the amount of cellulose and enhancing cake's and biscuit's organoleptic indices dried apricots are included to the receipt. As the result of carried out researches the receipt of the new pastry kinds – cake «Special with dried apricots».*

Ключові слова: кекс, рисове борошно, сухе знежирене молоко, курага.

Сучасний темп життя супроводжує людину ризиком постійного стресу, негативного впливу навколишнього середовища, неповноцінністю харчового раціону, як наслідок послаблення імунітету, поширення неінфекційних захворювань, пов'язаних, насамперед із порушенням обміну речовин, несприйняттям або неможливістю перетравлювати окремі продукти чи їхні складові. Серед таких захворювань домінує цукровий діабет, целиакія (глютенова ентеропатія), фенілкетонурія, лактозна непереносність, остеопороз, дисбактеріоз тощо. Тому розроблення функціональних та спеціальних харчових продуктів із урахуванням вимог нутрієнтології до харчування дітей, людей похилого віку та інших категорій населення є необхідним та актуальним.

Варто зазначити, що протягом останніх 50 років першу позицію серед вищеперерахованих захворювань беззаперечно посідають цукровий діабет та целиакія. Кількість хворих на целиацію за цей період збільшилася у 10 разів. Окрім того, що захворювання передається спадково, його виникнення часто пов'язане з неправильним харчуванням протягом першого року життя, тобто передчасного введення глютену, білка, що входить до складу злакових (пшениці, ячменю, жита) [1]. Тому, враховуючи кількість населення з даною патологією і зважаючи на їхні потреби, необхідним є розроблення спеціальних харчових продуктів відповідної якості.

Перш за все слід дослідити альтернативну сировину для розроблення продукції, безпечної для хворих на глютену ентеропатію та цукровий діабет.

Проблема харчування населення з інсуліновою недостатністю виникла давно, тому на сьогодні існує значна кількість цукрозамінників та підсолоджувачів природного та штучного походження [2,3]. Альтернативою глютенівмісній сировині (пшениці, житу та ячменю) є рис, гречка та кукурудза.

Як відомо, найбільшою популярністю серед споживачів користуються хлібобулочні та борошняні кондитерські вироби (БКВ). Незважаючи на досить широкий вітчизняний асортимент БКВ, кількість продукції для категорії населення, що страждає на целіакію та цукровий діабет, обмежена. Саме тому актуальним і необхідним є виробництво БКВ, призначених для цієї категорії населення.

Цукор є основною сировиною для всіх БКВ, що, окрім носія смаку і наповнювача маси, суттєво впливає на формування структури та зовнішнього вигляду як тістових напівфабрикатів, так і готових виробів, збільшує терміни їхнього зберігання. В Україні впродовж багатьох років найбільш розповсюдженим натуральним замінником цукру для профілактичного, дієтичного та лікувального харчування залишається фруктоза, інсулінонезалежний вуглевод. При надходженні до організму фруктоза всмоктується у 2,3 рази повільніше за глюкозу і не спричиняє різких підйомів концентрації її у крові [4].

На сьогодні в Україні ведеться робота з розроблення БКВ для хворих на целіакію та цукровий діабет. У НУХТ були розроблені рецептури бісквітів, печива, маффінів з використанням безглютенового борошна.

Із метою розширення асортименту БКВ для даної групи населення нами проведено дослідження різних видів безглютенового борошна та цукрозамінника з метою їхнього використання при виготовленні кексів.

Для заміни борошна пшеничного було досліджено наявний асортимент рисового, гречаного та кукурудзяного борошна. З'ясувалося, що кукурудзяне борошно вітчизняного виробництва непридатне для вживання хворими на целіакію, оскільки містить незначну кількість глютену [5].

За результатами органолептичного аналізу рисового та гречаного борошна для подальшого вивчення було обрано рисове завдяки його більш нейтральному смаку. На вітчизняному ринку даний вид сировини випускається такими товаровиробниками, як «АСгруп», м. Київ, «Каскад» м. Донецьк та м. Вінниця. Варто зазначити, що рисове борошно зазвичай виробляється з тайландського рису різних сортів та існує у двох видах: рисове звичайне (мелений рис) та екструзійне, що піддається впливу високої температури і тиску, внаслідок чого не придатне для виробництва БКВ через деформацію молекули білка продукту.

За результатами оцінки органолептичних показників обраних зразків визначено, що рисовому борошну вінницького виробництва притаманні сторонній запах, непритаманний колір та наявність механічних домішок, що призводить до недоцільності його подальшого дослідження.

Визначено фізико-хімічні показники, які формують та забезпечують хлібопекарські властивості борошна і дозволяють визначити його придатність до застосування у технології БКВ. Порівняльні дослідження проводилися зі значеннями відповідних нормованих показників для пшеничного борошна, опираючись на нормативну документацію. Результати представлено у табл. 1.

**Таблиця 1 – Фізико-хімічні показники пшеничного борошна та досліджуваних зразків рисового борошна**

| № зразка, виробник                                  | Вологість, % | Вміст мінеральних речовин, г/100г | Кислотність, град. | Вміст крохмалю г/100г | Вміст цукрів, що редукують г/100г | Вологопоглинальна здатність, % |
|-----------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| № 1 – пшеничне борошно ДСТУ 46004-99 (контроль – 1) | ≤ 14         | ≤ 0,55                            | ≤ 3                | 67,70                 | 1,6                               | –                              |
| № 2 – за ГОС-Том 27168-86 (контроль – 2)            | ≤ 9          | –                                 | ≤ 2,5              | 80,20                 | 0,12                              | –                              |
| № 3 – «АСгруп», м. Київ                             | 9            | 1,02                              | 1,5                | 76,20                 | 0,047                             | 3,98                           |
| № 4 – «Каскад», м. Донецьк                          | 7,75         | 0,95                              | 2                  | 76,50                 | 0,053                             | 2,82                           |

Аналізуючи дані табл. 1 можна зробити висновок, що вміст мінеральних речовин перевищує нормований показник для пшеничного борошна в 1,5-2 рази. Це пояснюється наявністю у його складі великої

кількості фосфору, селену, магнію та інших макро- та мікроелементів. Кислотність досліджуваних зразків рисового борошна менша, ніж пшеничного, що підтверджує його придатність до тривалого зберігання та свідчить про незначну кількість білків.

Вміст крохмалю у всіх досліджуваних зразках менший за нормований на 4,3-6,2 %. Звичайне рисове борошно не піддається дії фізичних чинників, тому здатне зв'язувати вологу у значній кількості.

Рисове та пшеничне борошно суттєво відрізняються за кількісним та якісним складом білка [6]. Зважаючи на його важливу роль у процесі тістоутворення, проведено визначення амінокислотного складу зразків борошна рисового виробництва «АСгруп» м. Київ, «Каскад» м. Донецьк (табл. 2).

**Таблиця 2 – Амінокислотний аналіз борошна рисового**

| Амінокислоти         | «АСгруп», м. Київ |                        | «Каскад» м. Донецьк |                        |
|----------------------|-------------------|------------------------|---------------------|------------------------|
|                      | Вміст, мг         | Амінокислотний скор, % | Вміст, мг           | Амінокислотний скор, % |
| 1                    | 2                 | 4                      | 5                   | 7                      |
| Лізин                | 0,228             | 80                     | 0,18                | 74                     |
| Гістидин             | 0,121             |                        | 0,102               |                        |
| Аргінін              | 0,452             |                        | 0,398               |                        |
| Аспарагінова кислота | 0,549             |                        | 0,492               |                        |
| Треонін              | 0,192             | 93                     | 0,137               | 77                     |
| Серин                | 0,314             |                        | 0,276               |                        |
| Глутамінова кислота  | 1,165             |                        | 1,087               |                        |
| Пролін               | 0,304             |                        | 0,122               |                        |
| Гліцин               | 0,276             |                        | 0,247               |                        |
| Аланін               | 0,329             |                        | 0,27                |                        |
| Цистин               | 0,057             | 93                     | 0,057               | 91                     |
| Валін                | 0,197             | 76                     | 0,185               | 83                     |
| Метіонін             | 0,111             |                        | 0,084               |                        |
| Ізолейцин            | 0,123             | 59                     | 0,123               | 69                     |
| Лейцин               | 0,385             | 106                    | 0,375               | 120                    |
| Тирозин              | 0,138             | 125                    | 0,115               | 116                    |
| Фенілаланін          | 0,250             |                        | 0,193               |                        |
| Сума                 | 5,190             |                        | 4,444               |                        |

Враховуючи принцип Мітчела – Блока про домінуючий вплив першої лімітувальної незамінної амінокислоти на ступінь утилізації решти незамінних амінокислот, чисельну характеристику засвоюваності незамінних амінокислот білка було розраховано шляхом визначення коефіцієнта їхньої утилітарності [7]. Для досліджуваних зразків лімітувальною амінокислотою є ізолейцин. Коефіцієнт утилітарності рисового борошна «АСгруп» м. Київ становить 75 %, а борошно «Каскад» м. Донецьк – 88 %, що свідчить про його більшу біологічну цінність.

Вміст білків у рисовому борошні менший, ніж у пшеничному, що може впливати на його хлібопекарські властивості і потребуватиме використання спеціальних харчових добавок або додаткового введення білкововмісних компонентів під час його використання.

При аналізі хімічного складу рисового борошна, переконуємося у можливості його використання при розробленні технологій БКВ для хворих на цукровий діабет. У якості контролю було обрано рецептуру, а саме кекс «Столичний» [8]. З метою покращення органолептичних та функціональних показників до складу виробів було введено додаткові інгредієнти – сухе знежирене молоко (СЗМ) та курага. СЗМ є носієм білків, кальцію, фосфору, калію, селену та вітамінів групи В. Родзинки, які входять до складу традиційної рецептури кексу, були замінені на курагу, яка є джерелом калію, заліза, магнію, каротинів, та харчових волокон, вживання яких суттєво покращує роботу шлунково-кишкового тракту (ШКТ), що є дуже важливим для хворих на глютену ентеропатію [6]. Варто зазначити, що кількість харчових волокон у куразі майже в 5 разів більша за їхню кількість у родзинках. До складу виробів її введено у подрібненому стані задля уникнення осідання та підгортання дна виробів, що забезпечує кращу засвоюваність компонентів.

Повна заміна борошна пшеничного на рисове, цукру білого на фруктозу, родзинок на курагу у новій рецептурі кексу було проведено з урахування вологості з метою збереження кінцевого вмісту сухих речовин. Незважаючи на це, вологість кексів збільшилась на 2,0...2,5 %. Час випікання для виробів на основі пшеничного борошна та рисового є однаковим [9].

До складу нових виробів додано курагу в кількості 8...16 % від загальних сухих речовин. У результаті проведення пробних випікань та аналізу органолептичних показників визначено, що введення кураги в кількості 13 % не погіршує структури м'якушки та смакових якостей виробів. Продукт у кількості 8 % суттєво не впливає на якість виробів, а в кількості 16 % призводить до погіршення якості м'якушки та потемніння стінок кексів.

Заміна пшеничного борошна рисовим зменшує біологічну цінність нових виробів, тому до складу нових виробів було введено сухе знежирене молоко (СЗМ) як джерело білка. У результаті проведення пробних випікань з'ясувалося, що СЗМ у кількості 2 % від загальної маси сухих речовин у складі кексів не виконує поставленого завдання. Продукт у кількості 6 % покращує біологічну цінність кексів, але суттєво погіршує структуру і колір. М'якушка стає пружною, але не крихкою, що є особливістю даного типу виробів. Завдяки значній кількості меланоїдинів, які утворюються при випіканні в результаті реакції Майяра, колір скоринки набуває насиченого коричневого кольору [3]. Також значний вміст СЗМ призводить до зменшення вологості виробів, оскільки, очевидно, відбувається зв'язування вільної вологи виробів. Продукт у кількості 4% задовольняє усі органолептичні показники та не має негативного впливу на фізико-хімічні показники виробів.

Наступним етапом стало визначення фізико-хімічних показників розроблених виробів, що наведено у табл. 3.

**Таблиця 3 – Основні фізико-хімічні показники якості виробів**

| Показники      | Нормоване значення згідно ДСТУ 4505:2005 | Кекс «Особливий з курагою» |
|----------------|------------------------------------------|----------------------------|
| Вологість, %   | 16-32                                    | 16,1                       |
| Лужність, град | не більше ніж 3,0                        | 1,5                        |

За даними табл. 3 видно, що розроблений виріб відповідає чинний нормативній документації. Проведено визначення показників об'єму ( $62,5 \text{ см}^3$ ), питомий об'єм ( $0,61 \text{ г/см}^3$ ) та щільність виробів ( $1,65 \text{ см}^3 / \text{см}^3$ ).

**Висновки.** Проведено дослідження рисового борошна як заміника пшеничного у БКВ спеціального призначення. Досліджено фізико-хімічні властивості та хімічний склад зразків. Розроблено технологію виробництва та рецептуру виробів на основі дослідженої сировини, а саме кексів як одного із найбільш популярних виробів серед. З метою підвищення харчової та біологічної цінності до складу нових виробів введено СЗМ (як джерело білка) та курагу для збільшення кількості харчових волокон, необхідних для людей з порушенням роботи ШКТ та покращення органолептичних показників. Для придатності виробів до вживання хворими цукровим діабетом цукор білий замінено на фруктозу. Визначено відповідність фізико-хімічних показників чинний нормативній документації.

### Література

1. Хованская С.С., Дремина Н.В., Санина С.В., Ладодо К.С., Боровик Т.Е. Лечебно-профилактические продукты на зерновой основе для детей, больных целиакией и пищевой аллергией // Труды 1-й Международной конференции «Научные и практические аспекты сравнения качества продуктов детского и геродиетического питания». – М.: Пищепромиздат, 1997. – С. 288-292.
2. Полищук Т.Л. Разработка рациональных технологий производства диабетических мучных кондитерских изделий: Дис. канд. техн. наук : 05.18. 01. – К.: – 1990. – 306 с.
3. Калакура М.М., Дорохович В.В. Використання нової сировини у виробництві діабетичних борошняних кондитерських виробів // зб. Наук. праць «Громадське харчування і туристична індустрія у ринкових умовах». – К.: КДТЕУ. – № 2. – С. 187-195.
4. Troncone R., Maurano F., Lovine G. Coeliac disease // Changing features of coeliac disease. – Tampere, 1998. – P. 7-12.
5. Новая технология производства хлебобулочных изделий, не содержащих глютен // Food Technologies&Equipment. – 2008. – № 7. – С. 9.
6. Химический состав пищевых продуктов / Под ред. М.Ф. Нестерина и И.М. Скурихина. – М.: 2002.
7. Технологічні розрахунки у хлібопекарському виробництві (задачник): Навчально-методичний посібник / За ред. В.І. Дробот. – К.: Кондор, 2010. – 440 с.
8. Технология кондитерских изделий / Под ред. Маршалкина Г.А. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 445 с.
9. Дорохович В.В. Вплив аглютенного борошна на кінетику випікання кексів / В.В. Дорохович, В.М. Ковбаса // Наукові праці НУХТ. – 2011. – № 37. – С. 107-114.

УДК 664.69 (072)

## ПОВЫШЕНИЕ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ С ПОМОЩЬЮ ПОРОШКОВ ПЛОДОВ И ЯГОД

Кошак Ж.В., канд. техн. наук, доцент, Покрашинская А.В., ст. преподаватель  
УО «Гродненский государственный аграрный университет»,  
г. Гродно, Республика Беларусь

*Рассматривается возможность получения макаронных изделий повышенной пищевой ценности с использованием порошков плодов шиповника и ягод клюквы. Изучается влияние данных порошков на качество муки, органолептические, физико-химические показатели качества, а также варочные свойства.*

*Possibility of receiving pasta of the raised nutrition value with use of powders of hips and cranberry berries is considered. Influence of these powders on quality of a flour, organoleptic, physical and chemical indicators of quality, and also cooking properties is studied.*

Ключевые слова: пищевая ценность, макаронные изделия, порошки клюквы и шиповника.

Анализ структуры питания в Республике Беларусь в настоящее время позволяет характеризовать его как недостаточно рациональное, что наряду с ухудшающимися экологическими условиями обуславливает снижение уровня здоровья нации: поэтому требует нового, более качественного подхода как структуре питания населения в целом, так и по отдельным пищевым продуктам.

Макаронные изделия, изготавливаемые из макаронной или хлебопекарной муки, имеют дефицит важнейших незаменимых аминокислот, минеральных веществ, витаминов и пищевых волокон. Поэтому для создания обогащенных макаронных изделий целесообразно использование растительного сырья, содержащего сбалансированный комплекс пищевых ингредиентов, способствующих формированию высоких вкусовых и лечебно-профилактических свойств готовых изделий.

В связи с этим на кафедре технологии хранения и переработки растительного сырья проводятся исследования по изысканию новых видов растительного сырья, являющегося источником пищевых волокон и обладающего повышенной пищевой и биологической ценностью, которые могли бы стать основой для создания новых видов пищевых продуктов лечебного и лечебно-профилактического назначения для питания населения.

В качестве таких источников были выбраны плоды и ягоды лекарственных растений. Относительно недавно ученые обратили свои взоры к плодам и ягодам. Они не только подтвердили их известные целебные свойства, но и открыли новые полезные качества. Современная биохимия обнаружила в составе плодов и ягод ранее неизвестные вещества, способные сохранять здоровье человека и открывающие новые перспективы в их лечебном использовании.

Для изучения нами были отобраны плоды шиповника и ягоды клюквы. Шиповник, прежде всего, большой источник витаминов: это витамин С (до 4800 мг %), витамины В<sub>2</sub>, Р, К, Е, каротин, рибофлавин. В растительном мире плоды шиповника имеют самую высокую витаминную активность. Кроме витаминов в плодах шиповника имеются соли калия, кальция, магния, железа, фосфора, лимонная и яблочная кислоты, сахара, фитонциды, эфирные масла, дубильные вещества. В витаминной промышленности шиповник используют для получения препаратов, богатых витамином С, таких как аскорбиновая кислота, галаскорбин, сироп шиповника, холосас.

Клюкву вот уже много лет подряд используется как незаменимое лекарственное средство, которое способно подарить организму целый комплекс витаминов и при этом служить в качестве отличного пищевого продукта. Клюкву рекомендуют больным сахарным диабетом. Она препятствует образованию глаукомы. Клюква обладает тонизирующим и освежающим эффектом, повышает умственные и физические способности человека, является хорошим бактерицидным средством. Она содержит большое количество урсоловой кислоты, которая генетически и по структуре близка к физиологически важным гормонам.

Нами предлагается использовать плоды и ягоды в виде порошков, которые имеют ряд преимуществ. Порошки, в отличие от пюре и соков, являются концентратами исходного сырья, дольше сохраняют свое качество, лучше транспортируются. Благодаря ценному химическому составу, они являются источником обогащения макаронных изделий пищевыми волокнами, азотсодержащими минеральными веществами, органическими кислотами, витаминами и натуральными красителями.

В связи с этим решались следующие задачи:

- исследовать показатели качества порошков клюквы и шиповника;
- изучить влияние различных дозировок порошков клюквы и шиповника на качество муки пшеничной хлебопекарной;
- исследовать возможность использования плодов шиповника и ягод клюквы при производстве макаронных изделий;
- исследовать качество готовых макаронных изделий, обогащенных порошками клюквы и шиповника.

Порошки шиповника и клюквы были получены в лабораторных условиях путем высушивания ягод с дальнейшим измельчением и последующим просеиванием продукта. Показатели качества порошков представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика порошков

| Показатели   | Порошок из клюквы         | Порошок из шиповника |
|--------------|---------------------------|----------------------|
| Цвет         | Бордовый                  | Светло-коричневый    |
| Вкус         | Выраженный кисловатый     | Свойственный плодам  |
| Запах        | Нежный кисловатый         | Свойственный плодам  |
| Внешний вид  | Тонкоизмельченный продукт |                      |
| Влажность, % | 12,1                      | 8,35                 |

Влажность для порошка плодов шиповника должна находиться в пределах 6–10 %, а клюквы – 12 %. Из таблицы 1 видно, что влажность порошка шиповника и клюквы соответствует норме.

Для определения влияния различных дозировок порошков клюквы и шиповника на качество муки пшеничной хлебопекарной в/с марки М 28-54 вводили их в количестве 1-5 % с шагом 1 %. Качество муки с различным процентным добавлением порошков клюквы и шиповника представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Качество муки с добавлением порошка клюквы и шиповника

| Количество добавки, %                    | Количество клейковины, % | Качество клейковины, ед. пр. ИДК | Растяжимость клейковины, см | Число падений, с |
|------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-----------------------------|------------------|
| Мука пшеничная хлебопекарная в/с         |                          |                                  |                             |                  |
| 0                                        | 31,5                     | 82,05                            | 18,75                       | 258              |
| Смесь муки пшеничной и порошка клюквы    |                          |                                  |                             |                  |
| 1                                        | 30,16                    | 93,2                             | 22,0                        | 212              |
| 2                                        | 25,7                     | 82,2                             | 18,0                        | 219              |
| 3                                        | 22,7                     | 75,0                             | 11,0                        | 223              |
| 4                                        | не отмывается            | —                                | —                           | 228              |
| 5                                        | не отмывается            | —                                | —                           | 232              |
| Смесь муки пшеничной и порошка шиповника |                          |                                  |                             |                  |
| 1                                        | 32,6                     | 99,0                             | 17,5                        | 233              |
| 2                                        | 32,3                     | 90,5                             | 25,3                        | 240              |
| 3                                        | 32,2                     | 96,8                             | 19,5                        | 248              |
| 4                                        | 31,6                     | 87,7                             | 16,0                        | 262              |
| 5                                        | 29,9                     | 81,7                             | 18,3                        | 268              |

Анализ таблицы 2 показал, что с увеличением дозировки порошка клюквы количество клейковины уменьшается. При внесении порошка клюквы в количестве 1 % происходит уменьшение содержания клейковины на 1,64 %. При дальнейшем увеличении дозировки содержание клейковины значительно уменьшается. Добавление 2 % порошка клюквы снижает долю клейковины на 4,4 %, а добавление 3 % – на 7,4 %. При дальнейшем увеличении дозировки порошка клейковину вообще не удалось отмыть, она представляла собой множество не связанных между собой частиц. Это связано с тем, что в условиях высокой кислотности белки не набухают, а пептизируются переходя в коллоидный раствор.

При внесении порошка шиповника происходит незначительное повышение содержания клейковины (таблица 2), причем с увеличением дозировки порошка шиповника наблюдалось снижение доли клейковины. Содержание клейковины ниже, чем в муке наблюдалось только при внесении 5 % порошка. Это связано с действием органических кислот, которые содержатся в порошке. В связи с тем, что содержание



данных веществ в порошке шиповника меньше, чем в порошке клюквы, наблюдается не такое резкое изменение содержания клейковины.

С увеличением дозировок порошков клюквы и шиповника качество клейковины улучшается. При внесении порошка клюквы в количестве 1-2 % клейковина удовлетворительно слабая (80-100 у. е.), а при добавлении 3 % – хорошая (55-75 у. е.). При внесении порошка шиповника 1-5 % клейковина удовлетворительно слабая. Улучшение качества клейковины связано с действием витамина С, который окисляет SH-группы с образованием дисульфидных (-S-S-) связей в молекулах белка, а также его третичной и четвертичной структуре.

Из таблицы 2 видно, что добавление порошков клюквы и шиповника в количестве от 1 до 5 % к мас-се муки привело к увеличению показателя «числа падения» с 212 до 232 с и с 233 до 268 с соответственно. Это связано со снижением активности ферментов ( $\alpha$ - и  $\beta$ -амилаза), что в свою очередь приводит к более медленному разжижению клейстера.

Макаронные изделия с внесением порошков клюквы и шиповника получали в лабораторных условиях. При изготовлении изделий порошок клюквы вносили в количестве 1-3 %, а порошок шиповника – 1–5 %. Органолептические показатели качества сухих макаронных изделий с добавками порошков представлены в таблице 3.

**Таблица 3 – Органолептическая характеристика макаронных изделий с добавлением порошков клюквы и шиповника**

| Наименование показателя | Количество добавки, % | Изделия с порошком клюквы                                                                      | Изделия с порошком шиповника                                         |
|-------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| Цвет                    | 1                     | Кремовый с розовым оттенком, без следов непомеса                                               | серый с желтоватым оттенком, без следов непомеса                     |
|                         | 2                     | Кремовый с темно-розовым оттенком, без следов непомеса                                         | Серовато-желтый, без следов непомеса                                 |
|                         | 3                     | Светло-розовый. Без следов непомеса                                                            | Светло желтый, без следов непомеса                                   |
|                         | 4                     | –                                                                                              | Песочный, без следов непомеса                                        |
|                         | 5                     | –                                                                                              | Светло-коричневый, без следов непомеса                               |
| Состояние поверхности   | 1-5                   | Гладкая, чуть матовая, с вкраплениями частиц добавки                                           |                                                                      |
| Излом                   | 1-5                   | Мучнистый                                                                                      |                                                                      |
| Форма                   | 1-5                   | В виде лапши                                                                                   |                                                                      |
| Вкус и запах            | 1-5                   | Свойственный макаронным изделиям, с увеличением дозировки добавки присутствует кисловатым вкус | Свойственный макаронным изделиям, без постороннего привкуса и запаха |

Внешний вид сухих макаронных изделий с внесением по 1% порошка клюквы и шиповника представлен на рисунке 1.



*а – с добавлением порошка клюквы*

*б – с добавлением порошка шиповника*

**Рис. 1 – Макаронные изделия с внесением 1 % порошков**

Физико-химические показатели качества изготовленных образцов макаронных изделий представлены в таблице 4. Влажность готовых макаронных изделий согласно СТБ 1963-2009 «Изделия макаронные. Общие технологические требования» не должна превышать 13 %. Исходя из таблицы 4 можно сказать, что влажность полученных макаронных изделий находится в пределах нормы. Такая влажность предотвращает закисание и плесневение и позволяет сохранять макаронные изделия длительное время.

**Таблица 4 – Физико-химические показатели макаронных изделий с добавлением порошков клюквы и шиповника**

| Показатели        | Макаронные изделия с порошком клюквы |     |      | Макаронные изделия с порошком шиповника |      |     |      |      |
|-------------------|--------------------------------------|-----|------|-----------------------------------------|------|-----|------|------|
|                   | 1 %                                  | 2 % | 3 %  | 1 %                                     | 2 %  | 3 % | 4 %  | 5 %  |
| Влажность, %      | 10,6                                 | 9,7 | 10,8 | 11,2                                    | 13,0 | 9,0 | 10,7 | 11,2 |
| Кислотность, град | 5,9                                  | 8,8 | 10,3 | 4,4                                     | 5,3  | 5,7 | 6,8  | 7,9  |

Кислотность макаронной продукции является показателем качества, характеризующим ее вкусовые достоинства и степень свежести. Повышенная кислотность может быть следствием использования не-свежей муки, прокисания теста во время сушки, вида и количества добавки. Данные таблицы 4 свидетельствуют о том, что с увеличением количества вносимых порошков происходит увеличение кислотности: для макаронных изделий с порошком клюквы от 5,9 до 10,3 град, с порошком шиповника от 4,4 до 7,9 град. Следует обратить внимание на то, что кислотность изделий, полученной с добавлением порошка клюквы выше, чем с порошком шиповника. Это связано с химическим составом порошков. По СТБ 1963-2009 кислотность макаронных изделий с добавками должна быть не более 10 град. Поэтому можно сделать вывод, что в макаронные изделия порошок клюквы можно вносить в количестве не более 2 %, а порошок шиповника до 5 % от массы муки.

Затем проводилось определение состояния макаронных изделий после варки и варочные свойства полученных образцов макаронных изделий

Органолептическая оценка качества макаронных изделий после варки с различной дозировкой порошков клюквы и шиповника представлена в таблице 5.

**Таблица 5 – Органолептическая оценка качества макаронных изделий после варки с различной дозировкой порошков клюквы и шиповника**

| Показатель качества | Количество добавки, % | Макаронны с добавкой порошка клюквы                                                | Макаронны с добавкой порошка шиповника                                           |
|---------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1                   | 2                     | 3                                                                                  | 4                                                                                |
| Цвет                | 1                     | Серый                                                                              | Белый с серым оттенком                                                           |
|                     | 2                     | Серый с розоватым оттенком                                                         | Светло-кремовый                                                                  |
|                     | 3                     | Серо-розовый                                                                       | Темно-кремовый                                                                   |
|                     | 4                     | –                                                                                  | Светло-коричневый                                                                |
|                     | 5                     | –                                                                                  | Коричневый                                                                       |
| Внешний вид         | 1                     | Хорошо сохранять форму, мягкие, эластичные, не слипаться, не образовывать комков   | Хорошо сохранять форму, мягкие, эластичные, не слипаться, не образовывать комков |
|                     | 2                     | Незначительная потеря формы, не слипаться, не образовывать комков                  | Хорошо сохранять форму, не слипаются, не образуют комков                         |
|                     | 3                     | Незначительная потеря формы, не слипаться, не образовывать комков                  | Хорошо сохранять форму, не слипаются                                             |
|                     | 4                     | -                                                                                  | Незначительное изменение формы                                                   |
|                     | 5                     | -                                                                                  | Незначительное изменение формы, слегка слипаются                                 |
| Запах               | 1-5                   | Свойственный макаронным изделиям, при добавки порошка 5 % присутствует аромат ягод | Свойственный макаронным изделиям                                                 |

Окончание таблицы 5

| 1                           | 2   | 3                                                                                          | 4                                |
|-----------------------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Вкус                        | 1   | Свойственный макаронным изделиям                                                           | Свойственным макаронным изделиям |
|                             | 2   |                                                                                            |                                  |
|                             | 3   | Слегка выраженный кисловатый вкус                                                          |                                  |
|                             | 4   | —                                                                                          |                                  |
|                             | 5   | —                                                                                          |                                  |
| Состояние варочной жидкости | 1-5 | С увеличением дозировки порошка, варочная жидкость насыщается желтовато-оранжевым оттенком |                                  |

В таблице 6 приведена органолептическая характеристика макаронных изделий после варки в оценочных баллах.

**Таблица 6 – Органолептическая характеристика макаронных изделий с добавлением порошков клюквы и шиповника после варки в оценочных баллах**

| Показатель, максимальный балл | Макаронные изделия с порошком клюквы |     |     | Макаронные изделия с порошком шиповника |     |     |     |     |
|-------------------------------|--------------------------------------|-----|-----|-----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
|                               | 1 %                                  | 2 % | 3 % | 1 %                                     | 2 % | 3 % | 4 % | 5 % |
| Внешний вид, 25               | 23                                   | 23  | 23  | 24                                      | 24  | 24  | 24  | 24  |
| Цвет, 15                      | 15                                   | 15  | 15  | 15                                      | 15  | 15  | 15  | 14  |
| Запах, 10                     | 10                                   | 10  | 10  | 10                                      | 10  | 10  | 10  | 10  |
| Вкус, 25                      | 20                                   | 19  | 17  | 24                                      | 24  | 23  | 22  | 22  |
| Консистенция, 15              | 10                                   | 10  | 10  | 12                                      | 12  | 12  | 12  | 12  |
| Состояние варочной воды, 10   | 8                                    | 7   | 7   | 9                                       | 9   | 8   | 7   | 7   |
| Общая оценка, 100             | 86                                   | 84  | 82  | 94                                      | 93  | 92  | 91  | 90  |

Как видно из таблицы 6, с увеличением дозировки порошков общий оценочный балл уменьшается: для макаронных изделий с порошком клюквы от 86 до 76, а с порошком шиповника от 94 до 90. Следовательно можно сделать вывод, что органолептические показатели качества макаронных изделий ухудшаются. Следует отметить, что общий балл макаронных изделий с добавкой порошка шиповника, превышает общий балл макаронных изделий с добавкой порошка клюквы.

Варочные свойства макаронных изделий определяют вкусовые достоинства изделий, а также их потребительскую ценность. В таблице 7 приведены варочные свойства полученных образцов макаронных изделий.

**Таблица 7 – Варочные свойства макаронных изделий с добавлением порошков клюквы и шиповника**

| Добавка           | Количество добавки, % | СВ, перешедшее в варочную воду, % | Время варки до готовности, мин | Коэффициент увеличения массы |
|-------------------|-----------------------|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Порошок клюквы    | 1                     | 4,40                              | 13                             | 1,42                         |
|                   | 2                     | 5,20                              | 15                             | 1,34                         |
|                   | 3                     | 6,90                              | 17                             | 1,29                         |
| Порошок шиповника | 1                     | 5,98                              | 12                             | 2,45                         |
|                   | 2                     | 6,30                              | 14                             | 2,10                         |
|                   | 3                     | 6,70                              | 16                             | 1,95                         |
|                   | 4                     | 6,90                              | 17                             | 1,84                         |
|                   | 5                     | 7,10                              | 18                             | 1,73                         |

В макаронных изделиях с порошком клюквы коэффициент увеличения массы находится в пределах от 1,42 до 1,29, а с порошком шиповника – от 2,45 до 1,73, что соответствует норме (1,5 – 2,5).

Количество сухих веществ, перешедших в варочную воду, с увеличением количества добавки возрастает, вследствие чего происходит потеря питательных веществ. В соответствии с СТБ 1963-2009 сухое вещество, перешедшее в варочную воду не должно превышать 10 %. Количество сухих веществ, перешедших в варочную воду, в макаронных изделиях с порошком шиповника в количестве 1-5 % и порошком клюквы 1-3 % находится в пределах нормы. Однако, с увеличением количества добавки порошков клюквы и шиповника количество сухих веществ, перешедших в варочную воду увеличивается.

С увеличением количества добавки время варки до готовности незначительно возрастает: с добавкой порошка клюквы – с 13 до 17 мин; с добавкой порошка шиповника – с 12 до 18 мин. Возможно, это связано, с тем, что при внесении порошков клюквы и шиповника происходит укрепление клейковины, следовательно, требуется больший промежуток времени для размягчения белка, но требуются дополнительные исследования.

**Выводы.** В результате исследований изучены показатели качества порошков клюквы и шиповника, установлено влияние различных дозировок порошков клюквы и шиповника на качество муки пшеничной хлебопекарной, установлена возможность повышения пищевой ценности макаронных изделий путем введения в их рецептуру порошков плодов шиповника и ягод клюквы. В ходе проведения исследований было установлено, что для получения макаронных изделий, имеющих показатели качества, соответствующие требованиям СТБ 1963-2009, наиболее целесообразно использовать порошок клюквы в количестве до 2 %, а порошок шиповника в количестве 1-5 %. Кроме того, использование порошков плодов шиповника и ягод клюквы позволит расширить ассортимент выпускаемой продукции на макаронных предприятиях Республики Беларусь.

#### Литература

1. Борисова, М. Лечение клюквой, брусникой, черникой / М. Борисова. – СПб.: Издательский дом «Литера», 2004. – 64с.
2. Влияние овощных порошков на качество макаронных изделий / В. Юрчак, В. Манк, Г. Волощук // Хлебопродукты. – 2005. – № 12. – С. 9
3. Доценко, В.А. Овощи и плоды в питании и лечении / В.А. Доценко. – М.: Центриздат, 1993. – 290 с.
4. Медведев, Г.М. Технология макаронного производства / Г.М. Медведев. – М.: Колос, 2000. – 264 с.
5. Назаров, Н.И. Технология макаронных изделий / Н.И. Назаров. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 288 с.
6. СТБ 1963-2009 «Изделия макаронные. Общие технические условия».

УДК 664.694:641.1

## ПОЛІПШЕННЯ КУЛІНАРНИХ ДОСТОЇНСТВ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ФЕРМЕНТУ ТРАНСГЛЮТАМІНАЗА

Шаніна О.М., д-р техн. наук, професор, Зверєв В.О., аспірант  
Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. П. Василенка  
Теймурова А.Т., канд. техн. наук  
Університет Саскачеван, Канада

*У статті розглянуто технологічні та наукові аспекти застосування ферменту трансглютаміназа (ТГ) як структуроутворювача макаронних виробів. Доведено ефективність застосування желатину та гарячого замісу тіста для підвищення реакційної здатності ферменту.*

*The technological and scientific aspects of usage of transglutaminase (TG) enzyme as texturizer of pasta products are considered in the article. It is proven the effectiveness of gelatin and hot making dough to increase the reactivity of the enzyme TG.*

Ключові слова: трансглютаміназа, аналіз, желатин, білок, макаронні вироби, кулінарні властивості.

**Постановка проблеми.** Сировиною для виробництва макаронних виробів є борошно вищого і першого сорту (крупка та напівкрупка) з твердих сортів пшениць спеціального помелу. Макаронне борошно відрізняється від хлібопекарського тим, що має багато білка і крупчасту структуру. Завдяки їй воно, незважаючи на високий вміст білка, має знижену водопоглинальну здатність. Клейковина повинна бути доброю – першої та другої груп якості.

Борошно з клейковиною третьої групи для виготовлення макаронних виробів непридатне, оскільки сирі вироби виходять неміцними. Якщо застосовувати борошно зі слабкою клейковиною, то під час варіння завдяки денатурації білків вироби добре зберігають форму, проте у варильну воду переходить більше сухого залишку та пружність виробів зменшується. Неодмінною умовою придатності борошна для вироблення макаронних виробів також є відсутність здатності до потемніння під час приготування тіста і при сушінні сирих виробів.

Макаронне борошно одержують із твердої пшениці (семоліни) або склоподібної м'якої (фарини). Допускаються добавки м'якої пшениці до твердої в кількості 15 %. Сьогодні у виробництві макаронних виробів використовують також хлібопекарське борошно. Якість макаронних виробів при цьому знижується. Але сировини з твердої і склоподібної м'якої пшениць в Україні недостатньо. Аналіз якості борошна, яке переробляється на макаронних підприємствах України, показує, що ще тридцять-сорок років тому кількість борошна з твердої пшениці становила 95...97 %. Пізніше відбулося різке зниження виробництва макаронного борошна з твердої пшениці. В останнє десятиріччя двадцятого сторіччя макаронне борошно використовувалось у межах 20...45 % від загального об'єму борошна для макаронного виробництва. На сьогоднішній день макаронні підприємства переробляють майже виключно хлібопекарське борошно з м'якої пшениці. Більш того, клас зерна, яке переробляється, знизився до третього і четвертого. Хлібопекарське борошно з такої пшениці не відповідало вимогам ГОСТ 265-85, тому в галузевому стандарті України ДСТУ 46.004-99 вимоги до показника мінімальної кількості клейковини знижені з 28 % до 24 %.

При переробці хлібопекарського борошна якість клейковини безпосередньо впливає на хід технологічного процесу і якість макаронних виробів. Мінімальна кількість сирової клейковини, що дозволяє отримати продукцію відповідної якості, 24...25 %. При меншій кількості клейковини та підвищенні вмісту крохмалю сирі вироби стають крихкими і ламкими при вигині.

Протягом останніх років дефіцит такого борошна значно зріс, тому для виробництва макаронних виробів використовується борошно, властивості якого не відповідають технологічним вимогам. Вітчизняні макаронні вироби з цієї причини не можуть конкурувати з імпортними (з виробами з Італії, Єгипту, Туреччини, Швейцарії, Франції) ні за якістю, ні за оформленням товару.

Традиційно для поліпшення макаронних виробів використовували ясні продукти (меланж, яйця, яєчний порошок). У результаті підвищується харчова цінність макаронних виробів, поліпшується колір. Проте, у зв'язку з наявністю певної кількості жиру в складі яйця, якість макаронних виробів з яєчними продуктами знижується за такими показниками, як скловидність, наявність мікротріщин, міцність, а також за варильними властивостями [1].

Науково обґрунтовано та вдосконалено технологію макаронних виробів, збагачених яєчними продуктами, шляхом використання нового виду білкової сировини [2] – сухого яєчного білка (СЯБ). Показано, що завдяки збільшенню щільності структури макаронних виробів із СЯБ менше сухих речовин переходить у варильну воду, а у зварених зберігається більше білка.

У крупку для макаронних виробів з м'якої пшениці рекомендовано додавати до 25 % борошна кукурудзяного сортового дрібного. Завдяки жовтому пігменту значно поліпшується зовнішній вигляд макаронних виробів, збільшується кількість білка [3].

У ДНДІХП (Росія) розроблено рецептуру на виробництво макаронних виробів з використанням сухої пшеничної клейковини. В Болгарії впроваджено технологію виготовлення низькокалорійних дієтичних макаронних виробів з додаванням 35 % пшеничних висівок або 10-20 % сухої клейковини.

Покращувачі СУПЕРМАК і СУПЕРМАК ВІТ – це унікальні харчові добавки, необхідні для виробництва макаронних виробів із пшеничного борошна, в т. ч. зі зниженими властивостями. Для додання тісту на пельмені пластичності й міцності при розкочуванні, забезпечення гарного кольору і гладкої поверхні, поліпшення варильних і смакових властивостей застосовують покращувачі СУПЕРМАК-П, СУПЕРМАК-Р, ОСОБЛИВИЙ-П, ОСОБЛИВИЙ-Р [4].

Трансглютаміназа (ТГ) є ферментом, який може поліпшити смак і текстуру борошняних виробів, локшини, поліпшити в'язко-еластичні властивості макаронних виробів шляхом поліпшення внутрішньої мережі, в якій тісто набуває більшої пластичності та стабільності.

Ензим ТГ використовують у виробництві більшості різних видів продуктів харчування. Такі продукти отримують з м'ясних або рибних продуктів, випечених, молочних. ТГ підходить для багатьох завдань, вона може бути покращувачем фізичних властивостей і структури, знижуючи вміст солі та комбінуючи (з'єднуючи) шматки м'яса або риби.

Як тільки фермент у процесі виробництва виконав своє завдання, він може бути інактивований. Тому він не проявляє свої технологічні властивості в кінцевому продукті, навіть якщо все ще присутній у ньому. Завдяки пастеризації чи іншим тепловим процесам під час технологічної обробки, ензим руйнується й інактивується.

Мікробні трансглютамінази активні в широкому діапазоні температур і стабільні в інтервалі рН 5...9. Оптимальні умови для реакцій з трансглютаміназою представлені на рис. 1. Значення ферментативної активності вимірювалися при 37 °С і рН=6. Термічна стабільність вказує на збереження активності після нагрівання при різних температурах (час витримки 10 хв при рН=7) [5].

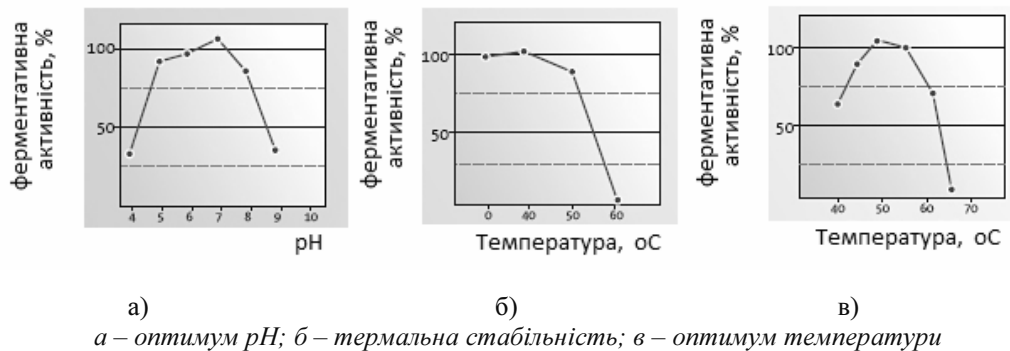


Рис. 1 – Оптимальні умови для реакцій з трансглютаміназою

**Формулювання мети.** Метою дослідження було встановити вплив ферменту ТГ на кулінарні властивості формованих борошняних виробів з борошна, отриманого з твердої та м'якої пшениці, та за використання білкових добавок різного походження.

**Матеріали, об'єкти і методи дослідження.** Об'єктами дослідження обрано такі види досліджуваної сировини: борошно пшеничне хлібопекарське вищого сорту; вода питна; фермент трансглютаміназа Revada TG. Досліджували зразки прісного тіста та зварених виробів такого рецептурного складу: зразок 1 – борошно з твердої пшениці, вода; зразок 2 – борошно з м'якої пшениці, вода; зразок 3 – борошно з м'якої пшениці, вода, 0,25 % ТГ; зразок 4 – борошно з м'якої пшениці, вода, яйце; зразок 5 – борошно з м'якої пшениці, вода, 0,25 % ТГ; зразок 6 – борошно з м'якої пшениці, вода, яйце, 0,25 % ТГ.

Об'єктами дослідження було обрано такі види досліджуваної сировини: борошно пшеничне хлібопекарське, вода питна, яйце столове куряче, фермент трансглютаміназа Revada TG; молоко коров'яче; желатин швидко розчинний за ГОСТ 11293.

Досліджено такі показники якості: привар; перехід сухих речовин у варильне середовище; органолептичні властивості. Використовували стандартні методи оцінки якості макаронних виробів – ваговий метод, визначення вмісту сухих речовин рефрактометричним методом.

**Викладення основних наукових результатів.** Метою першого етапу дослідження було встановити ефективність додавання ферменту ТГ до борошна із зерна м'якої пшениці для поліпшення якості макаронного тіста та варених виробів у порівнянні з виробами з твердої пшениці або з додаванням у рецептуру яєць. Результати визначення наведено в табл. 1 і 2.

Таблиця 1 – Дослідження впливу ТГ на властивості тіста та готових виробів

| Склад зразка                  | Привар, % | Перехід сухих речовин у варильне середовище, % | Органолептична характеристика                                                        |
|-------------------------------|-----------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Тверда пшениця, вода          | 3,09      | 0,5                                            | Колір світло-жовтий, поверхня гладка, формостійкість добра. Варильна вода без осаду  |
| М'яка пшениця, вода           | 2,81      | 0,8                                            | Колір темно-бежевий, поверхня гладка, формостійкість добра. Варильна вода з осадом   |
| М'яка пшениця, вода, 0,25% ТГ | 2,93      | 0,5                                            | Колір світло-бежевий, поверхня гладка, формостійкість добра. Варильна вода без осаду |

За результатами експериментів можна зробити наступні висновки. В присутності ферменту помітно змінюється структура макаронних виробів. Так, кількість сухих речовин, які перейшли у варильне середовище з виробів, отриманих із використанням борошна з м'якої пшениці, практично у 2 рази вища, ніж за використання борошна з твердої пшениці. Але застосування ферменту знижує ці втрати до показника твердої пшениці. При цьому показник привару також зростає і наближається до показника для виробів із твердої пшениці. У варильному середовищі не з'являється осад, хоча в разі застосування м'якої пшениці варильна вода має певну кількість осаду.

Додатковий позитивний ефект виявляється в тому, що в разі застосування ферменту ТГ помітно відбілюється колір зварених виробів.

Можна вважати, що дія ТГ є дещо подібною впливу яєць на структуру макаронних виробів. Бачимо, що кількість сухих речовин, що перейшли у варильне середовище, дорівнює 0,5 % у випадку застосування ТГ чи яйця (з м'якою пшеницею) або твердої пшениці.

**Таблиця 2 – Дослідження впливу ТГ та яйцепродуктів на властивості тіста та готових виробів**

| Склад зразка                        | Привар, % | Перехід сухих речовин у варильне середовище, % | Органолептична характеристика                                                                               |
|-------------------------------------|-----------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| М'яка пшениця, вода, яйце, 0,5 % ТГ | 2,73      | 0,4                                            | Колір яскраво-жовтий, поверхня гладка, формостійкість добра, пружна. Варильна вода напівпрозора, без осаду  |
| М'яка пшениця, вода, яйце           | 2,49      | 0,5                                            | Колір блідо-жовтий, поверхня гладка, формостійкість добра, пружна. Варильна вода має осад                   |
| М'яка пшениця, вода, 0,5 % ТГ       | 2,98      | 0,5                                            | Колір світло-бежевий, поверхня гладка, формостійкість добра. Варильна вода напівпрозора, з незначним осадом |

На наступному етапі досліджень встановлено дію ферменту ТГ на варильні властивості макаронних виробів з використанням білкових добавок – молока, желатину. В якості білкової добавки застосовували такі, що мають дуже добру реакційну здатність відносно до ферментного препарату трансглютаміназа. При замісі макаронного тіста використовували рідину з температурою 20 °С та 50 °С.

Обраний склад зразків виробів пояснюється наступними міркуваннями. По-перше, відомо, що температурний оптимум дії цього ферменту знаходиться в межах 45...55 °С. Тому нами обрано два способи замісу тіста – холодний і гарячий. По-друге, відомо, що ТГ володіє різною спорідненістю до білків, з якими вона здатна взаємодіяти. Щодо реакційної здатності трансглютамінази до взаємодії з різними білками харчових продуктів, їх можна поділити на три групи: дуже добра реакційна здатність з білками молока (казеїном), м'яса (желатином); добра реакційна здатність з білками хлібних культур; задовільна реакційна здатність з білками сироватки  $\alpha$ -лактальбуміном та  $\beta$ -лактоглобуліном, яйця – овальбуміном та міоглобіном м'яса. Тому як білкові добавки до рецептури макаронних виробів нами вирішено вводити білки молока та білки м'ясної сировини (на прикладі желатину). Крім того, відомо про залежність ферментативної активності від кількості ферменту в системі. Тому нами обрано інтервал концентрацій ферментного препарату – 0,03...0,05 % до маси борошна.

Результати наведені в табл. 3.

**Таблиця 3 – Кулінарні властивості макаронів з ферментом трансглютаміназа та білковими добавками**

| Склад зразка                         |                | Час варки, хв | Привар, г | Перехід сухих речовин у варильне середовище, % |
|--------------------------------------|----------------|---------------|-----------|------------------------------------------------|
| 0,03 % ТГ, 0,5 % желатину 100 % вода | гарячий заміс  | 4,41          | 43,68     | 0,4                                            |
|                                      | холодний заміс | 4,55          | 43,82     | 0,6                                            |
| 0,03 % ТГ, 1,0 % желатину 100 % вода | гарячий заміс  | 4,08          | 28,60     | 0,9                                            |
|                                      | холодний заміс | 4,20          | 31,30     | 1,0                                            |
| 0,03 % ТГ, 25 % молоко, 75 % вода    |                | 4,04          | 38,10     | 1,3                                            |
| 0,05 % ТГ, 25 % молоко, 75 % вода    |                | 4,18          | 38,15     | 1,1                                            |
| 0,03 % ТГ, 50 % молоко, 50 % вода    |                | 4,18          | 36,10     | 1,5                                            |
| 0,05 % ТГ, 50 % молоко, 50 % вода    |                | 4,04          | 32,60     | 1,2                                            |

Доведено, що за органолептичними та фізико-хімічними властивостями переважають зразки, отримані замішуванням за температури 50 °С. Вироби мали гарний вигляд, були не липкими; вода після варіння була більш прозора. Макарони, замішані в холодний спосіб, були липкими, ламкими, а вода каламутна. Ці висновки підтверджують показники кількості сухих речовин, що перейшли у варильну воду під час варіння – в разі холодного замісу вони є вищими.

Крім того, показано, що застосування желатину є більш доцільним з точки зору формування структури і кулінарних властивостей виробів. Проте, слід пам'ятати, що харчова і біологічна цінність виробів є більш високою в разі застосування молока в якості рідкої фази тіста. А певне збільшення концентрації

ферменту (до 0,05 %) виявляє найвищу ефективність у формуванні кулінарних властивостей макаронних виробів.

**Висновки.** Проаналізувавши всі результати, можна зробити висновок, що трансглютаміназа починає більш ефективно діяти з підвищенням температури замісу тіста, а також з підвищенням концентрації білкових збагачувальних речовин, які додаються в тісто. Таким чином, після низки додаткових досліджень можна рекомендувати застосовувати фермент ТГ для виробництва макаронних виробів з борошна пшеничного хлібопекарського.

#### Література

1. Химический состав пищевых продуктов. Справочник / Под ред. И.М. Скурихина и М.Н. Волгарева. – М.: Агропромиздат, 1987. – 360 с.
2. Євсєєнко Т.П., Юрчак В.Г. Створення макаронних виробів з яєчним білком для білкового збагачення раціонів харчування / Проблеми харчування, № 4. – 2004. – [Електронний ресурс]. Режим доступу: <[http://www.medved.kiev.ua/arh\\_nutr/nt4\\_2004.htm](http://www.medved.kiev.ua/arh_nutr/nt4_2004.htm)>
3. Поліпшення якості і вдосконалення асортименту макаронних виробів. Сірохман І.В. Якість і безпека зерноборошняних продуктів. – [Електронний ресурс]. Режим доступу: <<http://sg.dtk.net/books/book-6/chapter-506/>>
4. Ферменты для хлебной, макаронной и кондитерской промышленности. – [Електронний ресурс]. Режим доступу: <<http://ekspoteh.ru/index.php?name=production&op=view&id=141>>
5. Преимущества применения добавок на основе трансглютаминазы. – [Електронний ресурс]. Режим доступу: <<http://korzh-gewuerze.kharkov.ua/qa3.html>>



РОЗДІЛ 3

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ,  
ОБЛАДНАННЯ ТА ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ  
ЗЕРНОПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ**

## ЗНЕВОДНЕННЯ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ В ЕЛЕКТРОМАГНІТНОМУ ПОЛІ

Бурдо О.Г., д-р техн. наук, професор, Терзієв С.Г., канд. техн. наук, асистент,  
Яровий І.І., аспірант, Борщ А.А., аспірант  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

*Вивчення процесів зневоднення харчової сировини під впливом електромагнітного НВЧ поля. Розробка математичної моделі тепловологопереносу при мікрохвильовому підводі енергії. Експериментальна сушильна установка з мікрохвильовим підведенням енергії.*

*Study of the processes of dehydration of food raw materials under the influence of the electromagnetic microwave field. Development of a mathematical model of heat in the microwave energy supply. Experimental drying system with microwave energy input.*

Ключові слова: математичне моделювання, мікрохвильова сушка, зневоднення, бародифузія, дослідна сушильна установка.

**Вступ.** Традиційні підходи [1,2] в технологіях сушіння зіткнулися з непереборним протиріччям. Із одного боку, для інтенсифікації процесів тепломасопереносу потрібно збільшувати швидкість (тобто витрату) сушильного агента. З іншого боку, чим більша витрата теплоносія, тим більше втрачається теплової енергії з викидами сушильної установки. Вважаємо, що розв'язання зазначеного протиріччя пов'язане із зміною принципів підведення енергії до об'єкта сушіння. Нова технічна ідея, яка оприявнюється в цій роботі, ґрунтується на двох положеннях [2,3]. По-перше, слід зняти з повітря задачі теплоносія і залишити йому лише задачі дифузійного середовища, що забезпечує ефективний «приймання» та відведення вологи з вологого матеріалу. По-друге, організувати об'ємний підвід енергії до продукту. Реалізація першого положення дозволить істотно скоротити втрати тепла з відпрацьованим повітрям, а другого - серйозно скоротити час процесу сушіння.

**Механізми переносу вологи з капілярнопористих тіл.** Відповідно до загальноприйнятої класифікації П.А. Рабіндера існує три форми фізичного зв'язку вологи з матеріалом. Очевидно, що різні за фізичною суттю види зв'язку вимагають і різних механізмів їх розриву. Причому це не обов'язково повинні бути тільки дифузійні процеси. Все визначається рушійними силами, які можуть мати різноманітну природу. Сьогодні створено нові, перспективні види обладнання, ефективність роботи яких складно пояснювати з позицій сучасної теорії сушіння. Із цього випливає:

— техніка зневоднення розвивається стрімкіше, ніж теоретичні обґрунтування нових принципів видалення вологи;

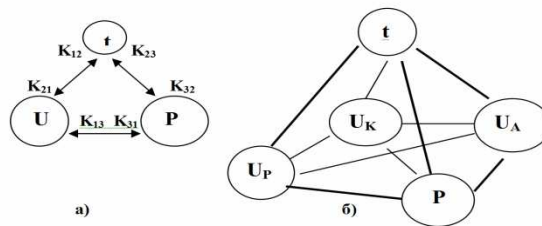
— процеси видалення вологи з матеріалу часто не відповідають поняттю «сушка», рушійні сили цих процесів не відповідають дифузійним принципам;

— часто, зневоднення – це комплекс комбінованих, процесів які зв'язано протікають, що вимагає коректного визначення дійсних механізмів переносу вологи.

Виходячи з цього, проаналізовано можливі схеми перенесення вологи. Вважаємо, що проблеми, які виникають при описі процесу сушіння, пояснюються тим, що автори, прихильники феноменологічного підходу, розглядають сушку як якийсь один процес із постійними коефіцієнтами переносу і формують моделі, виходячи з цих припущень. У даній роботі висунуто гіпотеза що, за принципом суперпозиції, сушка – це результат дії щонайменше трьох процесів: перенесення вологи з поверхні твердого тіла, перенесення вологи в обмежених умовах капілярів і десорбція вологи. Кожен із цих процесів характеризується своїм значенням рушійної сили і кінетичним коефіцієнтом швидкості процесу. Для різних процесів ці параметри можуть істотно відрізнятися. Кожний із трьох процесів підпорядковується своїм законам перенесення і реалізується за рахунок різних механізмів.

Механічне видалення вологи з поверхні тіла проводять при так званій «фільтраційній сушці». При видаленні вологи в середовище перегрітої водяної пари здійснюється типове теплоперенесення випаровуванням. Ці процеси не можна називати «сушкою» і моделювати їх дифузійними механізмами. І питання тут не стільки в термінології, скільки в принципах побудови повних моделей процесів зневоднення.

Дифузійна модель сушіння повинна враховувати розподіл у часі поверхневої вологи ( $U_p$ ), вологи в капілярах ( $U_k$ ) і адсорбційно зв'язаної вологи ( $U_A$ ). При такій постановці ускладнюються як граф тепловологопереносу (рис.1), так і система рівнянь А.В. Ликова, збільшиться число феноменологічних коефіцієнтів Кіж [4].



а – традиційний підхід, б – запропонована модель

**Рис. 1 – Граф тепловологотрансферу при сушці**

Висунута гіпотеза не суперечить фундаментальним уявленням фізики вологого капілярно – пористого тіла. Загальновизнана схема П.А. Ребіндера форм зв'язку води [2]. Видалення води різних форм зв'язку – це різні процеси зі своїми коефіцієнтами переносу, зі своїм потенціалом, рушійною силою (табл.1).

Спроба корекції рушійної сили за допомогою показника активності води  $a$ ; відома у світовій практиці [2].

**Таблиця 1 – Характеристика основних процесів сушки**

| Процес                                      | Механізм процесу                       | Рушійна сила процесу | Кінетичний коефіцієнт |
|---------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Випарювання води з поверхні                 | Конвективна дифузія                    | $a_K P_{\Pi} - P_B$  | $\beta_K$             |
| Випарювання води всередині капілярів та пор | Конвективна дифузія в обмежених умовах | $a_C P_{\Pi} - P_B$  | $\beta_C$             |
| Десорбція води                              | Конвективна дифузія                    | $a_D P_{\Pi} - P_B$  | $\beta_D$             |

**Комбіновані процеси зневоднення продукту при електромагнітному підводі енергії (ІЕМ).** Технічна ідея способу ІЕМ видалення води ґрунтується на специфічному характері градієнтів температур і вологовмісту, що формується в продукті при об'ємному, електромагнітному підводі енергії.

Виникає питання моделювання процесу при ІЕМ підводі енергії. Запропоновано [2] нове число енергетичного впливу:  $Bu = N (rV\rho)^{-1}$  для врахування впливу дії ІЕМ. Число  $Bu$  встановлює співвідношення між енергією випромінювання і тією енергією, яка необхідна для перетворення в пару всієї води ( $V$ ), що знаходиться в продукті. У співвідношенні ( $r$  - теплота фазового переходу,  $\rho$  – щільність води).

У запропонованому способі за рахунок ІЕМ частина рідини переходить у парову фазу і всередині капіляру зростає тиск  $P_K$ . За певних умов, цей тиск стає більшим, ніж тиск повітря  $P_{\Pi}$ . Виникає рушійна сила ( $P_{ГД} = P_K - P_{\Pi}$ ). Окремі капіляри, де досягнуто умови для генерації парової фази, починають періодично викидати в повітря рідину, без її випаровування. Ініціюється гідродинамічний потік з капілярів, опір якого на порядок нижче того, яке долає масовий потік. Вода з нанокapілярів викидається в мікрокапіляри, долаючи відповідний дифузійний опір. Частота таких викидів і число функціонуючих капілярів зростає із зростанням  $N$  – потужності випромінювання.

Виходячи з цих положень поставлено наступний експеримент, у якому продування шару зерна повітрям проводилось імпульсно та чергувалось із дією ІЕМ (рис.2).

Рівень енергетичних витрат (рис.2) показує, що видалення води проходить у вигляді пари і туману.

Аналіз результатів дослідів показав, що питомі витрати енергії пов'язані з діапазоном зміни температур, особливо в режимі продувки (фільтрації) продукту. І справді, така кореляція виявлена, що дозволяє зробити висновок про те, що досягнутий у досліді рівень енергетичних витрат ( $j$ ) нижчий питомої теплоти фазового переходу для води.

Із аналізу рис. 2 можна зробити два висновки:

— існує чітка залежність між величиною зміни температури при продувці продукту і значенням питомих витрат енергії на видалення води з продукту (рис.2, а);

— досягнутий у досліді рівень енергетичних витрат нижчий питомої теплоти фазового переходу для води.

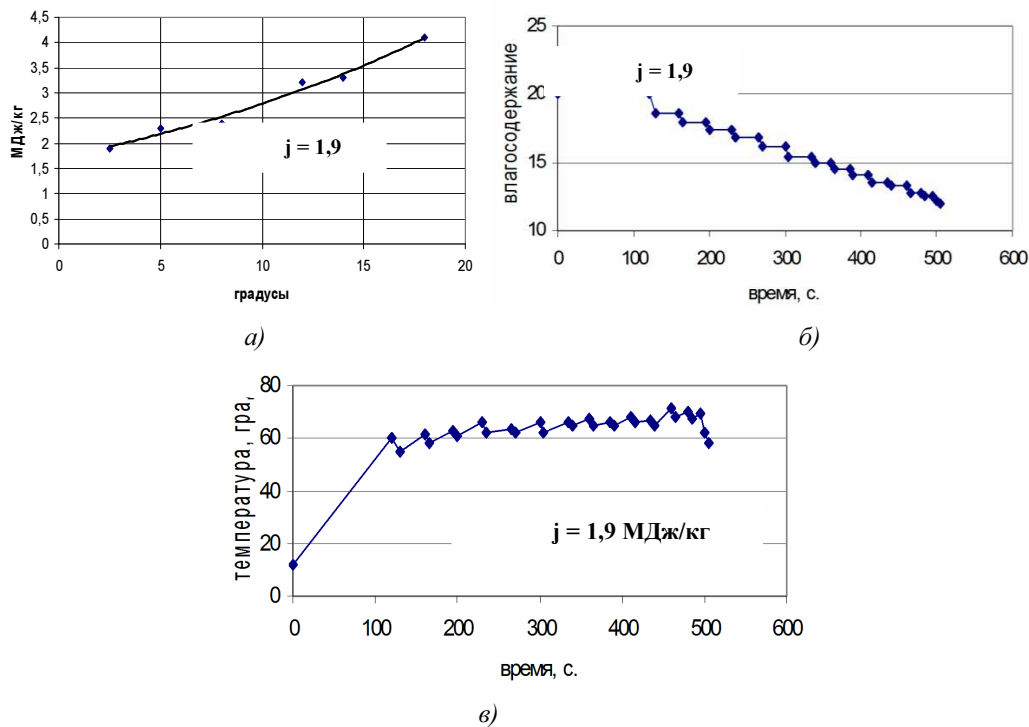


Рис. 2 – Вплив величини охолодження продукту на питомі витрати енергії (а), зменшення вологи (б) і термограму (в) процесу

Другий висновок переконливо підтверджує висунуту гіпотезу про можливість зневоднення в умовах ІЕМ без обов'язкового повного пароутворення.

Так, підтверджено висунуту гіпотезу про можливість організації зневоднення в умовах ІЕМ без обов'язкового повного пароутворення.

Структура рівняння в узагальнених змінних для умов нерухомого шару сировини, ІЕМ підводі енергії та потоку дифузійного середовища має вигляд:

$$Sh = A(Re)^n (Sc)^m (Bu)^k \quad (1)$$

Перспективним способом при організації процесу сушіння є технологія мікрохвильової (МХ) обробки сировини, що має цілий ряд важливих відмінностей від традиційних методів зневоднення.

**Схема експериментального стенду.** Для проведення комплексних досліджень створено стенд, що складається з сушильної камери, що забезпечує мікрохвильовий та інфрачервоний нагрів сировини і лабораторних ваг (рис.3). В якості сировини використовувалось зерно пшениці та варений горох. Продукт розміщувався щільним шаром, на підвісі ваг, в центрі камери.



Рис. 3 – Стенд для дослідження кінетики зневоднення в е/м полі

У результаті серії дослідів по сушці в мікрохвильовому полі отримано залежності, що відображають кінетику процесу зневоднення пшениці при різних потужностях випромінювання і різних величинах навантаження камери.

При різних, але постійній у кожній серії дослідів, потужності мікрохвильового випромінювання, змінювалась питома маса зерна в межах  $G = 1,32-5,26 \text{ кг/м}^2$ . Дані про вологовміст зерна реєструвались за

показниками електронних ваг, виходячи з балансу маси. За отриманими в результаті серії експериментів даними визначені залежності зміни вмісту води в зерні при незмінній потужності мікрохвильового випромінювання. При менших потужностях динаміка процесу пропорційно знижується. Зниження швидкості сушіння не наставало до закінчення експерименту.

**Дослідний зразок установки.** За основу для побудови мікрохвильової сушарки був прийнятий конструктив із модульним принципом компонування. Співробітниками кафедри було створено експериментальну установку (мал. 4) і проведені попередні випробування.



**Рис. 4 – Експериментальний зразок мікрохвильової сушарки**

Основні характеристики сушильної установки:

- споживана електрична потужність:  $\leq 3,0$  KVA;
- потужність МХ випромінювачів:  $\leq 1,5$  KW (р / кер.) ;
- потужність ІЧ випромінювачів:  $\leq 3,5$  KW (р / кер.) ;
- швидкість конвеєрної стрічки: 0-0,3 м / хв. (р / кер.) ;
- габаритні розміри установки, д/ш/в : 3000 / 600 / 1200 мм;
- зниження вологості за прохід:  $\leq 2,6\%$  в.в.;
- продуктивність: 3-10 кг / годину (змінна).

На сьогодні проводяться експериментальні дослідження з сушки зерна пшениці, вареного гороху та кавового шламу. Поточними завданнями досліджень є: оптимізація конструкції мікрохвильових камер, визначення оптимальних режимів сушіння для різних видів сировини та розробка нових способів контролю технологічних параметрів процесу сушіння.

**Висновки.** Перспективний крок в еволюції сушильних установок пов'язаний із завданням організації часткового механічного зневоднення, що можливо при комбінації бародифузійних технологій і принципів фільтраційного сушіння. Результати комплексних досліджень розробленого експериментального зразка мікрохвильової сушильної установки підтвердили перспективність запропонованих технічних рішень для багатоцільової мікрохвильової обробки рослинної сировини. Природно, що запропоновані принципи вимагають ряду конструкторських рішень для забезпечення поточності, безпеки і продуктивності промислових установок.

#### Література

1. Бурдо О.Г. Энергетический мониторинг пищевых производств. – Одесса: Полиграф, 2008, – 244 с.
2. Бурдо О.Г. Эволюция сушильных установок. – Одесса: Полиграф, 2010, – 368 с.
3. Бурдо О.Г. Эволюция сушильных установок. Энергетический аспект / Труды межд. науч.-тех. сем. Актуальные проблемы сушки и термовлажностной обработки материалов. – Воронеж: 2010, – С. 478-487.
4. Бурдо О.Г., Терзиев С.Г., Яровой И.И., Ружицкая Н.В. Исследование модуля ленточной сушки растительного сырья с комбинированным электромагнитным подводом энергии // Труды IV Международной научно-практической конференции «Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов) СЭТТ-2011». – Т.1, – Москва, 2011. – С. 422 – 426.

## РАЗРАБОТКА ВАЛЬЦЕДЕКОВОГО СТАНКА

<sup>1</sup>Петров В.Н., к.т.н., доцент, <sup>2</sup>Бабич М.Б., к.т.н., <sup>1</sup>Колосовский С.В., студент

<sup>1</sup>Одесская национальная академия пищевых технологий, Одесса

<sup>2</sup>НПО «Агросимомашбуд», Одесса

*В статье выполнен обзор оборудования для шелушения гречихи и проса. Наиболее подробно изложены конструктивные решения применительно к установочным механизмам данного вида оборудования.*

*The article overviews the development of millet and buckwheat hulling equipment. The more detailed design and technology concepts are referred to adjusting mechanisms for this type of equipment.*

Ключевые слова: вальцедекковый станок, шелушение гречихи и проса, абразивный валец, дека, установочный механизм.

Для шелушения зерна гречихи и проса в основном применяются вальцедекковые станки. Процесс характеризуется непродолжительным сжатием и сдвигом, что вызывает снятие оболочек, не сросшихся с ядром. При этом вращается рабочая цилиндрическая поверхность абразивного вальца, а цилиндрическая поверхность деки остается неподвижной. Вальцедекковый станок нашел широкое применение при переработке крупяных культур, из-за его большей универсальности, по сравнению с шелушительными поставами, так как позволяет устанавливать различную форму зазора между рабочими поверхностями абразивного вальца и деки, так и выполнять деку из различных по свойствам материалов (абразивных или эластичных).

Стремление к повышенному выходу продукции высших сортов привело к увеличению количества фракций параллельно обрабатываемого сырья (средний размер отличается на 0,2-0,3 мм). Это в свою очередь увеличивает требования к точности настройки рабочего зазора в вальцедекковых станках, так и к его стабильности во время эксплуатации.

При переработке гречихи устанавливают серповидный рабочий зазор (рис. 1а), что позволяет иметь две зоны активного воздействия на зерно гречихи, в основном, в начале и в конце рабочей зоны. Из бункера 1 зерновка, с помощью питающего устройства, попадает в рабочий зазор между абразивным вальцом 2 и абразивной декой 3, в результате чего оказывается прижатой одной из граней своего тетраэдра к деке и испытывает усилия микрорезания со стороны вальца. Абразивная дека при этом, оказывает тормозящее воздействие на продвижение зерновки. Зерновка продолжает сползать под воздействием усилий со стороны вальца по рабочему зазору вниз. В средней зоне деки, где зазор увеличен, зерновка гречихи имеет возможность повернуться и очередные грани с оболочкой будут подставлены под абразивное воздействие микрорезцов вращающегося вальца. Таким образом, происходит всесторонняя обработка зерна гречихи.

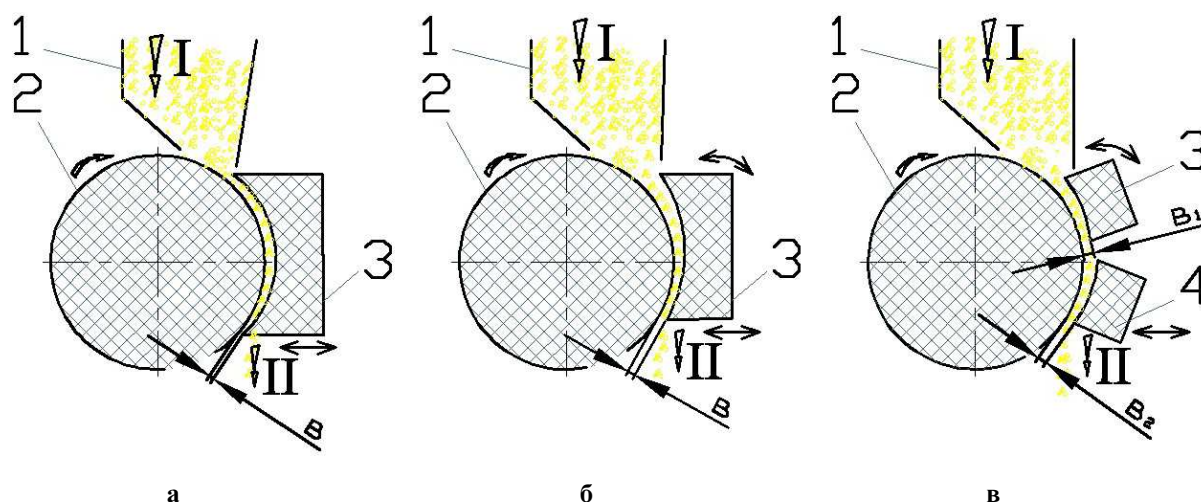


Рис. 1 – Схемы установки дек в вальцедекковом станке



При переработке зерна проса устанавливают клиновой рабочий зазор (рис.1б). При этом устанавливают деку 3 из эластичного материала: резины или полиуретана. Постепенно уменьшающийся зазор позволяет эффективно снимать остающиеся части оболочек с проворачивающегося зерна быстровращающимся абразивным вальцом 2.

Для увеличения времени воздействия вальца на зерновку в вальцедековых станках, иногда применяют схему компоновки станка с двумя деками 3 и 4 (рис. 1в). Зерно, проходя последовательно между двумя деками и вальцом 2, испытывает более длительную обработку со стороны абразивного вальца. По данной схеме в СССР разрабатывались станки моделей 2ДШС, снятые в настоящее время с производства.

Одним из важных механизмов в вальцедековом станке является механизм установки деки. В основном установочные механизмы выполняются по схемам, приведенных на рис. 2 и 3.

На рис. 2а, представлена схема установочного механизма, применявшаяся в вальцедековом станке модели СВУ-2. Станок включает: бункер 1 с питающим устройством, абразивный валец 2, установленную на тяге 4, и на суппорте 8. Для поджатия деки 3 к вальцу 2 используют гайку 5, со сферическим торцом, взаимодействующую с резьбой тяги 4. Для фиксации рабочего положения гайки 5 используется контргайка 6. Положение деки в пространстве обеспечивается и перемещением правой стороны деки в суппорте 8 с помощью винтового механизма 7 со штурвальчиком. Перед включением вальцедекового станка в работу деку 3 притирают к абразивному вальцу 2. Для этого деку 3 подгоняют с помощью двух винтовых механизмов 5 и 7 к вальцу 2 и при вращающемся абразивном вальце снимают часть поверхности деки. Затем деку 3 отводят параллельно от абразивного вальца 2. Однако произвести эту операцию с помощью двух винтовых механизмов затруднительно, требуются определенные навыки обслуживающего персонала и дополнительная поднастройка.

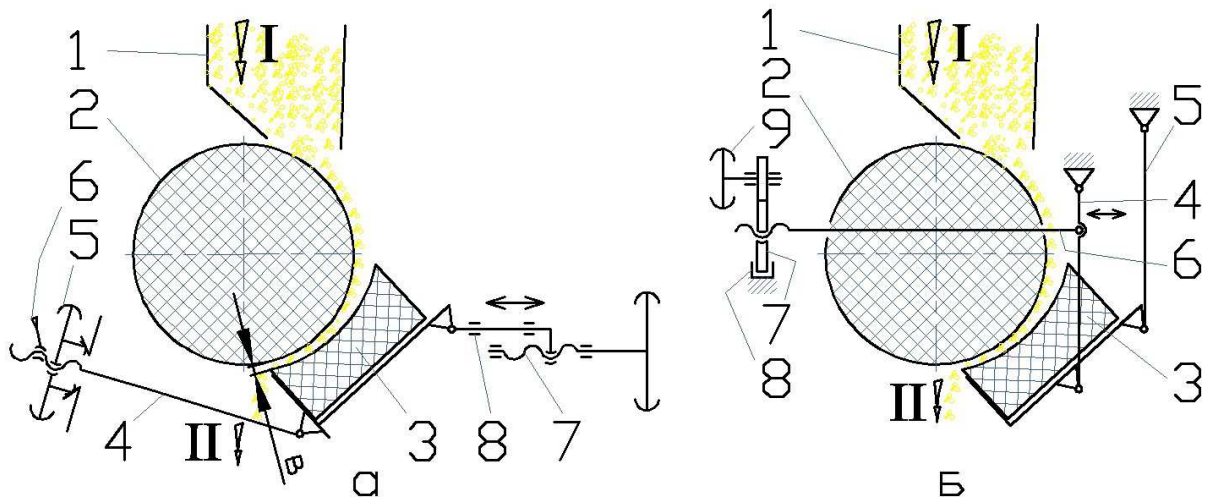


Рис. 2 – Схемы установочных механизмов вальцедековых станков

На рис. 2б приведена схема установочного механизма вальцедекового станка модели 3МШ. Станок включает бункер 1 с питающим устройством, и установленным под ним абразивным вальцом 2 из естественного песчаника средней твердости. Дека 3, с обеих боковых сторон, подвешена на двух парах тяг 4 и 5, что позволяет ей перемещаться по дуге окружности. Для управления положением деки относительно вальца, левый и правый рычаги 4 соединены резьбовыми тягами 6, с зубчатыми колесами 7, имеющими внутреннюю резьбу и установленными без возможности осевого перемещения в станине 8. Маховик 9 находится на одном валу с зубчатым колесом, которое через промежуточные зубчатые колеса соединено с зубчатыми колесами 7. Вращение маховика 9 приводит во вращение все зубчатые колеса, что в свою очередь приводит к поступательному перемещению тяг 6, так как они через резьбу соединены с зубчатыми колесами 7. Таким образом, дека 2 перемещается относительно вальца 1, тем самым увеличивая или уменьшая рабочий зазор.

При настройке параллельности деки относительно цилиндрической поверхности вальца, отсоединяют кинематическую связь зубчатых колес с одной стороны деки. С другой стороны станка тяга 6 придет в движение и дека с этой стороны будет перемещена от вальца в нужном направлении, что приведет к увеличению или уменьшению рабочего зазора. Таким образом, можно добиться параллельности деки и вальца, по всей длине вальца. Аналогичную операцию можно выполнить и с другой стороны станка. Из-

менение параллельности между декой и вальцом происходит по нескольким причинам, из которых главными остаются неравномерное питание рабочей зоны вальцедекового станка из-за нарушений в работе питающего механизма (перекос питающей заслонки, неравномерность подачи продукта в полупустой бункер и т.д.) и неравномерный износ самого вальца или деки. Исходный продукт поступает по материалопроводу в приемно-распределительную ёмкость, под которой располагается поворотная заслонка, положение которой при ручном проворачивании определяет производительность станка. Зерно, выходя равномерной струей между нижней кромкой наклонной стенки приемно-распределительной ёмкости и плоскостью заслонки, попадает в направляющий патрубок, предотвращающий излишнее разбрызгивание зерна и уменьшает его бой. Положение этого патрубка во время эксплуатации требует корректировки, из-за износа вальца и деки и смещения положения рабочей зоны. Зерно втягивается в рабочую зону быстровращающимся абразивным вальцом и прижимается к деке, осуществляющей тормозящее действие на зерновку. Из-за возникающих усилий сжатия и сдвига оболочка зерна отстает от ядра и отрывается. Продукты шелушения при выходе из рабочей зоны попадают в сборно-выводящее устройство и выводятся из станка. Как рассмотренный станок, так и другие аналогичные станки имеют ряд недостатков. Основными из них являются: неравномерная подача зерна, бой при вхождении в рабочую зону, из-за неправильной ориентации зерновок, трудность в настройке формы рабочей зоны и рабочего размера, недостаточная точность установочного механизма из-за свободного хода в резьбовых парах и шарнирах, изменение рабочих параметров из-за износа (иногда неравномерного) вальца и деки и т.д.

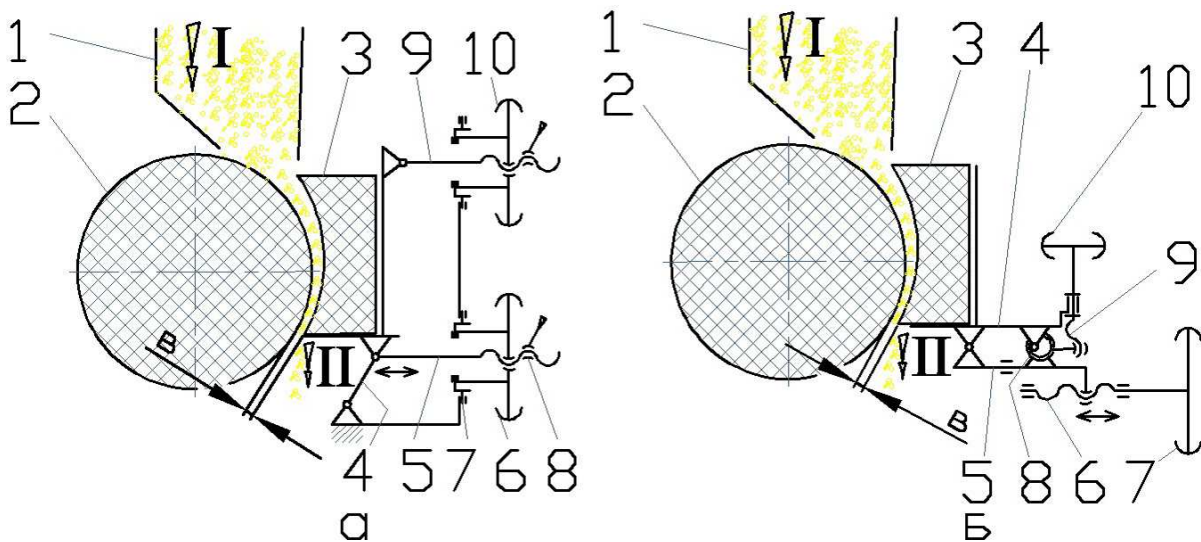


Рис. 3 – Схемы установочных механизмов вальцедековых станков

По схеме, представленной на рис. 3а, изготавливают вальцедековые станки моделей СГР-400 и СГР-600. Дека 3, в конструкциях этих станков, установлена на шарнирных рычагах 4, положение которых регулируется при помощи винта 5 с гайкой 6, установленной в шарнирах 7 станины. Фиксируется положение нижней части деки 3 с помощью контргайки 8. Положение верхней части деки регулируют с помощью аналогичного винтового механизма состоящего из винта 9 и гайки 10. Регулирование двух зон деки (верхней и нижней) позволяет выставить как серповидный, так и клиновидный зазор между вальцом и декой.

Недостатком конструкции является большое количество шарниров в установочном механизме, что приводит к излишнему свободному ходу деки. Также возникает трудность в строго параллельном отведении деки от абразивного вальца после их совместной притирки.

В модернизированном варианте станка, схема установочного механизма изменена и представлена на рис. 3б. При переработке гречихи, дека 3 в суппорте 5 перемещается по жестким направляющим 8, что даёт возможность сохранять параллельность между поверхностями абразивного вальца 2 и деки 3, при отведении последней. Дека 3 с суппортом 5 устанавливаются в рабочее положение от штурвала 7 при помощи винтового механизма 6. Декодержатель установлен на суппорте 5 шарнирно, через эксцентрик, с возможностью регулирования положения деки при помощи винтового механизма 9 от штурвала 10. Т.е. для получения клинового зазора, что необходимо при переработке проса, имеется возможность с помощью эксцентрикового механизма отклонить деку от вертикали. При этом шарнирные связи мало влияют на изменение рабочего зазора между абразивным вальцом и декой. Установка деки в жестких параллель-



ных направляющих, с возможностью поворота от жесткого эксцентрикового механизма, позволяет увеличить точность настройки станка, с сохранением этих требований при всем сроке эксплуатации станка. Изменена конструкция приемного патрубка, в которой установлены датчики уровня, управляющие работой питающего валика, приводимого во вращение от индивидуального электродвигателя. Кроме этого введена продувка продуктов шелушения технологическим воздухом и отбор оболочек. Улучшена эстетика станка за счет изменения компоновки приводных механизмов. Для отбора проб установлен снимаемый поддон.

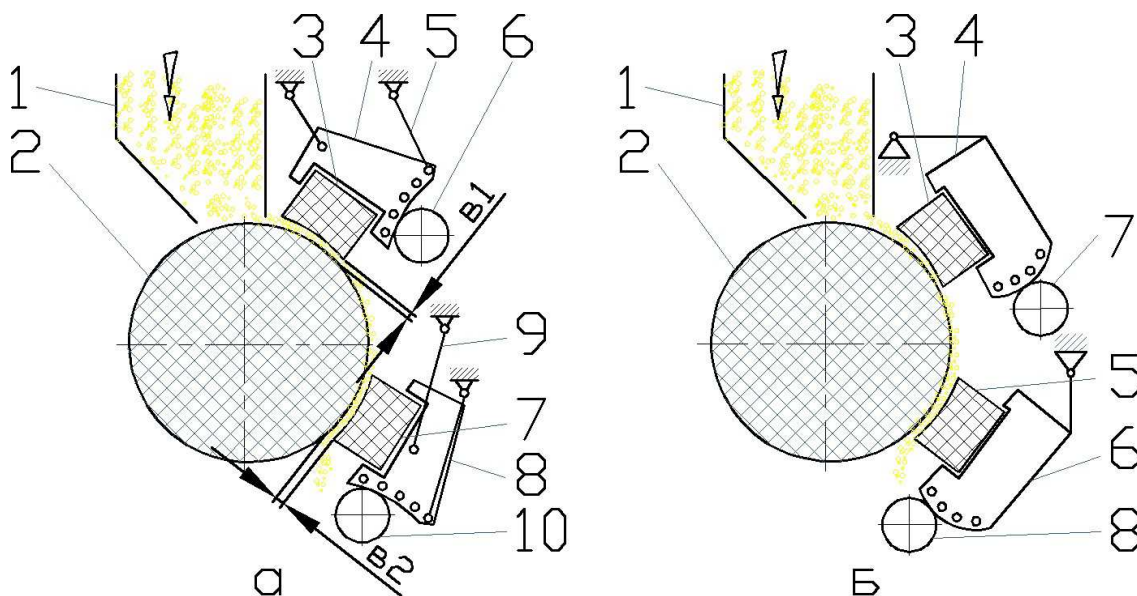


Рис. 4 – Схемы установочных механизмов вальцедековых станков модели 2ДШС

В двухдековых станках модели 2ДШС для шелушения гречки применён механизм установки деки, схема которого приведена на рис. 4а. Верхняя дека 3 установлена в декодержателе 4, который подвешен к станине на подвесках 5, представляющих шарнирный четырехзвенник. С помощью червячного редуктора и цевочного механизма 6 осуществляется перемещение деки и настройка рабочего зазора. Аналогично установлена и нижняя дека 7 в декодержателе 8 на шарнирных рычагах 9. Настройка положения данной деки осуществляется от червячного редуктора и цевочного механизма 10. Можно утверждать о приблизительно параллельном отводе деки от абразивного вальца.

При переработке проса требуется переоснастить станок и установить новые механизмы по схеме, представленной на рис. 4б. При этом верхняя дека 3 закреплена в декодержателе 4, установленном на рычагах второго рода, с возможностью качания по отношению к станине. Перемещение деки осуществляется с помощью червячного редуктора и цевочного механизма 7. Аналогично установлена нижняя дека 5 в декодержателе 6 с механизмом перемещения 8.

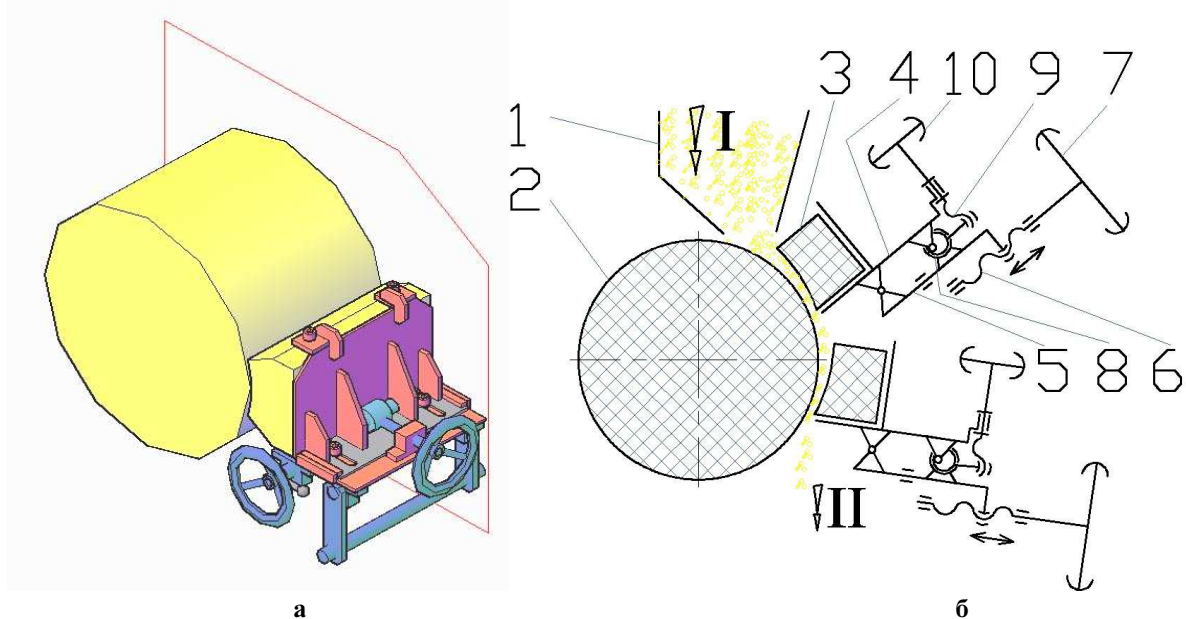
Данные механизмы перемещения дек создают клиновой зазор между декой и абразивным вальцом, однако такой зазор будет с расширением, что не соответствует технологическим требованиям процесса шелушения. Для получения хорошего технологического эффекта клиновой зазор между абразивным вальцом и декой должен быть сужающим. При этом должна быть возможность оперативной настройки как минимального расстояния между вальцом и декой, так и самого угла наклона деки по отношению к абразивному вальцу.

Одним из недостатков вальцедековых станков является нестабильность рабочего зазора, вызванная наличием многочисленных шарнирных связей (особенно в шарнирных четырёхзвенниках установки деки). Данный недостаток сказывается на небольшом сроке эксплуатации данного вида технологического оборудования.

Замена дек и переналадка механизмов при смене обрабатываемой крупяной культуры занимают продолжительное время, что сказывается на производительности линии.

Одной из проблем связанной с переходом от вальцов, выполненных из натурального песчаника на литые абразивные вальцы, является увеличение гарантированного срока службы этих изнашиваемых сборочных единиц. Ряд новшеств внедрённых на производстве позволил сократить процент брака при изготовлении абразивных вальцов и дек. Кроме этого, увеличился срок службы данных комплектующих, повысилась стойкость к растрескиванию абразивного слоя.

Как показывает опыт эксплуатации модернизированного вальцедекового станка модели СГР (совместная разработка НПО Агросимомашбуд и Хорольского механического завода) с вновь разработанным механизмом перемещения деки (рис.5а), отмеченные недостатки сведены к нулю.



**Рис. 5 – Схема нового установочного механизма деки (а) и схема вальцедекового станка с двумя деками (б)**

На вновь разрабатываемом оборудовании с двумя деками имеет смысл применить схему представленную на рис. 5б. Верхняя дека 3 установлена на платформе декодержателя 4, имеющего возможность перемещения в направляющих 5 с помощью маховика 7 и винтового механизма 6. Рабочая поверхность деки 3 отводится параллельно от абразивной поверхности вальца 2, что соответствует требованиям технологического процесса переработки гречихи. При этом создаются две рабочие зоны шелушения зерна гречихи и зона свободного вращения зерновки, необходимая для её проворачивания и снятия оболочки с другой грани зерновки. Таким образом, можно регулировать рабочий зазор между декой и абразивным вальцом.

Сама платформа 4 установлена на эксцентриковом механизме 8, имеющим возможность поворота от маховика 10 через винтовой механизм 9. Это позволяет создать жёсткий установочный механизм, позволяющий изменять угол наклона деки по отношению к абразивному вальцу. Данный механизм сохраняет точность и работоспособность при всём сроке службы вальцедекового станка.

Установка нижней деки, аналогичной по конструкции позволяет увеличить эффективность шелушения за один проход, так как добавляются дополнительно ещё две рабочие зоны, в которых происходит интенсивная обработка поверхности зерновок. Однако следует заметить, что такая компоновка приводит к дополнительному вводу зерна между второй декой и абразивным вальцом, а это увеличивает количество битого зерна в выходной смеси.

Проведённые в последнее время дополнительные исследования процессов шелушения ряда крупных культур, проектные работы по усовершенствованию технологического оборудования, введение ряда технологических новшеств в процесс изготовления самого оборудования, позволяют выпускать в Украине конкурентоспособное оборудование на соответствующем уровне.

### Литература

1. Технологическое оборудование предприятий для хранения и переработки зерна / Под ред. А.Я. Соколова / 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Колос. – 1984.
2. Шелушение зерна крупных культур. Совершенствование технологического оборудования. Филин В.М., Филин Д.В. – М.: ДеЛи принт, – 2002. – 35с.
3. Оборудование для производства муки, крупы и комбикормов. Демский А.Б., Веденьев В.Ф. Справочник. – М.: ДеЛи принт, – 2005. – 760 с.

## ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И РАСЧЁТА ЭЛЕКТРОВИБРАТОРНОГО ПРИВОДА РАБОЧИХ ОРГАНОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН В ПОСТУПАТЕЛЬНО- ВОЗВРАТНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Солдатенко Л.С., канд. техн. наук, доцент

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

*Рассмотрены особенности конструкции основных элементов электровибраторного привода рабочих органов сепарирующих и других машин в поступательно-возвратное движение. Приведена методика расчёта величины амплитуды колебаний корпуса при спаренной боковой установке мотор-вибраторов.*

*The characteristics of the basic design elements by electric vibrators drive working parts separating machines and other progressive-return motion are considered. The methods of calculating the value of the amplitude of the oscillation housing with twin side-mounted motor vibrators are given.*

Ключевые слова: электровибраторный привод, спаренное боковое расположение мотор-вибраторов.

Поступательно-возвратное движение характерно для рабочих органов многих видов технологического оборудования зерноперерабатывающих предприятий. Например, для ситовых сепараторов, зерноконцентраторов, вибропневматических камнеотборников, ситовеечных и некоторых других машин.

Механизмы для привода рабочих органов в поступательно-возвратное движение должны обеспечивать необходимые амплитудно-частотные параметры, возможность их регулирования, а также наиболее полное уравнивание сил инерции колеблющихся масс.

Кривошипно-шатунный привод не обеспечивает полного уравнивания сил инерции и используется только для машин относительно низкой производительности.

Инерционный (самобалансный) колебатель с двумя или с тремя грузами, вращающимися в параллельных плоскостях, обеспечивает полное уравнивание сил инерции, однако, относительно сложен конструктивно.

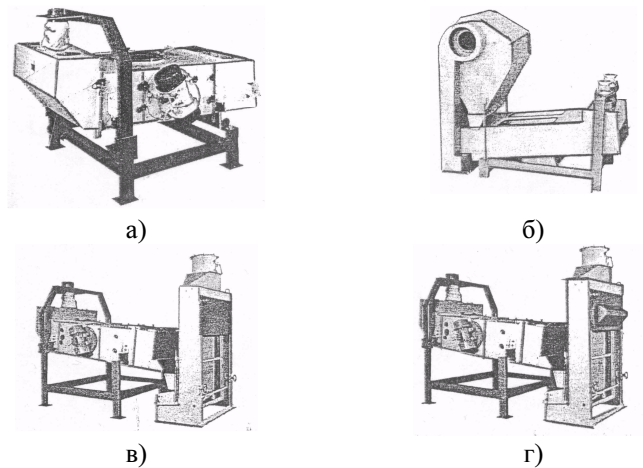
Поэтому в последние десятилетия получил распространение электровибраторный приводной механизм маятникового типа. Обязательным элементом маятникового колебателя является резино-металлический сайлент-блок, который обеспечивает уравнивание поперечно-направленных составляющих центробежных сил инерции силами упругости кольцеобразного резинового слоя, испытывающего знакопеременные деформации сдвига. Усталостное разрушение сайлент-блока — основной недостаток маятникового колебателя.

Дальнейшему распространению электровибраторного привода способствовало спаренное расположение двух одинаковых электромеханических вибраторов, которые самосинхронизируются при вращении грузов-дебалансов с одинаковым статическим моментом в противоположных направлениях и запуске их от одного магнитного пускателя [1]. В этих условиях спаренная установка мотор-вибраторов способствует их функционированию в режиме самобалансного колебателя направленного действия, обеспечивающего полное уравнивание сил инерции колеблющихся масс.

Вначале практиковали спаренную установку колебателей на торцевой стенке корпуса либо на торцевой траверсе, находящейся в его нижней части, что более удобно, т.к. допускает несложное регулирование угла распространения колебаний относительно продольной оси корпуса. Такое решение используют, например, в сепараторах типа СПВ-Н российской фирмы «Совокрим» [2].

В последние годы большинство отечественных предприятий и зарубежных фирм предпочитают установку мотор-вибраторов на боковых продольных стенках колеблющихся корпусов (например, в сепараторах Р1–АСК российской фирмы «Мельинвест», в сепараторах ММСБ польской фирмы «Спомаш», в сепараторах «Классифайер» швейцарской фирмы «Бюлер», а также в отечественных сепараторах СВ-6 Харьковского ПО «Станкинпром» и БСХМ-16 Хорольского механического завода.

При боковом расположении вибраторов их опорные плоскости должны лежать на одной оси, пересекающей центр масс колеблющейся системы. Поворачивая вибраторы на один и тот же угол, можно регулировать направление распространения колебаний ситового корпуса. И хотя ширина корпуса с вибраторами несколько увеличивается, простота конструкции такого привода очевидна, а достигнутое удобство его эксплуатации и обслуживания — неоспоримо. Крепление вибраторов осуществляют к поворотным либо неподвижным дискам, закреплённым на боковых стенках корпуса. В дисках имеются кольцеобразные пазы, сквозь которые проходят крепёжные болты. Вибраторы поворачивают относительно продольной оси, отпуская болты и визуально контролируя угол поворота по шкале на боковой стенке корпуса (рис. 1).

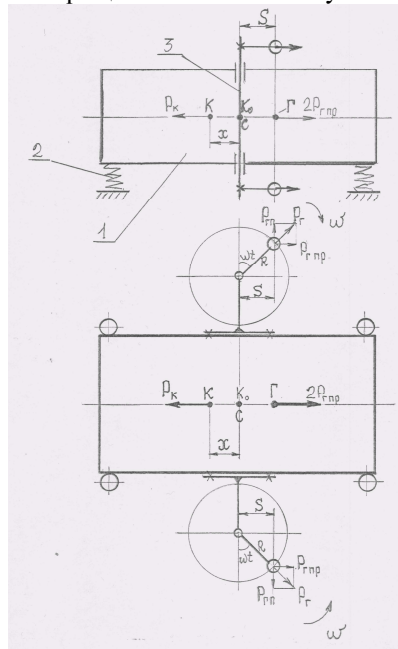


а) сепаратор PI-ACK; б) сепаратор ММСБ; в) сепаратор СВ-6; г) сепаратор БСХМ-16

**Рис. 1 – Ситовые и ситовоздушные сепараторы зарубежного и отечественного изготовления**

Величину амплитуды колебаний корпуса при боковом расположении мотор-вибраторов можно определить на основе расчётной схемы для определения величины амплитуды колебаний корпуса, приводимого в поступательно-возвратное движение спаренной установкой мотор-вибраторов при их расположении на продольных боковых стенках корпуса (рис. 2).

Как следует из рассмотрения схемы, перемещение центра масс корпуса относительно среднего его положения обозначено буквой  $x$ . Соответствующие этим перемещениям отклонения горизонтальной проекции центра масс грузов от оси их вращения обозначены буквой  $S$ .



1 – корпус; 2 – пружинная опора; 3 – электромеханический вибратор;  $K$  – мгновенное положение центра масс корпуса;  $K_0$  – положение центра масс корпуса при  $wt=0$ ;  $C$  – центр масс материальной системы;  $G$  – мгновенное положение центра масс грузов-дебалансов

**Рис. 2 – Расчётная схема для определения величины амплитуды колебаний корпуса**

На основании теоремы об изменении количества движения материальной системы (третье следствие), можно утверждать, что проекция количества движения материальной системы на некоторую неподвижную ось  $Q_x$  остаётся постоянной, если проекция на эту ось главного вектора всех внешних сил, приложенных к системе,  $R_{Ai0}$  равна нулю.

Если условно пренебречь упругостью опор ситового корпуса и сопротивлением среды его перемещениям, то можно допустить, что  $R_{AIO} = 0$ .

Тогда,

$$Q_x = Q_{ox} = const,$$

где  $Q_{ox}$  — начальное значение проекции  $Q_x$ .

Очевидно, что

$$2m_{\bar{a}} \frac{dS}{dt} - (2m_{\bar{a}} + m_k) \frac{dx}{dt} = const.$$

При  $t=0$  и  $S=0$   $x=0$ , т.е.  $\frac{dS}{dt} = 0$ ,  $\frac{dx}{dt} = 0$  и  $Q_{ox} = 0$ .

Следовательно,  $Q_x = 0$ , а значит,

$$2m_{\bar{a}} \frac{dS}{dt} - (2m_{\bar{a}} + m_k) \frac{dx}{dt} = 0.$$

Но в свою очередь

$$\frac{dS}{dt} = \frac{d}{dt}(R \sin wt) = wR \cos wt.$$

Тогда

$$2m_{\bar{a}} wR \cos wt = (2m_{\bar{a}} + m_k) \frac{dx}{dt}.$$

Откуда следует, что

$$dx = \frac{2m_{\bar{a}}}{2m_{\bar{a}} + m_k} R w \cos wtdt.$$

Интегрируя, получаем

$$\int dx = \frac{2m_{\bar{a}}}{2m_{\bar{a}} + m_k} R \frac{w}{w} \int \cos wtdt.$$

Следовательно,

$$x = \frac{2m_{\bar{a}}}{2m_{\bar{a}} + m_k} R \sin wt + C.$$

При начальных условиях  $wt=0$ ,  $x=0$  постоянная интегрирования  $C=0$ .

Тогда формула приобретает вид

$$x = \frac{2m_{\bar{a}} R}{2m_{\bar{a}} + m_k} \sin wt + C. \quad (1)$$

Выражение (1) — это уравнение гармонических колебаний корпуса, совершающего поступательно-возвратное движение.

Абсолютная величина максимального отклонения корпуса от среднего положения, т.е. амплитуда его колебаний, теоретически равна

$$a_0 = \frac{2m_{\bar{a}} R}{2m_{\bar{a}} + m_k}. \quad (2)$$

Анализ (2) обнаруживает, что:

- теоретическая величина амплитуды колебаний корпуса равна отношению статического момента грузов к массе колеблющейся системы;
- увеличение массы корпуса или уменьшение массы грузов приводит к уменьшению амплитуды, и наоборот;
- величина амплитуды не зависит от угловой скорости вращения грузов.

В действительности же величина амплитуды колебаний несколько больше теоретической за счёт запаздывающего действия сил упругости подвесок корпуса.

В качестве подвесок ситовых корпусов, с относительно небольшой массой и небольшой амплитудой, применяют резино-металлические опоры на базе резиновых композиций, имеющих высокие упруго-эластичные характеристики.

Для высокопроизводительных сепараторов предпочитают пружинные опоры в виде одинарных или двойных V-образных витых цилиндрических пружин сжатия, обладающих увеличенной долговечностью и стабильностью жесткостных характеристик.

Поскольку упомянутые вибросепараторы работают в зарезонансном режиме, в них используют ограничители амплитуды колебаний при переходе через резонанс. Они могут иметь различное конструктивное исполнение, например, фирма «Совокрим» применяет серийные амортизаторы с автомобилями ВАЗ, обеспечивающие надёжную и долговечную работу.

Разумеется, что основным элементом электровибраторного приводного устройства является электромеханический вибратор, техническая характеристика которого оказывает определяющее влияние на параметры всей установки.

В оборудовании предприятий отрасли хлебопродуктов наиболее распространены мотор-вибраторы типа ИВ и ЭВ. Основные технические данные мотор-вибраторов ЭВ приведены в табл. 1.

**Таблица 1 – Технические характеристики мотор-вибраторов ЭВ**

| Тип вибратора | Номинальная мощность, кВт | Максимальная возмущающая сила, кН | Синхронная частота вращения грузов-дебалансов, об/мин |
|---------------|---------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|
| ЭВ 63-4УЗ     | 0,12                      | 1,76                              | 1500                                                  |
| ЭВ 100-4УЗ    | 0,75                      | 5,88                              | 1500                                                  |
| ЭВ 100-6УЗ    | 0,37                      | 0,60                              | 1000                                                  |
| ЭВ 132-4УЗ    | 2,2                       | 18,25                             | 1500                                                  |

Зарубежные фирмы изготавливают более широкую номенклатуру мотор-вибраторов по мощности, частоте вращения (750...1500 об/мин) и возмущающей силе, что способствует распространению электровибраторного привода.

#### Литература

1. Блехман И.И. О самосинхронизации механических вибраторов. — «Известия АН СССР. Сер. ОТН», 1968, №6, С. 54 — 67.
2. Глебов Л.А., Демский А.Б., Веденьев В.Ф. и др. Технологическое оборудование предприятий отрасли (зерноперерабатывающие предприятия). — М.: ДеЛиПринт. — 2006. — 816 с.

УДК 664-492.2:621.928.23

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ НА ТРАЕКТОРИЮ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦЫ ПО ПОВЕРХНОСТИ РАБОЧЕГО ОРГАНА ВИБРАЦИОННОГО СЕПАРАТОРА

Батт А.В., канд. техн. наук, доцент, Чумаченко Ю.Д., канд. техн. наук, доцент  
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

*В данной статье приводятся результаты исследования влияния угла взаимного расположения дебалансов, их масс и частоты колебаний на траекторию движения частицы по поверхности рабочего органа вибрационного сепаратора.*

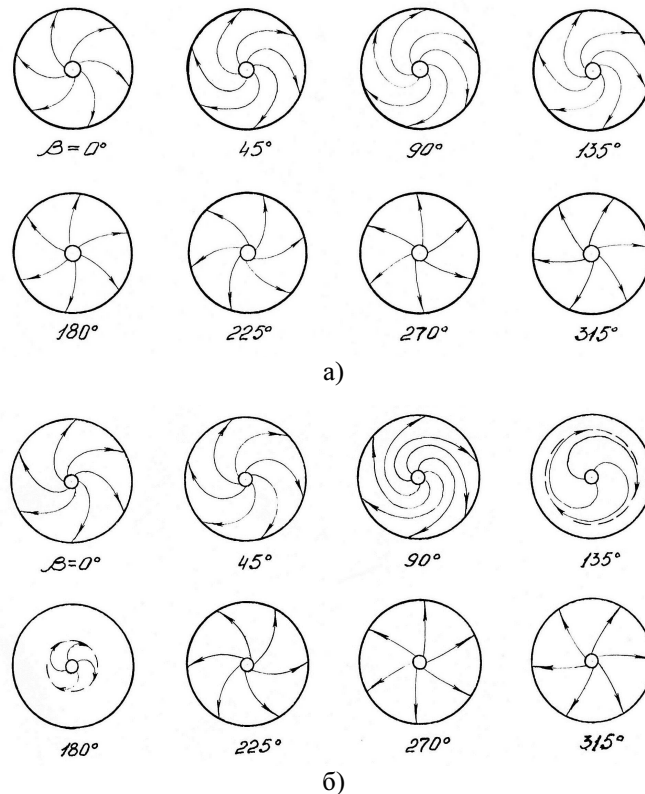
*This article presents the results of investigation of the influence of the angle relative position of the unbalanced masses, their mass and frequency fluctuations in the trajectory of the particles on the surface of the working body of the vibratory separator.*

Ключевые слова: вибрационное сепарирование, трудносыпучие пищевые продукты.

Проведено изучение влияния угла взаимного расположения дебалансов, их масс и частоты вращения на траекторию движения частиц сыпучего продукта по поверхности рабочего органа вибрационного сепаратора. Изменяя указанные параметры, изменяют направленность колебаний рабочего органа, вследствие чего на его поверхности получают движение продукта по различным траекториям.

Изменение траектории движения частицы по поверхности рабочего органа от угла взаимного расположения дебалансов изучали во всем диапазоне его изменения: от 0° до 360°, при частоте колебаний 25 с<sup>-1</sup>.

На рис. 1 представлены проекции на горизонтальную плоскость траекторий движения частицы в зависимости от угла взаимного расположения дебалансов при различном соотношении их масс.



а –  $m_g/m_n = 0,10 \text{ кг}/0,15 \text{ кг}$ ; б –  $m_g/m_n = 0,15 \text{ кг}/0,10 \text{ кг}$

**Рис. 1 – Влияние угла взаимного расположения дебалансов на параметры траектории движения частицы по поверхности рабочего органа**

Из представленных на рисунках траекторий движения частицы видно, что угол взаимного расположения дебалансов в значительной степени влияет на параметры движения частицы по поверхности рабочего органа. В большинстве случаев частица перемещается по разворачивающейся спирали от центра к периферии. При опережении верхнего дебаланса нижним, т.е. при углах взаимного расположения дебалансов от  $0^\circ$  до  $180^\circ$ , частица перемещается по более крутой спирали.

При соотношениях масс дебалансов  $m_g/m_n = 0,10 \text{ кг}/0,15 \text{ кг}$ , т.е. когда масса нижнего дебаланса больше массы верхнего дебаланса, с увеличением угла взаимного расположения дебалансов от  $0^\circ$  до  $90^\circ$  кривизна спиралей увеличивается. В пределах изменения угла взаимного расположения дебалансов от  $45^\circ$  до  $90^\circ$  достигается наибольшая кривизна траектории движения, т.е. в рассматриваемых случаях частица проходит наибольший путь по поверхности рабочего органа. При дальнейшем увеличении угла взаимного расположения дебалансов кривые траекторий спрямляются и при углах  $180^\circ$ ,  $270^\circ$  и  $315^\circ$  мало отличаются от прямых линий.

При соотношениях масс дебалансов  $m_g/m_n = 0,15 \text{ кг}/0,10 \text{ кг}$  с увеличением угла взаимного расположения дебалансов кривизна спиралей увеличивается и достигает постоянного значения при  $\beta = 135^\circ$ .

При увеличении угла взаимного расположения дебалансов с  $225^\circ$  кривизна спиралей уменьшается и приближается к нулю для  $\beta = 315^\circ$ . При этом траектории приближаются к радиальным прямым линиям, причем частица перемещается по этим траекториям от периферии к центру.

При соотношении масс дебалансов  $m_g/m_n = 0,15 \text{ кг}/0,10 \text{ кг}$  частица перемещается по траектории с постоянной кривизной в двух случаях: при углах взаимного расположения дебалансов  $135^\circ$  и  $180^\circ$ .

При соотношении масс дебалансов  $m_g/m_n = 0,15 \text{ кг}/0,10 \text{ кг}$  для  $\beta = 315^\circ$  участок траектории с постоянной кривизной, когда частица движется по окружности, находится на периферии рабочего органа. При  $\beta = 180^\circ$  радиус окружности, по которой перемещается частица, значительно меньше.

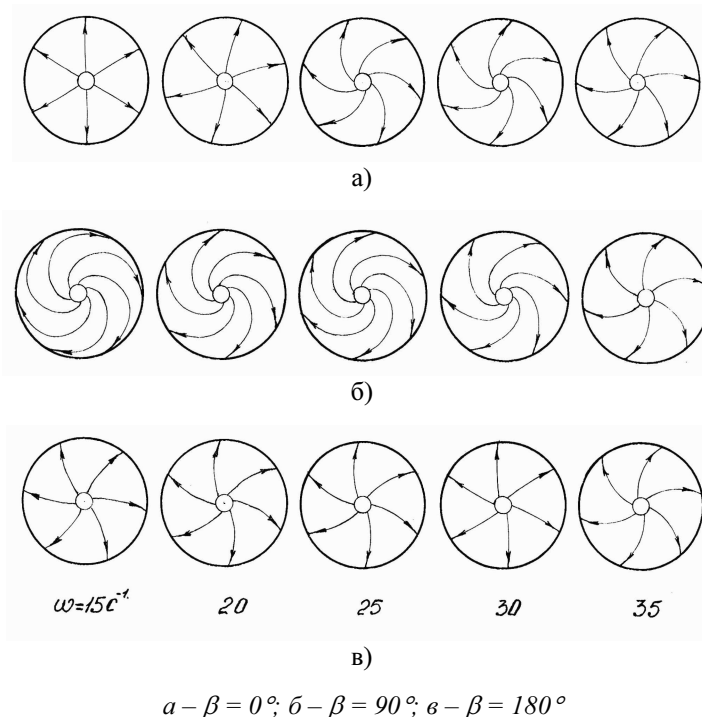
С увеличением угла взаимного расположения дебалансов радиус кривизны траектории движения уменьшается.

Таким образом, в случае, когда масса нижнего дебаланса больше массы верхнего дебаланса, частица проходит наибольший путь при углах взаимного расположения дебалансов в пределах от  $45^\circ$  до  $135^\circ$ . В

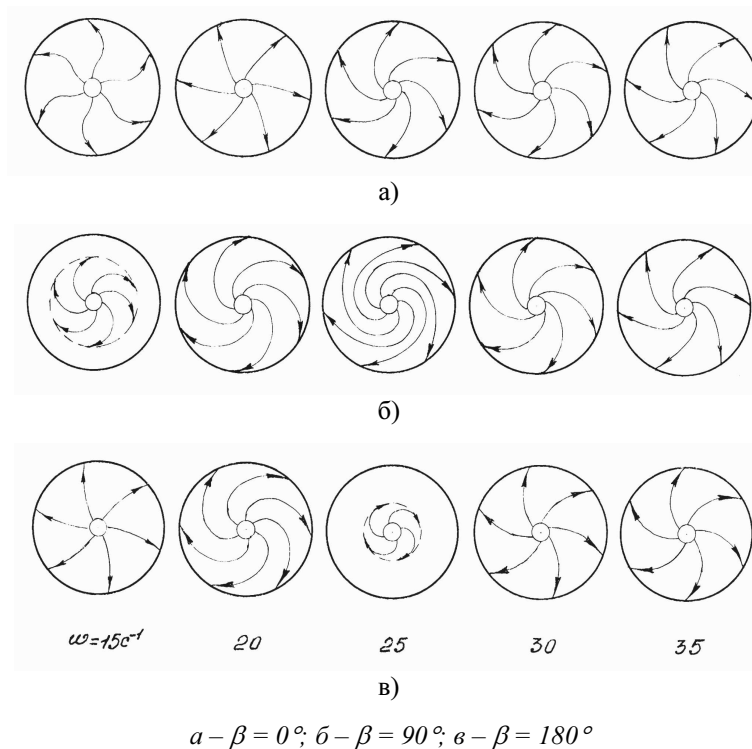


случае, когда масса верхнего дебаланса больше массы нижнего дебаланса, частица проходит наибольший путь при углах взаимного расположения дебалансов в пределах от  $45^\circ$  до  $180^\circ$ .

Исследование влияния частоты колебаний на траекторию движения частицы проводили при различных углах взаимного расположения дебалансов и различных соотношениях их масс. Результаты исследования представлены на рис. 2 и 3.



**Рис. 2 – Влияние частоты колебаний на параметры траектории движения частицы по поверхности рабочего органа ( $m_g/m_n = 0,10 \text{ кг}/0,15 \text{ кг}$ )**



**Рис. 3 – Влияние частоты колебаний на параметры траектории движения частицы по поверхности рабочего органа ( $m_g/m_n = 0,15 \text{ кг}/0,10 \text{ кг}$ )**



Из представленных рисунков видно, что частота колебаний оказывает меньшее влияние на траекторию движения частицы по поверхности рабочего органа, чем угол взаимного расположения дебалансов. Изменение частоты колебаний приводит к тому, что траектория движения частицы — спираль несколько деформируется, но форма её остается прежней.

Следует отметить, что в большинстве случаев траектория движения частицы достигает наибольшей кривизны при частоте колебаний  $25 \text{ с}^{-1}$ . Лишь в двух случаях для соотношения масс дебалансов  $m_6/m_n = 0,15 \text{ кг}/0,10 \text{ кг}$  и углах взаимного расположения между ними  $90^\circ$  и  $180^\circ$  кривизна спирали достигает постоянного значения, т. е. когда частица движется по окружности, при частоте колебаний  $15 \text{ с}^{-1}$  и  $25 \text{ с}^{-1}$  (рис. 3). При  $\omega = 20 \text{ с}^{-1}$  кривизна спирали уменьшается, а при  $\omega = 25 \text{ с}^{-1}$  вновь увеличивается и при дальнейшем увеличении частоты колебаний траектории движения частицы, несколько выпрямляются.

Для соотношения масс дебалансов  $m_6/m_n = 0,10 \text{ кг}/0,15 \text{ кг}$  и угле  $\beta = 180^\circ$  траектории движения частицы приближаются к радиальным прямым линиям. При этом частица по траекториям перемещается от центра к периферии.

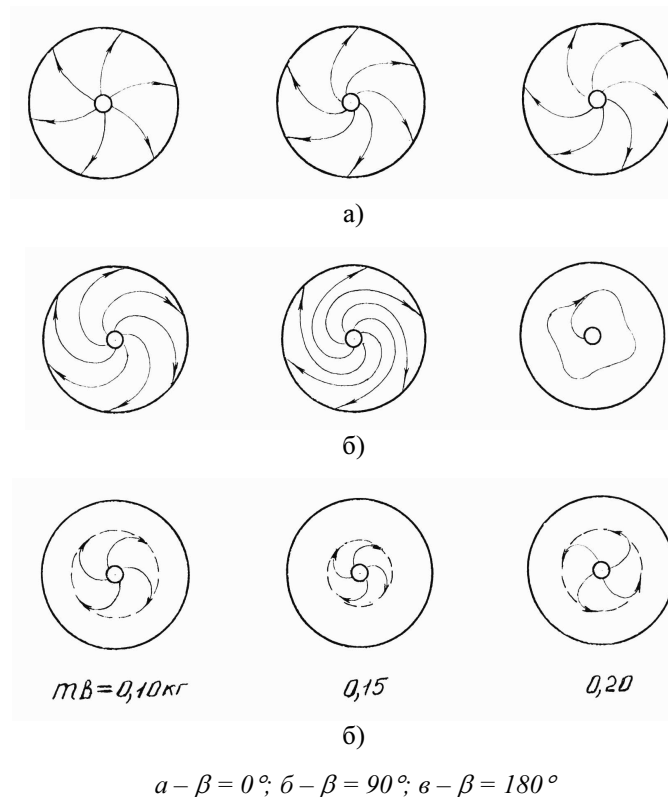
Таким образом, траектория движения частицы достигает наибольшей кривизны, т. е. проходит наибольший путь по поверхности рабочего органа, в основном, при частоте колебаний  $25 \text{ с}^{-1}$  и угле взаимного расположения дебалансов  $90^\circ$ .

Исследование влияния масс дебалансов на траекторию движения частицы проводили при постоянной массе одного из дебалансов, равной  $0,10 \text{ кг}$  и частоте колебаний  $25 \text{ с}^{-1}$ .

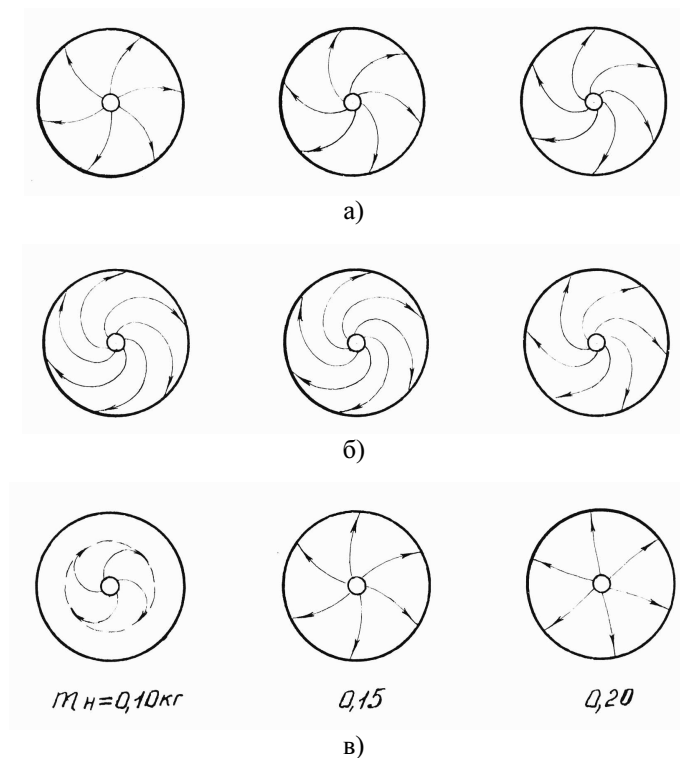
На рис. 4 и 5 представлены траектории движения частицы при изменении массы соответственно верхнего и нижнего дебалансов при различных углах взаимного расположения между ними.

С увеличением массы верхнего дебаланса кривизна траектории движения увеличивается для углов взаимного расположения дебалансов  $0^\circ$  и  $90^\circ$ . При  $\beta = 90^\circ$  и  $m_6 = 0,20 \text{ кг}$  частица перемещается по замкнутой траектории. При  $\beta = 180^\circ$  кривизна спиралей достигает постоянного значения во всех трех случаях, т. е. частица перемещается по окружности. Изменение массы верхнего дебаланса ( $\beta = 180^\circ$ ) приводит к изменению радиуса окружности, по которой движется частица.

Увеличение массы нижнего дебаланса лишь при  $\beta = 0^\circ$  приводит к некоторому увеличению кривизны спирали. В остальных случаях с увеличением массы нижнего дебаланса радиус кривизны траектории движения уменьшается. При  $\beta = 180^\circ$  и  $m_n = 0,20 \text{ кг}$  траектории приближаются к радиальным прямым линиям.



**Рис. 4 – Влияние массы верхнего дебаланса на параметры траектории движения частицы по поверхности рабочего органа**



$$a - \beta = 0^\circ; b - \beta = 90^\circ; c - \beta = 180^\circ$$

**Рис. 5 – Влияние массы нижнего дебаланса на параметры траектории движения частицы по поверхности рабочего органа**

Таким образом, с увеличением массы верхнего дебаланса величина пути, проходимого частицей по поверхности рабочего органа, увеличивается и достигает наибольшего значения при углах взаимного расположения дебалансов  $90^\circ \dots 180^\circ$ .

#### Выводы

Установлено, что наибольшее влияние на траекторию движения частицы по сити оказывает угол взаимного расположения дебалансов. Частота колебаний оказывает незначительное влияние на траекторию движения частицы. Масса верхнего дебаланса оказывает более существенное влияние на изменение траектории движения частицы, чем масса нижнего дебаланса.

Определены значения основных факторов, определяющих траекторию движения частицы по поверхности сита вибрационного сепаратора, позволяющих выбрать траекторию с наибольшей экспозицией сепарирования.

#### Литература

1. Батт А. В. Функциональные зависимости процесса вибрационного сепарирования трудносыпучих продуктов [Текст] / А. В. Батт, Ю. Д. Чумаченко // Наукові праці ОНАХТ, Одеса, 2011. – Вип. 40, Т. 1. – С. 57-62.
2. Батт А. В. Исследование кинематических параметров вибрационного сепаратора [Текст] / А. В. Батт, Ю. Д. Чумаченко // Наукові праці ОНАХТ, Одеса, 2012. – Вип. 42, Т. 1. – С. 257-261.
3. Гончаревич И. Ф. Вибрационная техника в пищевой промышленности [Текст] / И. Ф. Гончаревич, Н. Б. Урьев, М. А. Талейсник. – М.: Пищ. пром-сть, 1977. – 280 с.
4. Гортинский В. В. Процессы сепарирования на зерноперерабатывающих предприятиях [Текст] / В. В. Гортинский, А. Б. Демский, М. А. Борискин. – М.: Колос, 1980. – 304 с.
5. Заика П. М. Вибрационные зерноочистительные машины [Текст] / И. М. Заика. – М.: Машиностроение, 1967. – 144 с.
6. Петрусов А. И. Зерноперерабатывающие высокочастотные вибрационные машины [Текст] / А. И. Петрусов. – М.: Машиностроение, 1975. – 40 с.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ КРИВОШИПНО-ПОЛЗУННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ИМПУЛЬСНОГО РЕДУКТОРА ПРИВОДА ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

Амбарцумянц Р.В., д-р техн. наук, профессор, Аванесьянц Г.А. канд. техн. наук.  
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

*Предлагается привод зерноперерабатывающих машин с импульсным движением рабочего органа. В качестве основного источника импульсного движения использована оригинальная конструкция импульсного редуктора. Приведена методика расчета его элементов.*

*The drive of technological machines is offered for treatment of grain with impulsive motion of working organ. As a basic source of impulsive motion the original construction of impulsive reducing gear is used. Methodology over of calculation of his elements is brought.*

Ключевые слова: привод, импульс, обработка, зерно, расчет.

Эффективность и оптимизация технологического процесса рабочих машин во многом зависит от частоты и формы движения рабочего органа, которые обеспечиваются приводом машины. Экспериментально доказано [1], что во многих случаях использование импульсного движения исполнительного органа способствует значительному повышению производительности и снижению энергозатрат. Особенно эффективна такая форма движения в технологическом оборудовании, используемом на крупных заводах и мельницах. Процесс обработки зерна (дробление, измельчение, шелушения, шлифования ядра и др.) значительно облегчается, если рабочие органы таких машин совершают импульсное вращательное движение. Сама форма импульсного движения способствует облегчению указанных технологических процессов, а это приводит к снижению энергозатрат и повышению эффективности обработки зерна.

Известно, что для облегчения процесса отделения оболочки на зерно в некоторых машинах (например, шелушильные машины с бичами) на зерно воздействуют ударами, что не может не сопровождаться повреждением его ядер. Применение импульсного движения значительно снижает риск такого негативного явления.

Целью данной работы является разработка и расчет параметров основного элемента такого привода – импульсного редуктора.

В импульсных редукторах в качестве преобразующих механизмов применяются различного вида рычажных, зубчато-рычажных, кулачковых и других механизмов. В большинстве таких преобразователях используется лишь некоторая часть поворота качающегося звена. Нами разработана конструкция импульсного редуктора с кривошипно-ползунным преобразователем движения (рис. 1) [2].

Конструкция импульсного редуктора представлена на рис.1, где

фиг. 1 – вид спереди в сечении В-В по фиг. 2;

фиг. 2 – вид в разрезе А-А по фиг. 1.

Импульсный редуктор состоит из корпуса 1, крыши корпуса 2, закрепленной с корпусом 1 винтами и корпуса 3 ведущего вала. Корпус 3 закреплен с крышкой корпуса 2 винтами. В корпусе 3 с помощью подшипников качения установлен ведущий вал 4, с которым шпонкой 5 связан эксцентрик 6. С валом 4 жестко связан противовес 7 с массой, равной массе эксцентрика 6. Эксцентрик 6, в свою очередь, установлен внутри прямоугольной замкнутой рамки 8 в перпендикулярном относительно оси вала 4 направлении. Ширина рамки 8 равна диаметру эксцентрика 6, а высота - больше диаметра эксцентрика плюс две длины эксцентриситета  $\varepsilon$  (см. фиг.1, 2) и меньше высоты корпуса 3 ведущего вала 4 на величину гарантированного зазора с корпусом ведущего вала. Прямоугольная рамка 8 находится внутри корпуса 3 и жестко связана с первой зубчатой рейкой 9 болтами. На зубчатой рейке 9 жестко закреплен палец 10, на котором подвижно установлен ролик 11 (см. фиг. 2). Ролик 11 входит в радиальный паз рычага 12. Рычаг 12 жестко связан с осью 13, установленной с помощью подшипников в крышке корпуса 2. В радиальном пазу с противоположной стороны рычага 11 находится ролик 14, подвижно соединенный с другой зубчатой рейкой 15. На зубчатой рейке 15 жестко закреплен противовес 16, снабженный пальцем 17. Палец 17 образует подвижное соединение с крышкой корпуса 2. Зубчатые рейки 9 и 15 входят в зацепление соответственно с зубчатыми венцами 18 и 19, являющимися одновременно внешними обоями МСХ. Зубчатые венцы 18 и 19 через ролики 20 контактируются с внутренней обоймой 21 МСХ. Внут-

рення обоймы 21 МСХ с помощью шпонки 22 неподвижно связана с ведомым валом 23, установленным с помощью подшипников качения в корпусе 1.

Импульсный редуктор работает следующим образом.

Вращательное движение от внешнего источника (на чертежах не показан) передается к ведущему валу 4, от которого оно через шпонку 5 передается эксцентрику 6. Вращательное движение эксцентрика 6 преобразуется в поступательное движение зубчатой рейки 9. При перемещении зубчатой рейки 9 вправо, что происходит за половину оборота эксцентрика 6, зубчатый венец 18 вращается по часовой стрелке, происходит заклинивание между зубчатым венцом 18, роликом 20, внутренней обоймой 21 и вращательное движение через шпонку 22 передается ведомому валу 23. Одновременно через ролик 11 движение передается рычагу 12. От рычага 12 через ролик 14 поступательное движение в противоположную сторону (в данном случае налево) сообщается зубчатой рейке 15.

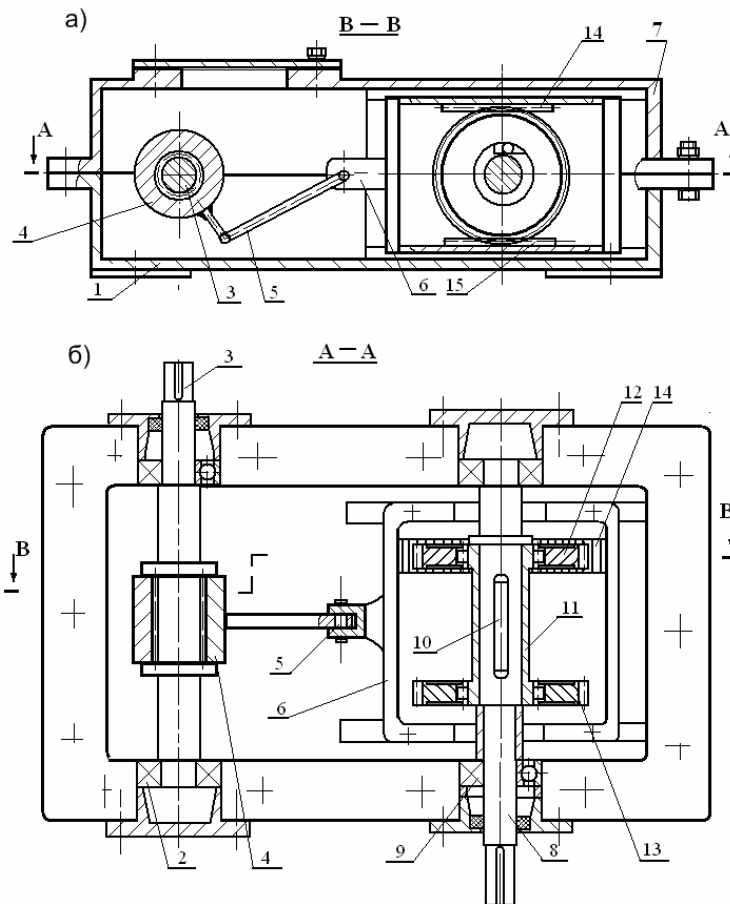


Рис. 1 – Импульсный редуктор

От зубчатой рейки 15 движение передается зубчатому венцу 19, он начинает вращаться против часовой стрелки, происходит расклинивание внешнего венца МСХ с внутренней обоймой. Таким образом, такое движение зубчатого венца 19 является холостым. При дальнейшем повороте эксцентрика 6 до полного оборота зубчатая рейка 9 поступательно перемещается влево и для него это является холостым ходом, а рычаг 12 перемещает зубчатую рейку 15 вправо. Зубчатая рейка 15 вращает зубчатый венец 12 по часовой стрелке, происходит заклинивание между ней и внутренней обоймой 21 и ведомый вал 23 получает очередной импульс поворота. Таким образом, за один оборот эксцентрика 6 ведомый вал 23 получает два одинаковых импульса за каждые пол оборота эксцентрика 6.

Таким образом, за один оборот эксцентрика 6 ведомый вал 23 получает два одинаковых импульса за каждые пол оборота эксцентрика 6.

На рис. 2 представлена расчетная схема данного редуктора, где изображены: кривошип 1, шатун 2 и ползун 3, зубчатые рейки ползуна 4, входящие в зацепление с зубчатыми венцами 5.

Предлагается следующая методика определения основных размеров преобразователя. Для обеспечения равных импульсов необходимо использовать центральный кривошипно-ползунный механизм. В та-

ком случае, учитывая, что значение  $\lambda = l/r$  обычно задается, и оно должно быть не меньше 3-х, под-  
лежит определению длина кривошипа.

При проектировании импульсных редукторов заданными являются передаточное число  $u$  и вра-  
щающий момент  $T_p$  на выходном валу. Для проектирования кривошипно-ползунного преобразователя  
по заданному моменту  $T_p$  выбираем МСХ согласно таблице 4 [2] следующие геометрические размеры:

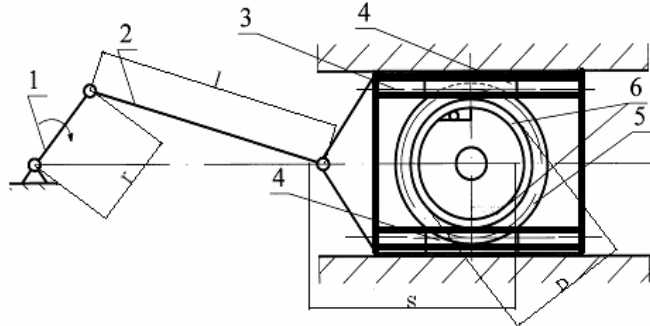


Рис. 2 – Расчетная схема импульсного редуктора

$D$  – наружный диаметр обоймы;

$d$  – диаметр выходного вала, на который насаживается внутренняя обойма МСХ;

$b$  – ширина внешней обоймы;

$B$  – ширина внутренней обоймы.

Поскольку за один оборот кривошипа МСХ получает два одинаковых импульса, то справедливо ра-  
венство

$$u = \frac{\pi}{\psi},$$

где  $\psi$  – угол поворота вала редуктора (без учета мертвого хода и упругих деформаций). Начальный  
диаметр зубчатого венца внешней обоймы можно определить, исходя из конструктивных соображений:

$$D_i = D + b_a, \text{ мм.}$$

Здесь  $b_a$  – суммарная толщина внешней обоймы, зубчатого венца и высоты ножки зуба (можно оп-  
ределить из условия прочности от передаваемого крутящего момента и, дополнительно, из условия уве-  
личения либо уменьшения передаточного отношения редуктора).

Для обеспечения поворота МСХ на угол  $\psi$  перемещение зубчатой рейки  $s$  должно быть равно

$$s = \psi \frac{D_i}{2} = \frac{\pi D_i}{2u}, \text{ мм}$$

В этом случае длина кривошипа  $r = \frac{s}{2} = \frac{\pi D_i}{4u}$  мм, а длина шатуна  $l = \lambda r$  мм. Общая ширина  
ползуна  $B_{i\bar{e}} = 2b$  мм, а длина ползуна  $l_{i\bar{e}} = 2D + s + (10...15)$  мм.

Пример расчета.

Исходные данные:

- мощность приводного двигателя шелушильной машины  $P_1 = 5,5$  кВт;
- частота вращения двигателя  $n_1 = 720$  об/мин;

— частота вращения бичей  $n_2 = 450$  об/мин.

Порядок расчета:

— крутящие моменты на ведущем валу редуктора и на звездочке МСХ (ведомом валу редуктора)

$$T_1 = \frac{P_1}{\omega_1} \cdot 10^3 = \frac{30 \cdot P_1}{\pi n_1} 10^3 = \frac{30 \cdot 5,5}{\pi \cdot 720} \cdot 10^3 = 73 \text{ Нм};$$

$$T_2 = \frac{P_1}{\omega_2} \eta \cdot 10^3 = \frac{30 P_1}{\pi n_2} \eta \cdot 10^3 = \frac{30 \cdot 5,5}{\pi \cdot 450} \cdot 0,95 \cdot 10^3 = 111 \text{ Нм};$$

здесь  $\eta = 0,95$  - КПД редуктора;

— передаточное число редуктора

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{720}{450} = 1,6;$$

— по таблице 4 [2] находим основные размеры МСХ: диаметр  $D = 125$  мм; общая рабочая ширина ползуна  $B_{i\bar{e}} = 2b = 2 \cdot 86 = 152$  мм; диаметр ведомого вала под внутренней обоймой МСХ  $d = 50$  мм; число роликов  $Z = 6$ .

— примем  $b_d = 50$  мм, тогда  $D_i = D + b_e = 125 + 60 = 185 = \text{мм}$ ;

— ход ползуна

$$s = \psi \frac{D_i}{2} = \frac{\pi D_i}{2u} = \frac{\pi \cdot 125}{2 \cdot 1,6} \approx 122 \text{ мм};$$

— длина кривошипа

$$r = \frac{s}{2} = \frac{\pi D_i}{4u} = \frac{122}{2} = 61 \text{ мм};$$

— длина шатуна  $l = \lambda r = 10 \cdot 61 = 610$  мм;

— диаметры входного и выходного валов редуктора

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{16 T_1 \cdot 10^3}{\pi [\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 73 \cdot 10^3}{\pi \cdot 20}} \approx 26,5 \text{ мм};$$

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{16 T_2 \cdot 10^3}{\pi [\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 111 \cdot 10^3}{\pi \cdot 20}} \approx 30,5 \text{ мм}.$$

Расчет реечной зубчатой передачи следует вести по известной методике, изложенной в [3].

Вывод. Предложенная методика расчета основных элементов импульсного редуктора позволит обоснованно подойти к вопросу проектирования привода зерноперерабатывающих машин с импульсным движением рабочего органа.

#### Литература

1. Мальцев В. Ф.: Роликовые механизмы свободного хода – М.: Машиностроение. – 1968. – 416с.
2. Патент № 49410 Україна. Імпульсний редуктор/Амбарцумянц Р.В. и Аванесьянц А.Г// Заявл.вид 26.11.2009. Бюл. № 8.
3. Гузенков П. Г. Детали машин: – М.: Высшая школа. – 1986. – 359 с.

УДК 621.867:664.7

## ОБ ОДНОЙ КОНСТРУКЦИИ СКРЕБКОВОГО КОНВЕЙЕРА С ПОДВИЖНЫМ ДНОМ ЖЕЛОБА

Амбарцумянц Р. В., д-р техн. наук, профессор, Орлова С. С., канд. техн. наук, доцент  
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

*Предложена новая конструкция скребкового конвейера, обеспечивающая значительное уменьшение энергопотребления и исключает крошение транспортируемого груза.*

*A new construction of the scraper conveyor is propose, which are provide the reduce (decrease) of the requirements energy and exception crumble of the transporting loud.*

Ключевые слова: скребки, конвейер, энергия, дно, желоб, лента, загрузка, выгрузка.

**Постановка проблемы.** Машины непрерывного транспорта получили широкое применение в различных областях народного хозяйства, а их основные элементы – тяговые и грузонесущие – используют в качестве подающих и транспортирующих частей сельскохозяйственных, строительно-дорожных, полиграфических, и др. машин. Особенно перспективно использование машин непрерывного транспорта в составе транспортно-перегрузочных, транспортно-складских систем, гибких автоматизированных производств. Наряду с ленточными конвейерами в технике довольно широкое распространение нашли скребковые конвейеры, составляющие значительную группу машин непрерывного транспорта [1, 2]. Действие скребковых конвейеров основывается на принципе волочения транспортируемого груза 1 (рис. 1) по желобу 2, плоскому настилу или постилке из груза при помощи скребков 3, прикрепленных к тяговому элементу 4.

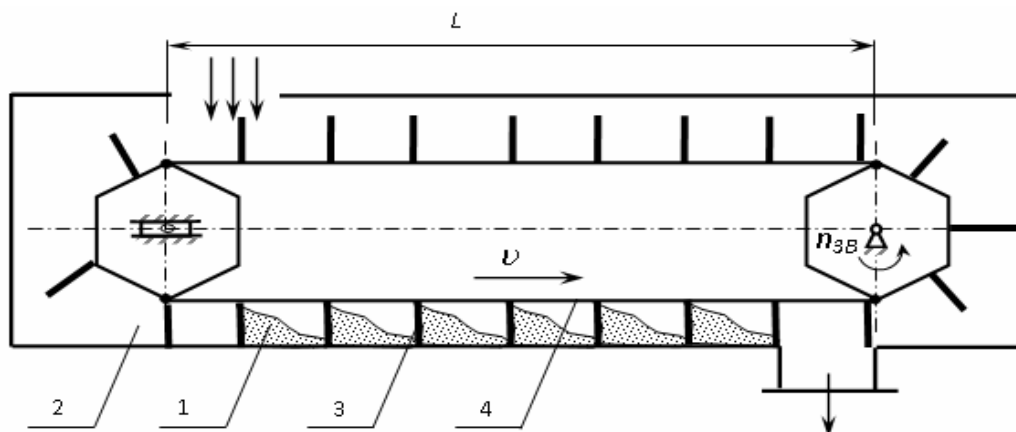


Рис. 1 – Принципиальная схема скребкового конвейера

Недостатком скребковых конвейеров, как с высокими, так и с низкими скребками, является:

- высокая энергоёмкость на перемещение груза из-за наличия трения между перемещаемым грузом и желобом;
- трение между отдельными частями перемещаемого груза, находящегося между скребками, что приводит к крошению частиц груза и увеличению энергоёмкости;
- невозможность перемещения грузов, подвергаемых крошению;
- невозможность перемещения высокопрочных кусковых грузов из-за опасности их заклинивания между скребками и боковыми стенками желоба, и вследствие этого поломка скребков;
- недолговечность работы из-за интенсивного износа скребков и дна желоба.

**Результаты и их обсуждение.** Для исключения части указанных недостатков предложена новая конструкция скребкового конвейера, защищенная патентом Украины [3].

Конструкция скребкового конвейера изображена на чертежах, где:

рис. 2 – фронтальный вид скребкового конвейера;

рис. 3 – горизонтальный вид скребкового конвейера (сечение А-А по рис. 2.);

рис. 4 – вид сверху скребкового конвейера.

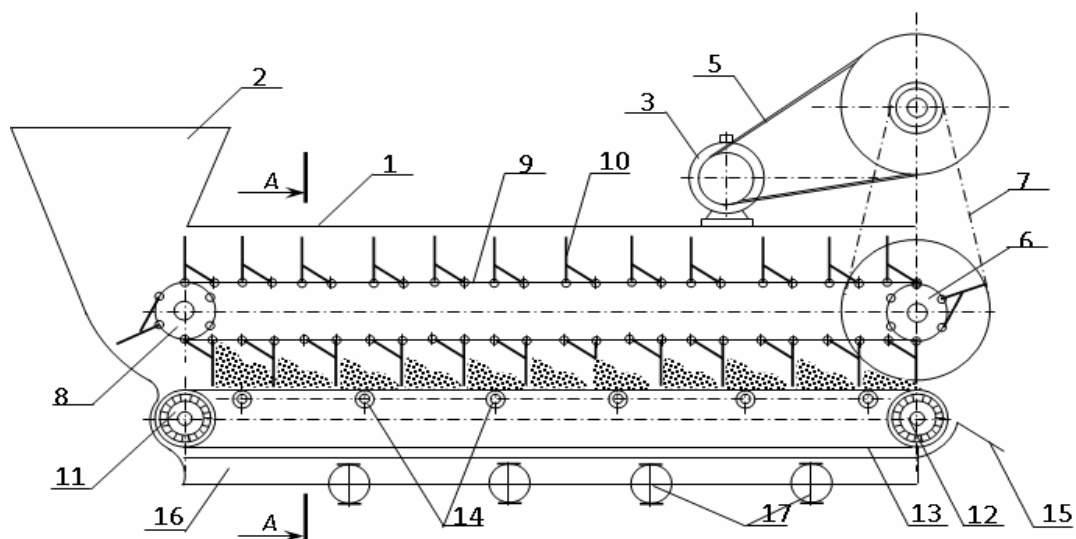


Рис. 2 – Фронтальний вид скребкового конвейера

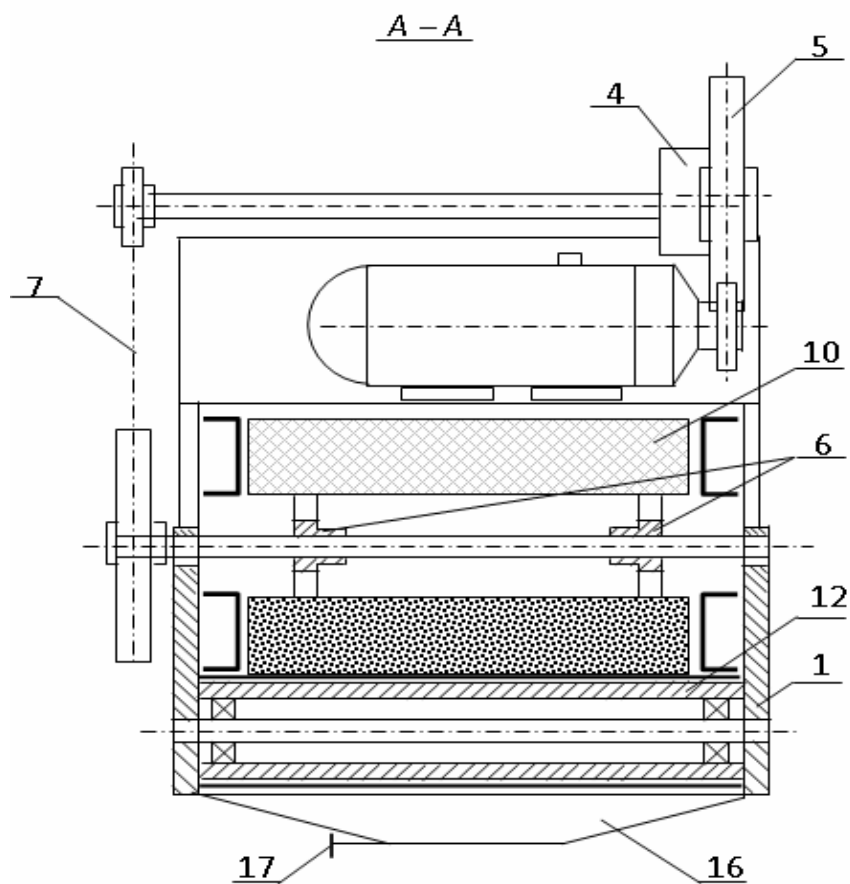


Рис. 3 – Вид скребкового конвейера в сечении А-А (см. рис. 2)



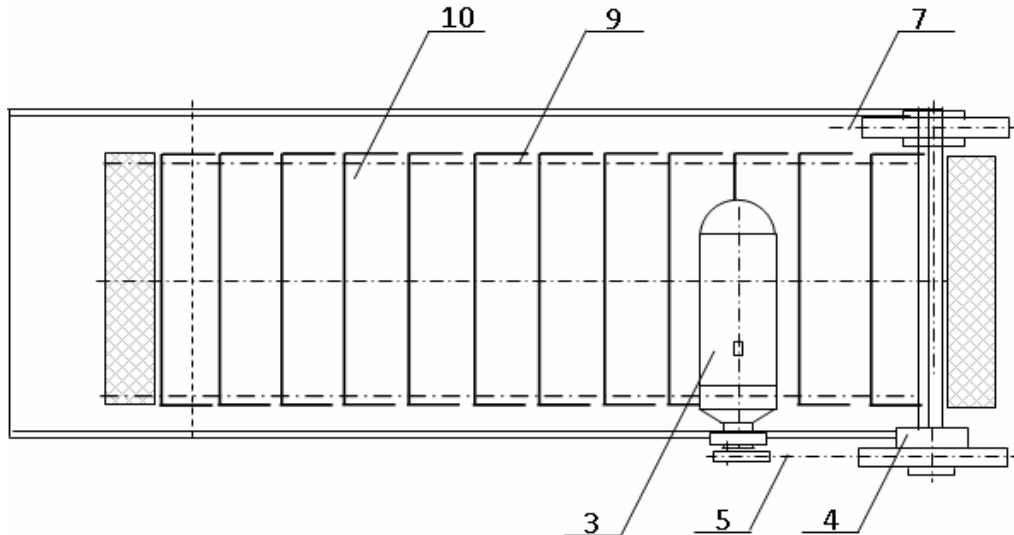


Рис. 4 – Вид скребкового конвейера сверху

Конструкция скребкового конвейера состоит из корпуса 1 с которым жестко закреплено загрузочное устройство 2. На корпусе 1 неподвижно установлен электродвигатель 3, редуктор 4, связанные между собой ременной передачей 5. В корпусе 1 подвижно установлена ведущая звездочка 6 конвейера. Звездочка 6 связана с редуктором 4 посредством цепной передачи 7. В корпусе 1 на расстоянии, равном расстоянию на которое перемещается груз, установлена ведомая звездочка 8 с натяжным устройством (на рис. натяжное устройство не показано). Звездочки 6 и 8 кинематически связаны между собой шарнирно-катковой цепью 9, снабженные скребками 10. В корпусе 1 под звездочками 6 и 8 установлены два одинакового диаметра цилиндрические барабана 12 и 11 с осями вращения, параллельными осям вращения звездочек 6 и 8. Межцентровое расстояние между звездочкой и барабаном под ней равно сумме среднего радиуса звездочки, радиуса барабана полной высоты скребка и долины бесконечной ленты. Барабанов 11 и 12 охватывает бесконечная резинотканевая или стальная лента 13. Прямолинейный участок ленты 13 упирается на установленные подвижно в корпусе 1 цилиндрические ролики 14, оси вращения которых параллельны осям вращения барабанов 11 и 12. С корпусом 1 жестко закреплено загрузочное устройство в виде наклонной плоскости 15. Под нижней ветвью бесконечной ленты 13 установлен бункер 16 и жестко соединен с корпусом 1. Бункер 16 снабжен по своей длине задвижками 17.

Скребковый конвейер работает следующим образом. Движение от электродвигателя 3 через ременную передачу 5 передается к редуктору 4. От редуктора 4 через цепную передачу 7 движение передается к ведущей звездочке 6. От ведущей звездочки 6 движение передается к шарнирно-катковой цепи 9. Вместе с шарнирно-катковой цепью 9 перемещаются скребки 10. Через загрузочное устройство 2 подается перемещаемый груз, который скребками 10 переносится на рабочую ветвь бесконечной ленты 13 до разгрузочного устройства 15. За счет сил трения между грузом и бесконечной ленты одновременно со скребками перемещается лента 13, тем самым исключается трение между грузом и основанием в виде бесконечной ленты, а также между частицами груза, находящимися между скребками. Излишки перемещаемого груза, которые случайно могут попасть в бункер 16, выносятся через задвижки 17.

#### Вывод

Данное конструктивное исполнение приведет к существенному уменьшению энергопотребления для перемещения груза за счет исключения трения между грузом и основанием желоба, а также между отдельными частями груза находящимися между скребками, исключается крошение частиц груза, что особенно важно для грузов, не допускающих крошение при перемещении.

#### Література

1. Александров, М.П. Подъемно-транспортные машины [Текст]: учеб. пособие для машиностр. спец. ВУЗов. 6-е изд., перераб. / М.П. Александров. – М.: Высшая школа, 1985.
2. Подъемно-транспортные машины. Атлас конструкций [Текст] / Под ред. д.т.н., проф. М.П. Александрова, д.т.н., проф. Д.Н. Решетова. – М.: Машиностроение, 1973.
3. Патент Украины на полезную модель №74437. Скребковый конвейер [Текст] / Р.В. Амбарцумянц, С.С. Орлова. – Бюл. № 20. – 2012.

УДК 621.891

## ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ПОРШНЕВИХ КІЛЕЦЬ З АЗОТОВАНИМ МОЛІБДЕНОВИМ ПОКРИТТЯМ

Соколов О.Д., д-р техн. наук, професор, Маннапова О.В., канд. техн. наук, асистент  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

*Розглянуто результати експериментальних досліджень впливу процесу іонного азотування плазмового молібденового покриття на зносостійкість поршневих кілець двигунів при механічному і абразивному зношуванні. Випробуваннями доведено, що іонне азотування збільшує зносостійкість покриття до рівня гальванічного хрому при одночасному зміцненні торцевих поверхонь чавунного кільця.*

*The results of experimental researches of influencing of process of the ionic nitriding of plasma molybdenum coverage are considered on wearproofness of piston rings of engines at a mechanical and abrasive wear. It is proved tests, that the ionic nitriding is increased by wearproofness of coverage to the level of galvanic chrome at the simultaneous consolidating of butt end surfaces of cast-iron ring.*

Ключові слова: поршневі кільця, зносостійкі покриття, плазмове напилювання, іонне азотування, механічне і абразивне зношування.

**Вступ.** Поршневі двигуни внутрішнього згорання (ДВЗ) сьогодні є основою мобільної енергетики всіх галузей господарства, тому питання підвищення працездатності, надійності і довговічності їхнього головного вузла – циліндро-поршневої групи (ЦПГ) у машинознавстві постійно залишається актуальним. Сучасне невпинне форсування за потужністю призводить до появи у термонапружених форсованих двигунах випадків термічної і силової руйнації серійних гальванічних хромових покриттів на робочій поверхні кільця, а їхнє викришування підвищує рівень зношування усіх поверхонь поршневих кілець, що знижує довговічність і надійність сполучень кільце-циліндр і кільце-поршень у ЦПГ ДВЗ [1–3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** з цієї проблеми показує, що підвищення довговічності сполучення кільце-циліндр може бути вирішене застосуванням на робочій поверхні кільця замість хрому плазмово напилених покриттів, чия термостійкість значно перевищує таку у хромових покриттях, а особливості молібдену і його оксиду навіть дозволяють витримувати короткочасні періоди сухого тертя без тужавлення і руйнування [4–6]. Плазмово напиляні покриття потребують корегування форми поршневого кільця, але і це завдання успішно вирішене [7–8]. Що стосується підвищення довговічності сполучення кільце-поршень, економічно доцільно зміцнювати торцеву поверхню кільця електрофізичними методами – окисдуванням, азотуванням, електроіскровим легуванням, лазерним опроміненням тощо, які описані в роботах [9–11].

**Невирішеною частиною проблеми** залишається, по-перше, вагома вартість застосування цих методів [12] і, по-друге, недостатня твердість і зносостійкість плазмово напиленого молібденового покриття, нижча за гальванічний хром [6]. Це не дає можливості широкого застосування технологій електрофізичного поверхневого зміцнення поршневих кілець у масовому виробництві.

**Мета роботи** – розробити оптимальний технологічний режим підвищення твердості плазмового молібденового покриття до рівня гальванічного хромового азотуванням у розряді, що тліє і дослідити зносостійкість таких кілець для отримання найбільш дешевої фінішної технології зміцнення готового кільця одночасно по робочій і торцевих поверхнях.

Матеріал, з якого зроблені досліджувані верхні компресійні поршневі кільця і зразки для випробувань – сірий спеціальний чавун, у склад якого входять: вуглець (3,7...3,85 %, у тому числі зв'язаний 0,6...0,9 %); кремній (2,3...2,6 %); марганець (0,5...0,8 %); фосфор (0,4...0,6 %); сірка (0,11 %); хром, нікель, мідь, титан і молібден – по 0,1 %. Для плазмового напилювання застосовувався порошок молібдену марки ПМ (ТУ 48-19-313-79).

Напилювання покриттів із порошку молібдена на зразки і поршневі кільця проводилося на плазмовій установці УМП5-68 при напрузі 90 В, струмі 300 А, дистанції 120 мм, температурі підігріву деталі 150 °С і витраті азоту 5 м<sup>3</sup> на годину. Обертання оправки з кільцями і переміщення плазмотрону чинилося на токарно-гвинторізному верстаті 1К62. Підготовка поверхні зразків і поршневих кілець, зібраних у оправки під напилювання, проводилася дробоструменевою обробкою сталеву крихтою розміром 0,3...1,0 мм у струмені сухого стиснутого повітря на спеціальній установці. Мікроструктура плазмових покриттів визначалася на поперечних шліфах на мікроскопі МІМ-7А, травлення проводилося у спиртових розчинах азотної і пікринової кислоти. Мікротвердість визначали приладом ПМТ-3.

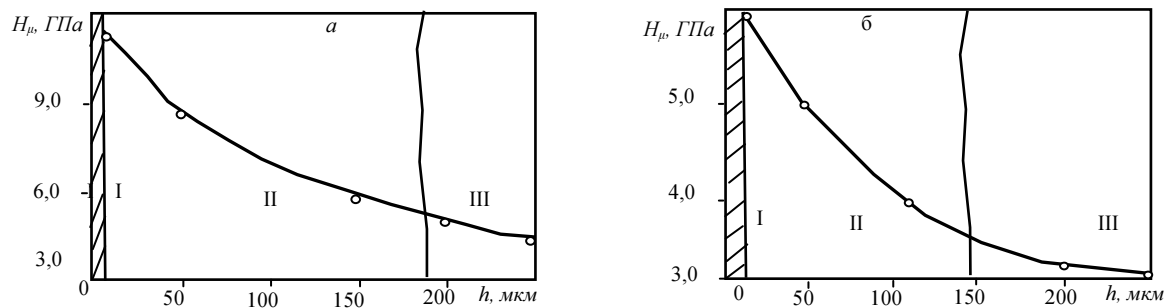
Азотування у розряді, що тліє було проведено на експериментальній вакуумній установці з камерою об'ємом 216 літрів у середовищі азоту за схемою «катод – поршневі кільця, анод – внутрішня поверхня вакуумної камери». Кільця розміщувалися на спеціальних оправках на певній дистанції одне від одного, щоб активна зона у розряді, що тліє охоплювала всі поверхні кожного поршневого кільця. Параметри процесу обиралися за умовою недопущення структурних змін чавуну і службових характеристик поршневого кільця.

Молекулярно-механічний знос покриттів визначали на машині тертя типу СМЦ-2 за схемою «ролик-колодка» при шляху тертя у кожному випробуванні 51 км, що дозволило чітко фіксувати ваговий і лінійний зноси зразків-роликів і колодок-контртіл. Покриття наносили на циліндричну поверхню роликів, колодки виготовлялися із сірого чавуну гільзи циліндру або із силуміну поршня. Покриття випробовували при швидкостях ковзання від 1,3 до 4,16 м/с в межах діапазону машини тертя і навантаженні від 0,5 до 4,0 МПа. Режим змащування – граничний.

Абразивний знос деталей циліндро-поршневої групи визначали у стендових випробуваннях двигунів 4Ч11/12,5, які проводилися впродовж 50 годин з 1,5-годинною обкаткою. Методика передбачала прискорення процесу зношування усіх деталей ЦПГ у 100 разів за рахунок введення у кожний циліндр 0,3 г/годину кварцового пилю, що відповідало роботі двигуна у нормальних умовах упродовж 5000 мотогодин. За час випробувань кільце проходило шлях тертя 1656 км при середньому тиску тертя 0,75 МПа і середній швидкості ковзання 9,2 м/с. При кожному випробуванні дослідні кільця встановлювали у двигуни через циліндр із серійними комплектами кілець. У двигуні були серійні гільзи циліндрів із сірого чавуну і серійні силумінові поршні. Вимірювалися лінійні зноси усіх сполучень ЦПГ.

Дослідження мікротвердості за глибиною азотованої зони на молібденовому покритті робочої поверхні кільця і на чавуні торцевої поверхні приведено на рисунку 1. Металографічні дослідження показали, що першою від поверхні спостерігається зона нітридів (переважно  $\text{MoN-Mo}_2\text{N}$  для покриття і  $\text{Fe}_4\text{N}$  для чавуну), яка має нерівномірну товщину із-за катодного розпилення, місцями досягаючи 8 мкм. Виміри мікротвердості цієї зони показали значення 11,8 ГПа для молібдену і 6,2 ГПа для чавуну. За шаром нітридів слідує зона внутрішнього азотування із твердим розчином азоту у молібдені і залізі відповідно, мікротвердість якої монотонно знижується із глибиною. Після глибини 150...200 мкм мікротвердість зрінюється з такою для основного матеріалу.

Контроль основних параметрів поршневих кілець показав, що іонне азотування при вказаних вище параметрах робить незначний вплив на службові характеристики поршневого кільця, залишаючи пружність, просвіт, викривлення і розміри поршневих кілець у межах норми, що дає можливість застосування цієї операції як фінішної.



*I – надтонкий шар нітридів; II – дифузійний шар; III – не зміцнений шар основного матеріалу*

**Рис. 1 – Розподіл мікротвердості за глибиною зміцненої зони за 3 години азотування:  
а – молібденове плазмове покриття; б – чавун**

Результати досліджень залежності молекулярно-механічного зносу азотованого і неазотованого чавуну від швидкості ковзання при терті по чавуну гільзи циліндра і силуміну поршня на попередньо прироблених зразках, надані у табл. 1. Вони показують вагоме підвищення зносостійкості чавуну після іонного азотування у всьому діапазоні швидкостей, причому зношування його збільшується з підвищенням швидкості ковзання по силуміну і зменшується з підвищенням швидкості ковзання по чавуну.

Таке ж вагоме підвищення зносостійкості в умовах молекулярно-механічного зношування дає іонне азотування молібденового покриття, причому дифузія азоту у цьому випадку прискорюється за рахунок нерівноважності структури плазмово напиленого покриття і його відносно великої поруватості.

Такі властивості азотованого чавуну при терті по чавуну і силуміну дають можливість застосування процесу для азотування як верхніх, так і нижніх компресійних чавунних поршневих кілець у двигунах внутрішнього згоряння автомобілів, тракторів і сільгоспмашин, у яких широко застосовуються силумі-

нові поршні і чавунні гільзи циліндрів. При цьому середня швидкість ковзання чавунного кільця по чавунній гільзі має порядок 6,7...9,2 м/с, а чавунного кільця по силуміновому поршню – на порядок менше, тобто від іонного азотування можна очікувати значного покращення службових характеристик усіх чавунних поршневих кілець.

**Таблиця 1 – Молекулярно-механічне зношування чавуну і покриття поршневих кілець після іонного азотування: знос за масою, мг / інтенсивність зношування,  $I_n \cdot 10^{10}$ ; машина тертя СМЦ-2, тиск 1,75 МПа, граничне змащування (мікротвердість поверхневого шару вказана для глибини 50 мкм)**

| Матеріал і вид зміцнення ролика            | $H_R$ ролика, ГПа | Матеріал колодки | Швидкість ковзання |            |            |            |            |            |
|--------------------------------------------|-------------------|------------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                                            |                   |                  | 1,3 м/с            |            | 2,13 м/с   |            | 4,16 м/с   |            |
|                                            |                   |                  | Рол                | Кол        | Рол        | Кол        | Рол        | Кол        |
| Незміцнений СЧ                             | 3,0               | СЧ               | 6,8 / 0,82         | 4,5 / 0,54 | 5,8 / 0,69 | 3,4 / 0,41 | 5,0 / 0,60 | 2,8 / 0,34 |
| Незміцнений СЧ                             | 3,0               | АЛ-2             | 2,0 / 0,22         | 1,4 / 0,15 | 3,1 / 0,33 | 1,6 / 0,18 | 1,4 / 1,54 | 1,6 / 1,76 |
| СЧ + іонне азотування                      | 5,5               | СЧ               | 6,0 / 0,72         | 0,6 / 0,07 | 3,6 / 0,43 | 1,0 / 0,12 | 2,6 / 0,31 | 1,8 / 0,22 |
| СЧ + іонне азотування                      | 5,5               | АЛ-2             | 1,0 / 0,12         | 0,5 / 0,05 | 1,1 / 0,12 | 0,8 / 0,09 | 1,1 / 1,21 | 1,2 / 1,31 |
| СЧ + хром гальванічний                     | 9,5               | СЧ               | 5,3 / 0,64         | 4,3 / 0,52 | 3,7 / 0,44 | 2,1 / 0,25 | 7,6 / 0,91 | 6,0 / 0,72 |
| СЧ + молібден плазмовий                    | 4,5               | СЧ               | 6,8 / 0,82         | 2,8 / 0,34 | 5,3 / 0,64 | 2,6 / 0,31 | 9,3 / 1,12 | 5,8 / 0,70 |
| СЧ + молібден плазмовий + іонне азотування | 7,5               | СЧ               | 1,2 / 0,14         | 1,6 / 0,19 | 1,3 / 0,15 | 1,3 / 0,15 | 3,2 / 0,38 | 3,8 / 0,45 |

Як показують наші дослідження, іонне азотування молібденового покриття збільшує його зносостійкість у порівнянні з гальванічним хромовим і дозволяє одночасно зміцнювати усі поверхні кілець.

**Випробування азотованих поршневих кілець у двигунах.** Результати абразивного зношування азотованих молібденових покриттів, отримані у стендових випробуваннях двигунів із серійними і дослідними верхніми компресійними поршневими кільцями, приведені у таблиці 2.

**Таблиця 2 – Результати стендових випробувань поршневих кілець із азотованим молібденовим покриттям**

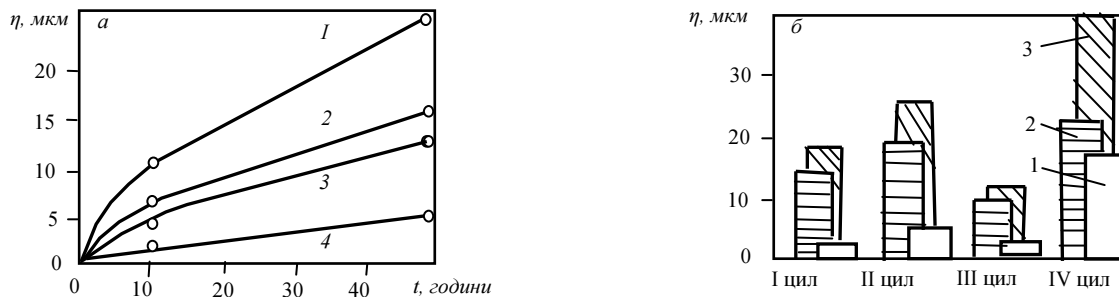
| Покриття верхнього поршневого кільця                              | Радіальний знос кільця, мм | Радіальний знос гільзи циліндру, мм |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| Серійні кільця, покриття – хром гальванічний                      | 0,12                       | 0,08                                |
| Дослідні кільця, покриття – молібден плазмовий                    | 0,16                       | 0,13                                |
| Дослідні кільця, покриття – молібден плазмовий + іонне азотування | 0,12                       | 0,09                                |

Результати випробувань показують, що сумарний знос сполучення «дослідне кільце з плазмовим молібденовим покриттям – гільза циліндру», який характеризує довговічність циліндро-поршневої групи дизельного двигуна, більший серійного комплексу, що можна пояснити меншою твердістю покриття і його більшою поруватістю, що призводить до шаржування м'якого покриття частками кварцового пилу і більшого зносу чавунної гільзи циліндра.

Збільшення твердості покриття при іонному азотуванні не дає можливості проявлення ефекту шаржування, що зменшує зношування молібденового покриття після азотування на 25...30 % і доводить його до рівня зношування серійних кілець із хромовим покриттям, що дає можливість застосовувати плазмово напілені кільця у форсованих двигунах, не зменшуючи їхнього моторесурсу.

Результати дослідження абразивного зношування торців поршневих кілець після іонного азотування, отримані у стендових випробуваннях того ж двигуна, представлені на рисунку 2. Результати випробувань показують, що частка зносу сполучення, яка впадає на поршневе кільце, залежно від часу змінюється в межах 60...80 %, а 20...40 % припадає на поршкову канавку. Величина зносу за висотою азотованих кілець після випробувань складала 60 % від зносу серійних кілець, а знос сполучених із азотованими кільцями канавок силумінового поршня за висотою складав 46 % від зносу канавок із серійними кільцями.

Сумарний знос сполучення з азотованими кільцями склав 47 % від зносу серійного сполучення, що є значимим результатом для стендових випробувань і показує наявність ефекту підвищення зносостійкості поверхні поршневих кілець за допомогою процесу іонного азотування в низькотемпературній зоні, що не змінює структури чавуну.



а) залежність зносу від часу випробувань – 1 і 2 – відповідне зношування серійних і азотованих поршневих кілець, 3 і 4 – відповідне зношування канавок поршня у парі із серійними і азотованими поршневими кільцями; б) діаграма зношування за висотою сполучень "кільце – канавка" по циліндрах двигуна: 1 – канавка; 2 – кільце; 3 – сумарний знос сполучення, I і III циліндри – азотовані кільця, II і IV циліндри – серійні кільця

**Рис. 2 – Абразивне зношування серійних і дослідних азотованих чавунних поршневих кілець і канавок силумінового поршня за висотою при випробуваннях дизельного двигуна 4С11/12,5**

**Висновки.** Встановлено, що іонне азотування молібденового покриття збільшує його зносостійкість до рівня гальванічного хрому і дозволяє одночасно зміцнювати торцеві поверхні кільця. Це дозволяє запропонувати комплексне рішення проблеми забезпечення надійності і довговічності компресійних поршневих кілець термонапружених двигунів шляхом нанесення замість гальванічного хрому молібденових плазмових покриттів і наступною фінішною зміцнювальною обробкою всіх поверхонь кільця іонним азотуванням.

#### Література

1. Соколов О.Д. Оцінка зносостійкості та надійності хромових покриттів для розробки технології їх нанесення на деталі вузла тертя // Проблеми трибології. – 2003. – №2. – С. 130–135.
2. Соколов О. Д., Маннапова О. В.. Особливості зношування хромових покриттів поршневих кілець у термонапружених двигунах // Проблеми тертя та зношування: Наук.-техн. зб. – К.: НАУ, 2008. – Вип. 49. – Т. 1. – С. 248–257.
3. Соколов О. Д., Маннапова О. В. Оцінка напруженого стану і руйнування гальванічних хромових покриттів поршневих кілець. // Наукові праці ОНАХТ. – Одеса. – 2011. – Вип. 40. – Т. 2. – С. 379–381.
4. Соколов О. Д., Олік А. П., Маннапова О. В. Дослідження молекулярного і абразивного зношування плазмових покриттів // Аграрний вісник Причорномор'я. Технічні науки. – 2006. – Вип. 34. – С. 103–109.
5. Маннапова О.В., Соколов О.Д., Кострицький А.І. Трибологічна оптимізація складу металевих плазмових покриттів // Проблеми техніки. – 2007. – № 1. – С. 21–29. Друкована. 0,5 д.а. № 214.
6. Маннапова О. В., Соколов О. Д. Вплив структури і твердості на зношування покриттів. // Проблеми тертя та зношування: Науково-технічний збірник.К.: НАУ, 2011. – Вип. 56. – С. 182–189.
7. Соколов О.Д., Маннапова О.В., Молдаванов В.П., Твердохліб В.І. Поршневі кільця для форсованих дизельних ДВЗ з додатковою корекцією епюри тисків // ДВЗ. – 2008. – № 1. – С. 124–132.
8. Патент України на корисну модель № 37750, МПК F02F 5/00. Поршневе кільце: О.Д. Соколов, О.В. Маннапова, В.П. Молдаванов, В.І. Твердохліб (Україна). – № u200807726; Заявл. 06.06.2008; Опубл. 10.12.2008. – Бюл. № 23. – 4 с.
9. Соколов О. Д., Маннапова О. В., Кострицький А. І., Олік А. П. Підвищення корозійної тривкості сірого чавуну іонним азотуванням // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2006. – Т. 42, № 6. – С. 116–118.
10. Соколов О.Д., Маннапова О.В., Твердохліб В.І. Дослідження зносостійкості поршневих кілець термонапружених двигунів після фінішного іонного азотування // Проблеми трибології. – 2008. – № 3 (49). – С. 57–60.

11. Маннапова О. В., Соколов О. Д., Олік А. П., Твердохліб В. І. Вплив покриття електрофізичними методами на зносостійкість торців поршневих кілець // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2008. – Т. 44, № 5. – С. 120–122.
12. Соколов О. Д., Маннапова О. В., Голованов Ю. М., Казаріна Н. В., Філіппочев О. М.. Техніко-економічне оцінювання триботехнічних технологій // Проблеми тертя та зношування: Наук.-техн. зб. – К.: НАУ, 2008. – Вип. 50. – С. 194–201.

УДК 621.891:628.304.6.

## ДОСЯГНЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРОЦЕСУ ХРОМУВАННЯ

Соколов О. Д., д-р техн. наук, професор  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

*Розглянуто результати теоретичних і експериментальних досліджень впливу процесу хромування на якість електроліту та зносостійкого покриття. Приведено результати досліджень з розробки промислових технологій регенерації електроліту хромування та промивних вод і утилізації шламів для досягнення екологічної безпеки процесу хромування.*

*The results of theoretical and experimental researches of influence of process of chrome-plating are considered on quality of electrolyte and wearproof coverage. Results over of researches are brought on development of industrial technologies of regeneration of electrolyte of chrome-plating and scourages and utilization of insoluble sediments for the achievement of ecological safety of process of chrome-plating.*

Ключові слова: зносостійке хромування, регенерація електроліту, утилізація шламів.

**Вступ.** Одним із сучасних шляхів вирішення проблеми підвищення довговічності машин є застосування зміцнювальних покриттів. Найбільш поширеними у машинобудуванні є гальванічні зносостійкі хромові покриття, дослідженню властивостей і застосуванню відповідних технологій яких присвячено багато праць.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** з розробки хромових покриттів, зроблен в нашій оглядовій роботі [1], показує, що при великій кількості робіт, присвячених властивостям покриттів, дуже мало уваги приділено питанням екологічної безпеки процесу хромування. Більшість наукових досліджень і комерційних пропозицій з екологічних питань присвячена очищенню стічних вод гальванічних виробництв і виділенню з них металів та інших цінних складових, але хрому присвячено лише поодинокі роботи [2–4].

**Невирішеною частиною проблеми** є практична відсутність подібних робіт для електроліту хромування як середовища, що визначається високими концентраціями хрому на відміну від багатократно розведених стічних вод.

**Метою роботи** є пропонування на основі наших багаторічних досліджень комплексного способу забезпечення екологічної безпеки процесу хромування (від регенерації електроліту до утилізації шламів) без подачі відходів на загальнозаводську станцію нейтралізації стічних вод, що потребує невиправдано великих витрат води.

**Вплив електроліту хромування на якість зносостійкого покриття.** Оскільки для забезпечення заданої зносостійкості хромового покриття і тим самим довговічності хромованої деталі необхідно закласити строго певний рівень надійності, повинна бути виконана одна з основних вимог масового виробництва – відтворюваність властивостей. Для цього мають бути проведені виявлення і оцінка дефектів покриттів, що впливають на довговічність деталі. При цьому дефекти можуть бути двох видів: явні, визначувані технічним контролем на заводі-виготовнику, і непрямі, які виявляються тільки в експлуатації.

Явні дефекти покриття, пов'язані з порушенням міцності зчеплення (лущення, непокриття) і неправильним веденням процесу (крупні дендрити, масовий пітинг) відбраковуються зовнішнім оглядом і, як правило, не потрапляють до готової продукції.

Приховані дефекти в більшості випадків не виявляються відділом технічного контролю і, потрапляючи до готової продукції, викликають руйнування покриття вже в експлуатації. Покриття з цими дефектами володіють високим рівнем напруженого стану через порушення в технологічному процесі. Дослідження таких покриттів, отриманих із сульфатного, сульфатно-фторидного і спеціальних електролітів [5, 6], вживаних для зносостійкого хромування поршневих кілець на спеціалізованих заводах протягом багатьох років, виявляє в них високі показники крихкості і утворення тріщин, що при накладенні експлуата-

ційних напруг приводить до когезійного руйнування покриття [7–13], а найбільш значущою причиною порушення технології є накопичення в електроліті хромування технологічних домішок – тривалентних іонів заліза і хрому.

Отримані нами в дослідженнях дані про підвищення крихкості покриття і зниження питомої роботи зони крихкого пошкодження, як величини, що характеризує енергетичні витрати на руйнування покриття, приведені на рис. 1. Крихкість визначалася методом мікрокрихкості, за яким у покриття вдавлюють індентор мікротвердоміру при критичному навантаженні (поява тріщини) і у відносних одиницях визначають крихкість як відношення площ зони руйнування і зони відбитку.

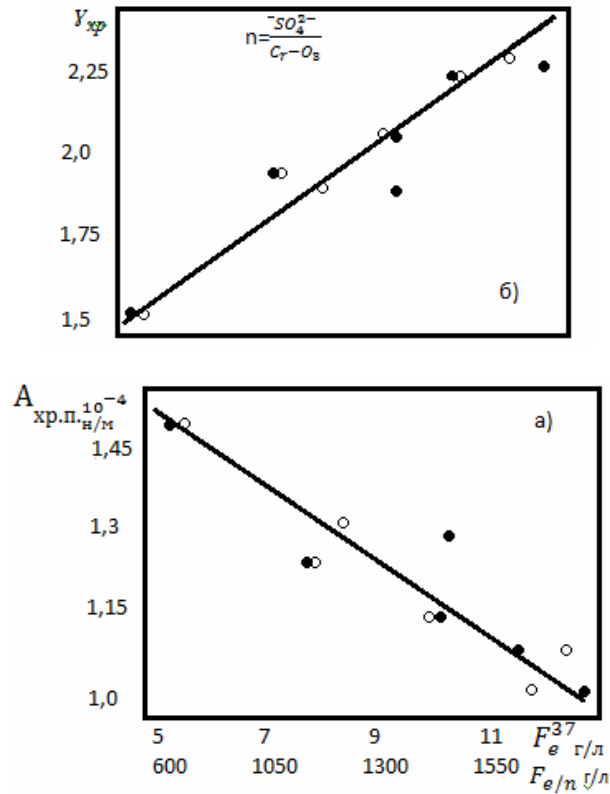


Рис. 1 – Залежність питомої роботи крихкого пошкодження (а) і крихкості (б) хромових покриттів від абсолютного і відносного вмісту домішок заліза в електроліті хромування

У дослідженнях також відзначено, що накопичення технологічних домішок в електроліті хромування підвищує його електроопір, тим самим збільшуючи енергоємність покриття, як відношення витраченої електроенергії на одиницю товщини покриття, необхідної для забезпечення незмінної швидкості осадження хрому (рис. 2).

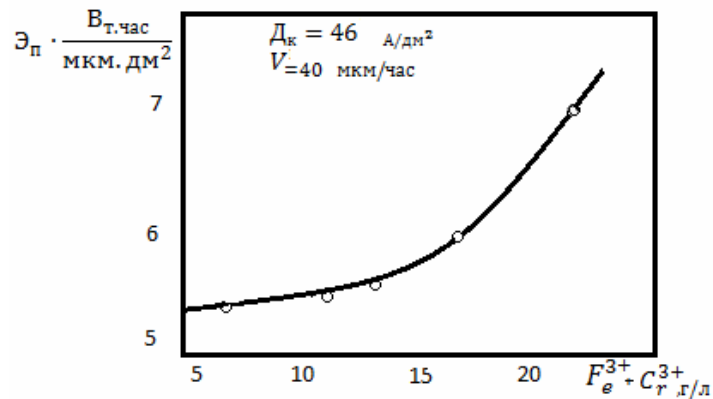


Рис. 2 – Вплив технологічних домішок в електроліті хромування на енергоємність хромового покриття

Результати дослідження впливу складу електроліту на утворення дефектів хромового покриття представлені на рис. 3. Утворення пітингу пов'язане з прилипанням бульбашок газоподібного водню до поверхні, що хромується, причому спостерігається кореляція із збільшенням питомого електроопору в'язкості електроліту при підвищенні змісту технологічних домішок. Підвищена в'язкість електроліту утрудняє відведення водневих бульбашок від катода, а при збільшенні концентрації тривалентного заліза більше 14 г/л хромове покриття осідає нерівномірними виступами – дендритами при зміні кольору рівномірно осадженого хрому з блискучого на сірий. При спільних концентраціях тривалентного заліза вище за 13 г/л і тривалентного хрому вище за 12 г/л хромові покриття взагалі не осідали.



Рис. 3 – Вплив технологічних домішок в електроліті хромування на утворення дефектів покриття. Сульфатно-фторидний електроліт, щільність катодного струму 45 А/дм<sup>2</sup>, температура 57 °С

Таким чином, для отримання якісних покриттів і запобігання перевитрат електроенергії необхідно оцінювати вплив технологічних домішок за їхнім сумарним змістом і вважати за критичну величину сумарний рівень 17 г/л при змісті тривалентного заліза не більше 10 г/л. У виробничих умовах такий електроліт виводять із експлуатації і впродовж довгого часу помалу зливають на загальнозаводську станцію нейтралізації, що робить її навантаження критичним, а якість екологічної чистоти стічних вод з шестивалентного хрому сумнівним. Це спонукало нас провести дослідження з розробки окремого способу регенерації електроліту хромування [14].

**Регенерація електроліту хромування.** Гальванічне виробництво є одним із великих споживачів чистої свіжої води і одним із значних джерел забруднення навколишнього середовища. Відходи електролітів гальванічного виробництва, з одного боку, містять великі кількості дорогих і дефіцитних компонентів, з іншого – є сильними отрутами.

Одним із найбільш яскравих прикладів є електроліт хромування. Втрачаючи працездатність при накопиченні в ній 15...20 г/л заліза, він вимагає тисячкратного і більш за розбавлення водою перед скиданням на станцію нейтралізації. Крім того, навіть застосування на станції методу електрокоагуляції не забезпечує повністю перехід шестивалентного хрому з промивних і стічних вод у тривалентний, а гранично допустима концентрація (ГДК) шестивалентного хрому – одна з найнижчих в таблиці ГДК.

Робота проводилася в три етапи: вибір способу регенерації електроліту хромування; проведення лабораторних досліджень; здійснення способу у виробничих умовах.

Порівняння різних методів дозволило прийняти до використання відносно простий електродіалітичний спосіб виділення чистої хромової кислоти з відпрацьованих електролітів хромування, промивних і стічних вод хромувальних цехів. Будучи вільним від недоліків реагентного (великі кількості і висока вартість реагентів) і іонообмінного (висока вартість іонообмінних смол, необхідність їхньої регенерації і великі площі під устаткування) способів регенерації, електрохімічний спосіб використовує лише прості анодно-катодні вічка, що завантажуються безпосередньо в електроліт хромування або в промивну воду [15–19].

Конструкція вічка включає центральний стрижневий анод зі сталі, що освинцьована, концентрично розташований катод зі сталевих пластин і діафрагму, що знаходиться між ними, – мембрану з термообробленої хлоринової тканини. Об'єм аноліту – 10 л. Спільні розміри вічка – циліндр діаметром 260 мм і заввишки 780 мм. Вічко підключається до стандартного випрямляча ванни хромування.

Основним завданням досліджень було визначення оптимальних значень струму електролізу, що забезпечує бездефектну роботу хлоринових діафрагм, температури електролізу в аноліті і католіті, тривалість електролізу і визначення умов осадження гідроокису заліза у відпрацьованому електроліті. Дослідження з метою вибору режимів технологічного процесу проводилися на виготовлених макетних установках.



Збільшення струму електролізу знижує час регенерації, проте, в умовах розділення міжелектродного проміжку на катодну і анодну зони збільшення струму приводить до неоднакового розігрівання цих зон, а при збільшенні температури електроліту в діафрагмі до 80 °С спостерігається деформація хлоринової тканини. Ведення процесу при низькій температурі недоцільним із-за зниження електропровідності міжелектродного проміжку. Оптимальне значення струму електролізу – 160...200 А при напрузі 12 В.

У процесі електролізу відбувається електродіаліз хромової кислоти з відпрацьованого електроліту або промивної води в діафрагму. При зменшенні концентрації хромової кислоти в регенованому електроліті до 30...40 г/л тривалентне залізо переходить у гідроокис і випадає в осад. Хромової кислота концентрації 200...250 г/л відкачується з діафрагм і повертається у виробництво.

Розроблений технологічний процес з урахуванням потреб і можливостей за виробничими площами гальванічних цехів передбачає установку регенерації з 10 анодно-катодних вузлів. Така установка забезпечує регенерацію 50 м<sup>3</sup> електроліту хромування в рік, що в 6 разів продуктивніше аналогічних установок зарубіжних фірм. При обробці промивної води процес дозволяє безперервно підтримувати концентрацію хрому не більше 1 г/л.

Дослідно-промислові випробування технологічного процесу електрохімічної регенерації електроліту хромування проводилися на Одеському заводі поршневих кілець за двома схемами. У першій схемі регенерація електроліту з концентрацією хромового ангідриду 200...220 г/л і змістом тривалентного заліза 12...15 г/л здійснювалася на установці регенерації, що складається з джерела постійного струму, ванни регенерації об'ємом 1 м<sup>3</sup> з десятима анодно-катодними вузлами, допоміжною і проміжною ванн. Відпрацьований електроліт із ванн хромування зливався у ванну регенерації, де піддавався дії електролізу при сумарному струмі 2000 А і напрузі 8...12 В. Корисне навантаження на один анодно-катодний вузол складало 100 л відпрацьованого електроліту.

Після 8 год. електролізу, коли концентрація хромової кислоти в регенованому електроліті досягала 200...220 г/л при концентрації тривалентного заліза до 2 г/л електроліт із діафрагм відкачувався за допомогою шестерінчастого насоса в проміжну ванну. Після цього діафрагми знов заправлялися водним розчином електроліту хромування з концентрацією хромового ангідриду 20...30 г/л і процес регенерації продовжувався.

Після 80 год. роботи в проміжній ванні накопичувалося 1000 л регенованого електроліту з діафрагм, а у ванні регенерації залишкова концентрація хромового ангідриду складала 30 г/л при концентрації заліза не більше 2 г/л. Гідроокис заліза, що утворювався, осідав на внутрішню поверхню катодів. Після декантації електроліт зливався в допоміжну ванну і використовувався при подальших циклах регенерації для заправки діафрагм. Регенований електроліт проміжної ванни коректувався за хімічним складом і використовувався для хромування.

За другою схемою, регенерація здійснювалася безпосередньо у ванні хромування з об'ємом відпрацьованого електроліту 3,5 м<sup>3</sup>, концентрацією хромового ангідриду 200...220 г/л і тривалентного заліза 15 г/л. Регенерація проводилася при струмі 4000 А, напрузі 8...12 В і використанні 20 анодно-катодних вузлів. Т.ч., навантаження на один вузол складало 175 л.

З метою економії виробничої площі проміжна і допоміжна ванни не використовувалися. Регенований електроліт із діафрагм за допомогою шестерінчастого насоса переливався безпосередньо в інші ванни хромування для компенсації втрат хромового ангідриду в процесі хромування. У ході випробувань відпрацьовувалися питання можливості заміни регенованого електроліту з діафрагм через три робочі зміни і використання збідненого електроліту ванни регенерації після осадження гідроокису заліза для приготування ванн хромування замість заправки в діафрагми.

При заміні електроліту в діафрагмах через три робочі зміни концентрація хромового ангідриду в регенованому електроліті складала 200...240 г/л проти 180...200 г/л при заміні через одну зміну. Тобто, накопичення хромового ангідриду за другу і третю зміни дуже незначне при високій витраті електроенергії, що було визнане недоцільним.

Збільшення повного навантаження на анодно-катодний вузол до 175 л призвело до того, що після зниження концентрації заліза у ванні регенерації до 5...6 г/л параметри електролізу не дозволяли закінчити цикл регенерації. Для продовження роботи катоди піддавалися зачистці від відкладеного гідроокису, після чого концентрація заліза у ванні знижувалася до 1,5...2 г/л. Після регенерації, яка продовжувалася 180 год., електроліт із осадом гідроокису заліза був використаний для приготування електроліту хромування.

Аналіз результатів випробувань технологічного процесу за двома схемами дозволяє зробити такі висновки:

— доцільно проводити регенерацію відпрацьованого електроліту хромування на установках із корисним навантаженням на один анодно-катодний вузол не більше 100 л;

— заміна електроліту з діафрагм повинна проводитися кожної робочої зміни для забезпечення оптимальної витрати електроенергії і максимальної швидкості електродіалізу;

— вивантаження регенованого електроліту з діафрагм в працюючі ванни хромування недоцільне, оскільки працюючі ванни мають завищену концентрацію тривалентного заліза. Доцільніше накопичувати регенований електроліт в окремій проміжній ванні і використовувати його для приготування електроліту хромування;

— експлуатація технологічного процесу регенерації, незалежно від схеми процесу, повністю виключає злив електроліту хромування на станцію нейтралізації і дозволяє повернути хромовий ангідрид у виробництво.

**Утилізація шламів гальванічного хромування.** Зменшення екологічної небезпеки гальванічних відходів, що випали в осад, – шламів, проводять або за допомогою методів хімічної фіксації без витягання цінних металів, або витягують цінні компоненти. Що стосується другого способу, то слід відразу обмовитися, що для шламів, що містять декілька металів, на сьогодні визначена лише принципова можливість витягання кольорових металів гідрометалургійними методами.

До методів хімічної фіксації відходів відносять: силікатування у виробництві декоративного скла, при випаленні шламу за наявності силікатів, у виробництві черепиці; отвердження відходів із використанням неорганічних і органічних терпких речовин; феритизацію твердої фази відходів.

Під гальванічними шламами розуміють осади, що отримуються на заводських очисних спорудах після знешкодження стічних вод зі всіх ділянок виробництва, і ділять їх на три групи:

- кальцієвмісні шлами, що отримуються при використанні вапняного молока як осаджувача;
- натрієвмісні шлами, що отримуються при використанні лугу, соди, як осаджувача;
- залізовмісні шлами, що отримуються при електрокоагуляційному очищенні або при використанні залізовмісних елементів.

Вищезгадані шлами є важкорозділювальні водні суспензії гідрооксидів важких металів і мінеральних солей. Теоретично в них відсутній шестивалентний хром, оскільки при знешкодженні стічних вод його заздалегідь відновлюють до тривалентного, але практично, за наявності на заводах хромувальних ділянок, шлами містять до декількох відсотків шестивалентного хрому через насиченість виснаженим електролітом і промивними водами.

Наявність шестивалентного хрому не дає можливості наявним методами хімічної фіксації отримати безпечний екологічно чистий продукт – при контакті з вологою визначається перевищення ГДК по токсичному шестивалентному хрому. Вказані причини зажадали для шламів гальванічного хромування розробки нових технологій утилізації.

**Утилізація шламів гальванічного хромування у фарбувальні пігменти лакофарбного виробництва.** Початковим пунктом даного дослідження є вирішення завдання попереднього відділення шестивалентного хрому, переводу гідрооксидів важких металів у нерозчинні оксиди шляхом теплової обробки з виключенням зворотного переходу тривалентного хрому в шестивалентний і підбором способу утилізації [20].

Дослідження показали, що шестивалентний хром знаходиться в шламів в рівномірному комплексному зв'язку з  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , що приводить до однакового переходу у фільтрат обидва цих компонентів при відмиванні, а загальноприйняте для відновлення шестивалентного хрому підкислювання розчиняє осади гідрооксидів.

Тому було розроблено спосіб попереднього відновлення шестивалентного хрому без підкислювача при використанні як відновника деревної тирси в кількості 2...20 % від ваги шламу при подвійній температурній обробці: первинній при 70 °C і вторинній, відповідній сушці пульпи, при 105...110 °C.

Для виключення зворотного переходу тривалентного хрому в шестивалентний підібраний оптимальний температурний режим знешкодження гальваношлама при 500...550 °C з обмеженням доступу повітря, що забезпечує перетворення гідрооксидів  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  і  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  на нетоксичні оксиди  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  і  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  і перетворення, що потрапляє в шлам від свинцевих анодів оксиду  $\text{PbO}_2$  в сурик  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ .

Аналіз отриманого після вказаних обробок продукту дає вибір двох основних напрямів утилізації:

— використання знешкодженого порошку в лакофарбному виробництві, оскільки компоненти порошку є фарбувальними пігментами. При цьому переважаючим компонентом є  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (73,35 %), що дає можливість виробляти масляну фарбу, аналогічну залізовому сурику;

— виготовлення полірувальних паст, аналогічних пасти ГОЙІ, оскільки більше 98 % знешкодженого порошку складають дрібнодисперсні абразиви  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  і  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .

Проведені дослідні роботи з виготовлення фарб і полірувальних паст показали повну прийнятність застосування отриманого з шламу продукту в їхньому виробництві. Крім того, як показали спеціально поставлені експерименти, органічні складові масляних фарб і полірувальних паст володіють властивістю відновлення залишкових кількостей  $\text{CrO}_3$ , які можуть бути наявними в знешкодженому шламів при не-

якісному проведенні процесу. У виготовлених масляних фарбах і полірувальних пастах перевірки санипідемстанції визначена повна відсутність шестивалентного хрому.

На підставі проведених досліджень розроблено технологічну схему знешкодження і утилізації хромовмісного гальваношламу. Резервний варіант цієї схеми передбачає проведення термообробок із закритими лотками для шламу, що усуває доступ повітря і забезпечує гарантовану відсутність шестивалентного хрому в продукті, що утилізується, якщо його не використовують для приготування фарб і паст.

Нижче приведена послідовність технологічних операцій з описом допоміжного устаткування для здійснення розробленої схеми:

- шлам надходить в збірку початкового шламу, що закривається, об'ємом 2 м<sup>3</sup>, розраховану на 10...20 циклів знешкодження;

- за допомогою бадді 200 кг шламу електротельфером переміщують в бетономішалку об'ємом 0,5 м<sup>3</sup>, куди заздалегідь заливають 100 л технічної води. Шлам з водою перемішують протягом 5 хвилин;

- у бетономішалку завантажують 40 кг деревної тирси листяних порід і перемішують протягом 5 хвилин;

- водну пульпу розливають в 40 чистих лотків по 10 л на 0,8 висоти лотка, встановлюють лотки на контейнер і завантажують в сушильну камеру. Включають електронагрівачі і протягом 1 год. піднімають температуру до 105...110 °С, потім витримують при цій температурі 4 год. Висушений залишок не має бути сирим при візуальній оцінці. Ця операція забезпечує зниження летючості шестивалентного хрому, його відновлення, створення відновного середовища, що перешкоджає його повторному утворенню, виключає спікання, наявність CrO<sub>3</sub>, що не прореагував, у внутрішніх шарах, прилипання осаду до стінок лотків і гарантує утворення тонкого порошку;

- проба висушеного залишку випробовується на відсутність шестивалентного хрому методом водного витягу: крупинки проби промивають дистильованою водою і 2 порції отриманого фільтрату обробляють роздільно 5 %-ними розчинами соляної кислоти і їдкої натрію в пробірках. Фарбування водного витягу в коричневий або жовтий колір не допускається. Інакше сушка продовжується ще 1 год.;

- після зниження температури в сушильній камері до 50 °С контейнери перезавантажують в електропіч, температура якої протягом 1 год. піднімається до 500...550 °С. Витримка при цій температурі складає 1...2 год., після чого проба прокаленого порошку випробовується на повноту розкладання гідрооксидів Fe(OH)<sub>3</sub> і Cr(OH)<sub>3</sub> тим же методом кислотного і лужного витягів. Ця операція низькотемпературного прожарення забезпечує необхідну дегідратацію гідрооксидів і знижує вірогідність зворотного переходу Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в CrO<sub>3</sub> порівняно з відомими способами, де при температурах 1000...1200 °С тривалентний хром окислюється киснем повітря до шестивалентного;

- після зниження температури печі до 50 °С контейнери вивантажуються з печі і вміст лотків зсипається в збірку порошку.

Економічний аналіз показує, що перевагу слід віддати методу утилізації знешкодженого гальваношламу у пігмент лакофарбного виробництва, оскільки основна сировина – оліфа – дешевша єднальних полірувальних паст – церезину і олеїнової кислоти, а ціна отримуваної масляної фарби вища за ціну полірувальної пасті через великі обсяги виробництва і попиту.

**Утилізація шламів гальванічного хромування в каталізatori окислення гудронів.** На сьогодні на підприємствах нафтопереробної і будівельної промисловості основним способом отримання бітумів є окислення гудронів. Процес достатньо тривалий і трудомісткий. Разом з тим, доступні добавки, прискорюючи цей процес без зниження якості бітумів різних марок, відсутні. У зв'язку з цим представляють інтерес не утилізовані гальванічні шлами, основні компоненти яких, що містять з'єднання хрому, заліза, цинку і інших металів, можуть прискорювати процес окислення гудрону, а варіацією складу домішки на основі таких відходів можна регулювати як швидкість процесу, так і структурно-груповий склад отримуваних бітумів, тобто їхні експлуатаційні характеристики [21].

Подібного роду утилізація шламів гальванічних виробництв, що містять з'єднання Cr<sup>6+</sup>, може представляти інтерес не лише з позицій екологічного очищення території України, але і може опинитися економічно вигідною. Це і зумовило постановку завдань, що вирішуються в даному дослідженні.

Дослідження проводилися на лабораторній установці, основним елементом якої є високошвидкісний вихровий диспергатор, що складається з бака-статора, що електрообігрівается, ємністю 10 л і валу, що обертається всередині нього, з верхнім і нижнім пропелером спеціальної конструкції. Частота обертання валу 2800 об/хв, потужність приводного двигуна 13 кВт. Внутрішня поверхня бака-статора оребрена. При попаданні повітря в зону дії пропелерів диспергатора значно збільшується поверхня розділу фаз, що забезпечує високу ефективність процесів окислення гудрону, залитого в диспергатор.

У диспергатор завантажували 10 кг початкового гудрону, заздалегідь нагрітого в ємкості, що електрообігрівается, і відповідну кількість гальванічного шламу. Температуру гудрону в ємкості і диспергаторі вимірювали за допомогою ртутного термометра і термопари. У процесі окислення визначали пенет-

рацію і температуру розм'якшення бітуму, що відбирається за допомогою пробовідборника через завантажувальний люк, зупиняючи при цьому кожного разу мішалку диспергатора. Крім того, у процесі отримання бітумів, що окислюють, проводили функціональний аналіз проб оксидату: кислотне число, число омилення і кількість асфальтенів.

Температуру розм'якшення бітуму визначали за приладом «кільце і куля» при нагріванні кільця з бітумом до температури, коли розташована на бітумі кулька торкалася нижнього плато стійки. Пенетрацію визначали на спеціальному приладі як глибину проникнення голки каліброваної ваги в бітум, термостатований при 25 °С. Кислотне число визначали за різницею об'ємів лугу, що пішов на титрування навіски бітуму, число омилення – за різницею об'ємів лугу і кислоти, що пішли на омилення, визначення  $\text{Cr}^{6+}$  в зразках окисленого бітуму і в повітрі проводилося фото колориметричним методом.

Як добавки в процесі окислення гудронів були випробувані зразки гальванічних шламів, характер і склад яких представлений в таблиці 1.

**Таблиця 1 – Хімічний склад випробовуваних шламів, %**

| № домішки | Вид шламу                                               | $\text{Fe}^{3+}$ | $\text{Cr}^{6+}$ | $\text{Cr}$ заг. | Волога | $\text{Cr}^{3+}$ | $\text{Zn}^{2+}$ | Ca   | Pb   | Мех. домішки |
|-----------|---------------------------------------------------------|------------------|------------------|------------------|--------|------------------|------------------|------|------|--------------|
| 1А        | Шлам після регенерації електролізу хромування           | 25,0             | 10,0             | 25,0             | 5,0    | 15,0             | –                | –    | –    | –            |
| 1Б        |                                                         | 20,0             | 14,0             | 28,0             | 10,0   | 14,0             | –                | –    | –    | –            |
| 2         | Шлам після станції нейтралізації електрохімікоагуляцією | 25,0–3,0         | 0,02–2,0         | 6,0–8,0          | 4,0    | 6,0              | –                | –    | –    | –            |
| 3         | Шлам після станції нейтралізації реагентним способом    | 2,0              | –                | 9,0              | 50,0   | 9,0              | 3,0              | 16,0 | –    | 6,0          |
| 4         | Шлам після чищення ванн хромування                      | –                | 8,5              | 8,5              | 10,0   | –                | –                | –    | 12,6 | –            |

Нагрітий до 200...220 °С гудрон перекачували в диспергатор і додавали при перемішуванні заздалегідь висушений і подрібнений зразок шламу в кількості 1,5 і 3 % від ваги завантаженого гудрону (табл. 2). Температура процесу зазвичай складала 180...230 °С. Приведені в таблиці 2 результати є середніми з 3–4 експериментів. При цьому розкид величин температур розм'якшення складав 2...3 °С, а показника пенетрації – 5...6 одиниць.

За відсутності домішки (випробування 1) процес відбувається без виділення тепла і температуру підтримують електрообігрівом диспергатора. За 2,5 год. температура розм'якшення бітуму, що окислюється, досягає 38 °С.

За наявності домішок № 2 і № 3 (випробування 5 і 6) прискорення процесу окислення гудрону практично не спостерігається, результати подібні до випробування 1. Деяке прискорення процесу окислення відбувається за наявності домішки № 4 (випробування 7). Через 2 год. температура розм'якшення бітуму, що окислюється, складає 47 °С. Проте, при використанні домішок № 2, 3 і 4 процес окислення йде без виділення тепла.

Інша картина спостерігається при використанні домішок № 1А і 1Б незалежно від їхньої кількості. Процес окислення гудрону відбувається з помітним екзотермічним ефектом без додаткового електрообігріву диспергатора.

Як видно з таблиці 2 (випробування 2), у цих умовах температура розм'якшення бітуму, що окислюється, за 1 год. складає 44 °С, що відповідає отриманню цільового продукту у вигляді дорожнього бітуму марки БНД 130/200 і будівельного бітуму марки БН 130/200. Збільшивши тривалість процесу до 1,5 год., можна отримати вищі марки дорожнього і будівельного бітумів БНД 60/90 і БН 60/90.

Найбільш ефективною виявилася домішка 1Б (таблиця. 2, випробування 2), де зміст шестивалентного хрому складає 14 % (таблиця. 1). Через 0,5 год. в її присутності гудрон удається окислювати до бітуму, температура розм'якшення і пенетрація якого відповідають показникам дорожнього бітуму марки БНД 200/300, будівельного бітуму БН 200/300, а також покрівельного бітуму БНК 45/180, через 1 год. бітум, що окислюється, відповідає дорожньому БНД 60/90 і будівельному БН 60/90. Таким чином, через 1 год. за наявності добавки 1А і через 0,5 год. за наявності домішки 1Б можна отримати цільовий продукт. Згідно з чинною технологією окислення гудрону для отримання дорожнього або будівельного бітуму необхідно 12 годин.

Таблиця 2– Залежність температури розм'якшення і пенетрації окисленого бітуму від добавки гальванічного шламу

| № випробування | № домішки | Температура розм'якшення, °C/хв |    |    |    |     |     | Пенетрація, 10 <sup>-1</sup> мм/хв |      |      |      |      |     |
|----------------|-----------|---------------------------------|----|----|----|-----|-----|------------------------------------|------|------|------|------|-----|
|                |           | 0                               | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 | 0                                  | 30   | 60   | 90   | 120  | 150 |
| 1              | –         | 34                              | 34 | 36 | 37 | 38  | 38  | 1100                               | 1050 | 1000 | 1000 | 950  | 950 |
| 2              | 1А, 3%    | 34                              | 40 | 44 | 50 | 60  | 73  | 1100                               | 365  | 133  | 75   | 74   | 26  |
| 3              | 1Б, 3%    | 34                              | 40 | 51 | 68 | 94  | 124 | 1100                               | 180  | 67   | 25   | 14   | –   |
| 4              | 1Б, 1,5%  | 34                              | 38 | 46 | 56 | 68  | 86  | 1100                               | 218  | 103  | 47   | 27   | 14  |
| 5              | 2, 3%     | 34                              | 37 | 38 | 38 | 38  | 39  | 1100                               | 1100 | 1100 | 960  | 630  | 520 |
| 6              | 3, 3%     | 34                              | 37 | 37 | 37 | 39  | 41  | 1100                               | 1100 | 1100 | 1100 | 1090 | 600 |
| 7              | 4, 3%     | 34                              | 38 | 40 | 42 | 45  | 47  | 1100                               | 430  | 225  | 133  | 109  | 64  |

Зниження концентрації домішки 1Б до 1,5 % (таблиця 2, випробування 4) також приводить до прискорення процесу, але гамма отримуваних бітумів, що окислюються, доки що менші (БНД 200/300, БН 200/300, БНД 90/130, БН 90/130). Покрівельний бітум у цьому випадку отримати не вдається.

При дослідженні складу продуктів окислення методом функціонального аналізу відзначено, що за наявності домішки 1 майже удвічі підвищується кислотне число, тобто домішка помітно змінює кінетику накопичення карбонових кислот. Число омилення за наявності домішки 1 монотонно зростає, залишаючись істотно вищим за цей показник в інших випробуваннях, тобто ця домішка ініціює глибші процеси окислення залишкової нафтової сировини.

Екологічна перевірка процесу і кінцевого продукту санепідемстанцією показала, що зміст шестивалентного хрому в повітрі робочої зони при окисленні гудрону з домішкою гальванічного шламу після регенерації електроліту хромування не перевищує 0,2 ГДК, а вміст шестивалентного хрому у водному екстракті, отриманому обробкою готової продукції водою при 95 °С, не перевищує 0,5 ГДК. На підставі цієї перевірки отримано дозвіл на застосування процесу утилізації шламів гальванічного хромування у виробництві бітумів.

Запропоновані способи утилізації шламів гальванічного хромування дозволяють завдяки отриманню додаткового прибутку вивести хромування на передове місце за техніко-економічними показниками сучасних технологій поверхневого зміцнення деталей у машинобудуванні України [22, 23].

### Висновки

1. Розглянуто надійність зносостійкого хромового покриття з точки зору утворення прихованих дефектів під час гальванічного хромування. Встановлено залежність показника крихкості і енергоємності хромового покриття від кількості технологічних домішок у електроліті хромування і розроблено рекомендації із виведення електроліту з експлуатації і проведення його регенерації. Таким чином, для отримання якісних покриттів і запобігання перевитрат електроенергії необхідно оцінювати вплив технологічних домішок за їхнім сумарним змістом і вважати за критичну величину сумарний рівень 17 г/л при вмісті тривалентного заліза не більше 10 г/л.

2. Розроблено і перевірено у виробничих умовах метод регенерації електроліту хромування без передачі стічних вод гальванічного хромування до станції нейтралізації, де вони потребують значних витрат і великої кількості води для розбавлення. Аналіз результатів випробувань технологічного процесу показує техніко-економічну доцільність проведення регенерації відпрацьованого електроліту хромування у гальванічних ваннах з оптимальним корисним навантаженням на один електродіалізний анодно-катодний вузол 100 л. Експлуатація технологічного процесу регенерації повністю виключає злив електроліту хромування на станцію нейтралізації і дозволяє повернути дорогий хромовий ангідрид у виробництво.

3. Розроблено способи утилізації шламів від регенерації електроліту хромування, що утримують шестивалентний хром, у фарбувальні пігменти лакофарбного виробництва і як каталітичну добавку у виробництво дорожнього і будівельного бітумів, які забезпечують у продукції допустимий рівень ГДК і шестивалентного хрому, як один з найнебезпечніших показників машинобудівних підприємств, і забезпечують отримання вагомому прибутку у цих виробництвах.

4. Запропоновано комплексний підхід до забезпечення екологічної безпеки процесу гальванічного хромування, який дозволяє зробити гальванічне хромування конкурентоспроможним за техніко-економічними показниками серед технологій поверхневого зміцнення деталей у машинобудуванні України.

## Література

1. Соколов О.Д. Хромові покриття – сторіччя наукових досліджень у промислових технологіях. // Наукові праці ОНАХТ. – Одеса. – 2012. – Вип. 42. – Т.2. – С. 520–530.
2. Воропанова Л.А., Рубановская С.Г. Использование древесных опилок для очистки сточных вод от хрома (VI) // Химическая промышленность. – 1998. – № 1. – С 22–24.
3. Зубарева Г.И., Зубарев М.П. Очистка хромсодержащих сточных вод гальванического производства от хрома (VI). // Химическая промышленность. – 2000. – № 10. – С. 16–19.
4. Кравцов Е.Е., Глинина Е.Г., Балахтина Е.В., Лебедева А.П., Хаметов Р.Р., Тимошук А.В. Изучение комбинированного способа очистки растворов от хрома. // Вестник АГТУ. – 2004. – № 4. – С. 20–23.
5. Соколов А.Д., Бейзерман Я.М. Электролит хромирования // А.С. СССР № 1798385. – Оpubл. 28.02.1993. – БИ № 8.
6. Дукач Г.И., Соколов А.Д. Электролит хромирования // А.С. СССР № 1574686. – Оpubл. 30.06.1990. – БИ № 24.
7. Соколов А.Д., Филиппочев А.Н. Влияние технологических примесей в электролите на энергоёмкость и качество хромирования поршневых колец // Тракторы и сельхозмашины. – 1986. – № 4. – С. 43–45.
8. Соколов А.Д. Прочностные свойства хромовых покрытий и их влияние на износостойкость поршневых колец // Двигателестроение. – 1987. – № 8. – С. 40–42.
9. Соколов А.Д. Влияние технологических параметров хромирования поршневых колец на прочность сцепления и хрупкость покрытий // Контроль технологических параметров в гальваническом производстве / Сб. материалов семинара. – М.: МДНТП. – 1988. – С. 26–29.
10. Соколов А.Д., Бякова А.В., Горбач В.Г., Кривошеева Т.Е., Былина И.Е., Власов А.А. Исследование характеристик усталостного разрушения деталей двигателей // Двигателестроение. – 1990. – № 2. – С. 27–28.
11. Соколов О.Д. Знос поверхневого шару матеріалу крихким руйнуванням // Наукові праці ОДАХТ. – Одеса. – 1999. – Вип. 20. – С. 280–285.
12. Соколов О.Д. Оцінка зносостійкості та надійності хромових покриттів для розробки технології їх нанесення на деталі вузла тертя // Проблеми трибології (Problems of Tribology). – 2003. – №2. – С. 130–135.
13. Соколов О.Д., Маннапова О.В. Оцінка напруженого стану і руйнування гальванічних хромових покриттів поршневих кілець. // Наукові праці ОНАХТ. – Одеса. – 2011. – Вип. 40. – Т. 2. – С. 379–381.
14. Соколов О.Д. Процес та обладнання для регенерації електроліту хромування та промивних вод // Інноваційні розробки ОНАХТ. – Одеса: ОНАХТ. – 2005. – С. 35–37.
15. Соколов А.Д., Клейн Л.Н., Филиппочев А.Н., Сафронов А.С. Анодно-катодное устройство // А.С. СССР № 1298264. – Оpubл. 23.03. 1987. – БИ № 11.
16. Соколов А.Д. Способ и устройство для электрохимической регенерации электролитов хромирования // Информ. листок УкрНИИНТИ. – № 90-077, РГАСНТИ 55.22.19. – Одесса. – 1990. – 4 с.
17. Клейн Л.Н., Соколов А.Д., Филиппочев А.Н., Мишурис Л.Г. Устройство для регенерации электролитов // А.С. СССР № 1733514. – Оpubл. 15.05. 1992. – БИ № 18.
18. Клейн Л.Н., Соколов А.Д., Филиппочев А.Н. Способ регенерации отработанных электролитов хромирования // А.С. СССР № 1801990. – Оpubл. 15.03. 1993. – БИ № 10.
19. Соколов А.Д., Филиппочев А.Н. Изыскание рациональных методов регенерации электролита хромирования и промывных вод //Машины для ферм. – К., НПО НИИФерммаш. – 1993. – Вып. 6. – С. 54–57.
20. Соколов А.Д., Клейн Л.Н. Исследование способа утилизации хромсодержащих гальванических шламов в красящие пигменты лакокрасочного производства. // Машины для ферм. – К.: НПО НИИФерммаш. – 1993. – Вып. 6. – С. 58–61.
21. Соколов А.Д., Камалов Г.Л. Утилизация шламов гальванического хромирования в катализаторы окисления гудронов. // Машины для ферм. – К.: НПО НИИФерммаш. – 1994. – Вып. 7–8. – С. 66–69.
22. Соловых Е.К., Ляшенко Б.А., Соколов А.Д. Модернизация машиностроения Украины по технологиям поверхностного упрочнения // Вісник Інженерної академії України. – 2007. – № 2. – С. 112–118.
23. Соколов О.Д., Маннапова О.В., Голованов Ю.М., Казаріна Н.В., Філіппочев О.М. Техніко-економічне оцінювання триботехнічних технологій // Проблеми тертя та зношування: Наук.-техн. зб. – К.: НАУ, 2008. – Вип. 50. – С. 194–201.

## МЕТОДОЛОГИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Лищенко Н.В., канд. техн. наук, доцент  
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

*Установлено, что технологическим резервом дальнейшего повышения эффективности лезвийной и абразивной обработки является обеспечение оптимального взаимодействия этих элементов с учетом требований к точности, качеству и производительности обработки.*

*It is established a technological reserve for further improving edge and abrasive machining is to ensure optimal interaction of the technological system elements with the requirements for accuracy, quality and machining production.*

Ключевые слова: технологическая система, оптимизация, точность, качество, производительность.

В данной работе технологическая система (ТС) рассматривается в узком смысле этого слова, применительно к одному рабочему месту. Поэтому, под термином ТС понимается совокупность четырех элементов: станок, приспособление, инструмент, деталь (обрабатываемая заготовка). При взаимодействии этих элементов в соответствии с управляющей программой системы ЧПУ станка реализуется технологическая операция. Таким образом, техническая система – конструкция (ТС) реализует техническую систему – технологический процесс (операцию). Всякое положительное приращение параметров, характеризующих эксплуатационные свойства элементов ТС (повышение точности позиционирования, уменьшение упругих отжатий, вибраций и т.п.), влечет за собой соответствующие приращения параметров, характеризующих свойства технологического процесса (операции).

С этих позиций рассмотрим элементы ТС. **Металлорежущий станок** прошел многолетний этап совершенствования и отработки конструкции, позволяет получить предельно достижимую точность позиционирования, точность скоростей рабочих органов и их ускорений. Например, в настоящее время удовлетворительная точность позиционирования на станках типа «обрабатывающий центр» характеризуется погрешностью 30 мкм. Уменьшение этой погрешности до 4 – 5 мкм сопровождается резким удорожанием конструкции станка, поэтому традиционные конструкторские и технологические методы повышения точности металлорежущих станков в настоящее время исчерпали свои возможности. Возникла задача оптимизации затрат на конструкторско-технологическое обеспечение необходимой точности при одновременном использовании средств автоматического управления движениями станка (перемещение, скорость, ускорение), основанных на использовании систем обратной связи с прецизионными датчиками положения, скорости, ускорения. **Станочное приспособление** (СП) – две тенденции. Первая – повышение точности положений, перемещений за счет датчиков обратной связи [1]. Вторая – устранение традиционных функций СП, которые расширяли технологические возможности станка. Современные СП чаще всего являются фиксирующими (крепежными) и не выполняют кинематические перемещения, поскольку последние обеспечиваются рабочими органами станка. В то же время имеются случаи управления кинематикой движений станка от той же самой системы ЧПУ, например, для станка типа «обрабатывающий центр». **Инструмент** прошел следующие этапы своего развития: инструмент, изготовленный из быстрорежущей стали, твердого сплава, нанесение многослойных износостойких покрытий (плакирование, ионизация и т.д.). **Заготовки**. Две тенденции: приближение формы заготовки к форме детали по чертежу (уменьшение припусков на обработку) и резкое ухудшение обрабатываемости материалов резанием в связи с использованием современных труднообрабатываемых материалов: титан, титановые сплавы, углепластик, стеклопластик, жаропрочные и нержавеющие стали и сплавы и т.д. Первая тенденция способствует уменьшению затрат на обработку и является одной из причин развития современного направления в технологии машиностроения – высокоскоростной обработки (High Speed Machining). Вторая причина приводит к увеличению трудоемкости и себестоимости обработки. Причем как в первом, так и во втором случае увеличиваются колебания сил резания за счет увеличенных скоростей рабочих движений станка (в первом случае), а во втором – высокие эксплуатационные свойства обрабатываемых материалов сопровождаются резким ухудшением обрабатываемости.

Таким образом, проведенный анализ элементов ТС показывает, что указанные выше четыре элемента системы СПИД (станок-приспособление-инструмент-деталь) исчерпали свои технологические возможности с точки зрения повышения эффективности обработки. Поэтому становится актуальной задача оптимизации технологических систем лезвийной и абразивной обработки за счет выбора параметров

элементов этих систем, исходя из условия наименьшей трудоемкости и себестоимости для каждого рассматриваемого случая, т.е. возникает задача оптимального управления технологическим процессом.

Задачи оптимального управления технологическим процессом следующие:

1. Выбор параметров, характеризующих свойства четырех элементов системы СПИД с учетом их возможного взаимодействия в работающей ТС.

2. Выбор режимов функционирования ТС с учетом пункта 1.

3. Выбор СОТС и способа его подачи с учетом пунктов 1 и 2.

Реализуемый на ТС процесс обработки детали (технологический процесс или операция) будем называть основным процессом, ради которого создавалась технологическая система. Однако для успешного выполнения этого процесса одновременно с ним непрерывно осуществляется вспомогательный технический процесс *управления*. Этот процесс включает выбор параметров четырех элементов технологической системы, приведение их в целесообразное взаимодействие путем выбора режимов обработки, поддержание стабильности выполнения основного технологического процесса. Для этого применяют диагностику и адаптивное управление, а также производят периодическую замену или обновления компонентов ТС по мере её работы, например, путем замены инструмента или восстановления его режущих свойств. Таким образом, **процесс управления** происходит одновременно с основным технологическим процессом и направлен на эффективное выполнение этого основного процесса, т.е. процесс управления является как бы согласующим процессом. Согласованию в данном случае подлежит приведение в соответствие фактических параметров и показателей основного технологического процесса с их заданными значениями. В качестве показателей можно рассматривать, например, точность (Т), качество (К) и производительность (П) обработки (рис.1). Следовательно, для управления необходимо контролировать текущие параметры состояния технологического процесса. В этой связи, ТС механической обработки может рассматриваться как объект управления, имеющий вектор входных переменных, вектор параметров текущего состояния ТС и вектор выходных параметров технологической системы, которые одновременно совпадают с параметрами основного технологического процесса (рис.1).

Из анализа понятия оптимизации следует, что это процесс аналогичный процессу управления, т.е. это также согласующий процесс, направленный на обеспечение эффективности основного технологического процесса.

Для установления преемственности процессов оптимизации и управления выполнен соответствующий анализ (рис.1).

На рис. 1 показаны два этапа из жизненного цикла изделия: этап технологической подготовки производства (этап ТПП – этап проектирования) и этап изготовления (этап производства). На этапе проектирования разрабатывается структура ТС, т.е. последовательность операций (маршрут обработки) и выбранные средства технологического оснащения, и подбираются теоретические (виртуальные) параметры технологической системы (режимы работы на станках и параметры состояния, которые их характеризуют: крутящий моменты, силы резания, вибрации, температуры и т.п.), исходя из проектно – достижимых заданных показателей точности ( $T_3$ ), качества ( $K_3$ ) и производительности ( $P_3$ ). Эта работа может быть проделана для нескольких альтернативных вариантов технологического проектирования (блоки 1...3 на рис.1). В блоке 4 выбирается наиболее оптимальный вариант ТП. В блоке 5 оформляется технологическая документация, содержащая информацию о маршруте обработке и средствах технологического оснащения; кроме того, в этом блоке разрабатывают управляющие программы для станков с ЧПУ.

На этапе изготовления реализуется выбранная ранее структура ТС (блок 6) и контролируются параметры ТС (блок 7), а кроме того, выполняются измерение и расчет оценочных функций  $T_{\phi}$ ,  $K_{\phi}$ ,  $P_{\phi}$  с учетом фактических данных о выполняемом процессе. Текущие параметры состояния ТС сравниваются с заданными в блоке 8. По результатам сравнения вырабатывается корректирующее воздействие на функционирующие станки (при наличии адаптивных систем) или выводятся текущие значения параметров и показателей состояния ТС на показывающие приборы (при наличии систем технологической диагностики).

Рассмотренная автоматизированная технологическая система (рис.1), которая реализует методологию управления (оптимизации) связана с внешней средой двумя каналами: справочная технологическая информация (технологическая база данных) и автоматизированная система научных исследований (АС-НИ) (результаты предварительно проведенных теоретических и экспериментальных исследований, которые заканчиваются инновационными решениями, типа прогрессивных технологических смазок, вибро-сверления, диагностических и адаптивных системы).



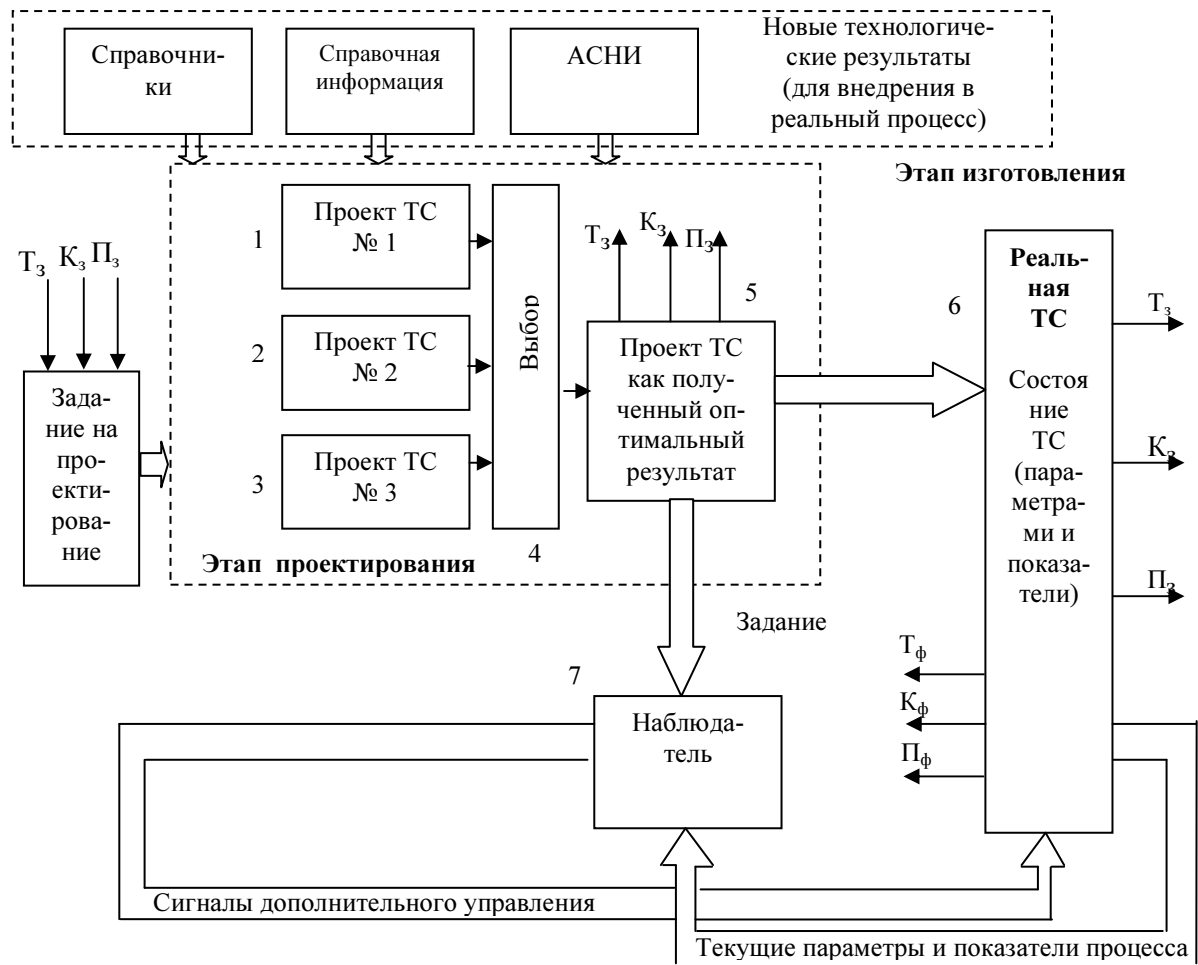


Рис. 1 – Методология управления (оптимизации)

**Методы оптимизации.** Анализ литературных источников позволил выполнить классификацию оптимизации как процесса принятия решений по следующим *критериям* [2]: 1 – по глубине охвата объекта; 2 – по наличию обратной связи; 3 – по количеству параметров в целевой функции; 4 – по методу поиска оптимальных параметров; 5 – по виду целевой функции (рис. 2).

1. По глубине охвата объекта: структурная (установление структуры объекта) и параметрическая (определение параметров для выбранной структуры).

2. По наличию обратной связи: разомкнутая (нет обратной связи с выхода на вход – система технологической диагностики параметров состояния объекта); замкнутая (адаптивное управление с обратной связью).

3. По количеству параметров целевой функции: однопараметрическая (определение одного из возможных элементов режимов резания) и многопараметрическая (определение оптимальных глубин шлифования при известном припуске на обработку).

4. По методу поиска оптимальных параметров: теоретический метод поиска (поиск экстремума предварительно полученной целевой функции и т.п.); экспериментальный метод поиска (поиск параметров настройки замкнутой адаптивной системы путем задания фиксированных режимов резания и анализа фактического переходного процесса с автоматизированным определением параметров ПИД регулятора).

5. По виду целевой функции: целевая функция описывает технические параметры состояния (температура, крутящий момент, вибрация и т.п.); традиционные оценочные функции (трудоемкость и себестоимость).

Из анализа приведенной классификации следует, что оптимизация это одновременно метод принятия решений и метод управления (вынуждения) для принятия какого-либо эффективного решения, например поиска условий обеспечения равенства требуемых и фактических показателей технологического процесса: точности, качества и производительности (рис.1).

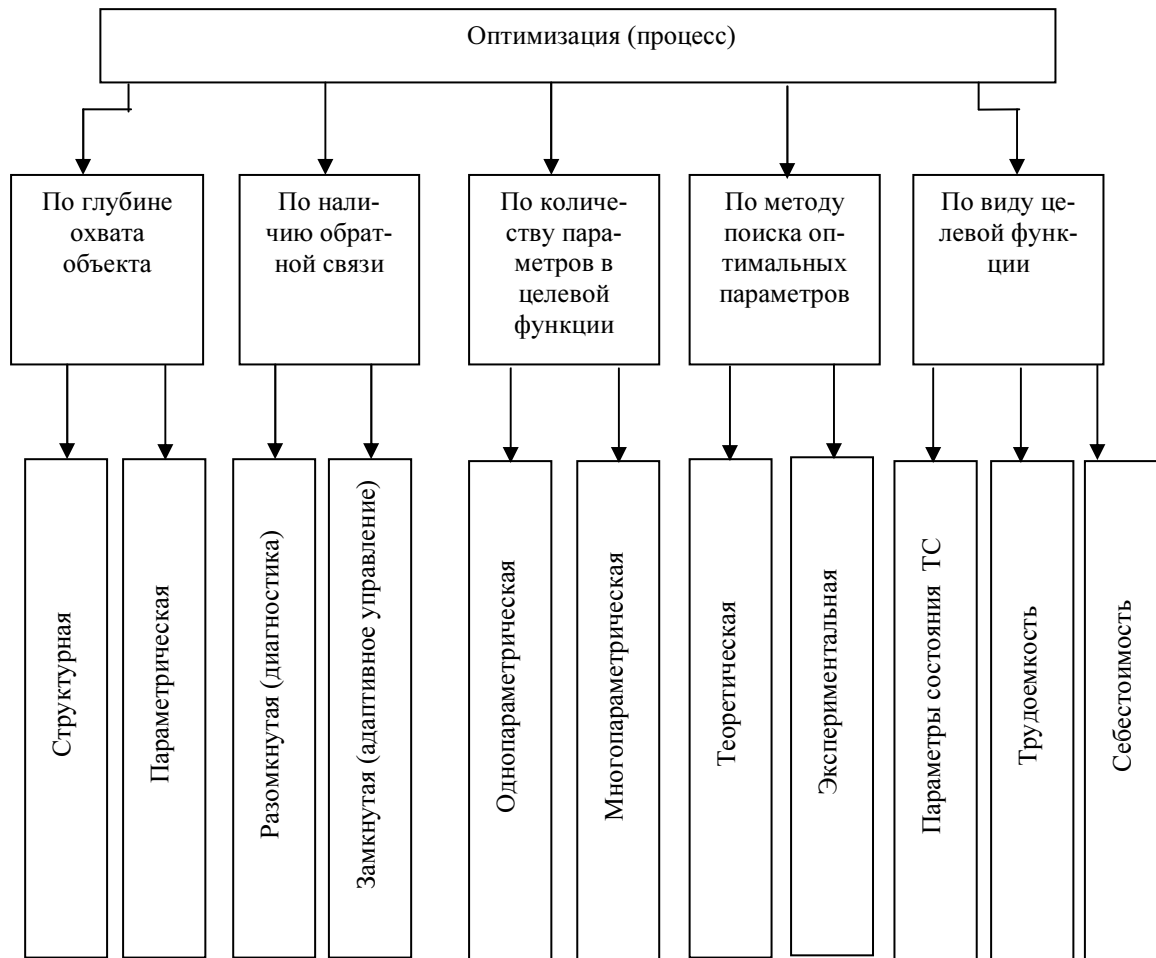


Рис. 2 – Классификация способов оптимизации

**Выводы**

1. Для успешного функционирования ТС необходимо одновременное выполнение двух технических процессов: основного технологического и вспомогательного согласующего процесса управления.
2. Технологические резервы совершенствования лезвийной и абразивной обработки за счёт улучшения эксплуатационных свойств элементов ТС практически исчерпаны (это показал анализ) и дальнейшее повышение эффективности механической обработки возможно за счёт оптимизации взаимодействия элементов ТС с учётом их взаимного влияния, в том числе при активном участии СОТС в формировании оптимального взаимодействия элементов ТС.
3. Оптимизация взаимодействия элементов ТС является в методологическом смысле способом эффективного управления для обеспечения эффективного технологического процесса.

**Література**

1. ОАО "Стерлитамак – М.Т.Е" – универсальные станки ... / [www.stanok.mte.ru/](http://www.stanok.mte.ru/).
2. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общей редакцией Ф.В.Новикова и А.В.Якимова. В десяти томах. – Т.8. «Оптимизация технологических процессов в машиностроении» – Одесса: ОНПУ, 2004. – 509 с.

УДК 621.575(088.8): 664.8

## РАЗРАБОТКА НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ БЫТОВЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРИБОРОВ АБСОРБЦИОННОГО ТИПА, СОВМЕЩАЮЩИХ ФУНКЦИИ ХОЛОДИЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ И ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ

Титлов А.С., д-р техн. наук, профессор, Вольневич С.В., научный сотрудник,  
Козонова Ю.А., канд. техн. наук, доцент  
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

*Для повышения энергетической эффективности бытовых холодильных приборов и расширения их функциональных возможностей разработаны комбинированные конструкции, содержащие дополнительную тепловую камеру. В состав таких комбинированных приборов входят тепловые трубы и осмотические теплопередающие устройства. Приводится классификация комбинированных бытовых приборов.*

*To improve the energy efficiency of household refrigeration appliances and expanded capabilities developed combined constructs containing additional thermal camera. The structure of such hybrid devices include thermal and osmotic heat pipe-way radio. A classification of the combined household appliances.*

Ключевые слова: абсорбционный холодильный агрегат, энергосбережение, тепловая и холодильная обработка, конструкции бытовых комбинированных приборов.

Анализ тепловых режимов абсорбционных холодильных агрегатов (АХА) показал, что перспективным направлением в энергосбережении может стать разработка бытовых приборов, совмещающих функции холодильного хранения и тепловой обработки пищевых продуктов, полуфабрикатов и сельскохозяйственного сырья.

В таких комбинированных бытовых приборах теплота, выделяющаяся при реализации холодильного цикла, не отводится в окружающую среду, а направляется в специальную тепловую камеру (ТК). В объеме ТК поддерживается температура выше, чем температура воздуха в помещении.

Эффект энергосбережения достигается за счет того, что температурные режимы в ТК поддерживаются без привлечения дополнительных энергозатрат.

На предварительном этапе разработки бытовых комбинированных приборов был приведен анализ технологий, использующих термическую обработку продуктов, полуфабрикатов и сырья. Показано, что для реализации в быту подавляющего числа пищевых технологий достаточным является диапазон температур 50...70 °С, а в современной бытовой холодильной технике такой диапазон температур отвода тепла холодильного цикла может быть получен только в АХА [1].

Анализ температурных полей теплорассеивающих элементов АХА показал, что необходимым температурным потенциалом (более 70 °С) обладает опускной и подъемный участки дефлегматора и ректификатор [2].

В опускном участке дефлегматора и в ректификаторе проходит паровой поток водоаммиачной смеси, который используется для предварительного подогрева потока крепкого водоаммиачного раствора (ВАР) на входе генератора, поэтому отбор тепла в этих зонах влияет на эффективность цикла АХА.

Таким образом проводить отбор тепла на необходимом для работы ТК температурном уровне следует только с полностью теплоизолированного подъемного участка дефлегматора АХА.

Анализ возможных вариантов применения технологических процессов в бытовом комбинированном приборе показал целесообразность разработки двух основных типов ТК — воздушного типа и в виде емкости для жидкости [2]. В последнем случае ТК могут использоваться для подогрева воды на хозяйственные нужды и для тепловой обработки пищевых жидкостей (пищевых растворов, молока, соков, браги и т. д.).

Проведена классификация различных конструкций бытовых комбинированных приборов абсорбционного типа, отличающихся (рис. 1):

- а) способом передачи тепла от элементов АХА к ТК (непосредственный контакт дефлегматора и ТК, использование промежуточных теплопередающих устройств, в том числе и с эффектом «осмоса»);
- б) расположением ТК в составе комбинированного бытового прибора (сверху холодильного шкафа либо в его нижней части или отдельно от холодильного шкафа);

в) конструктивным исполнением ТК (однокамерная, двухкамерная, наличие диодных термосифонов);

г) источником тепла для ТК и, соответственно, температурным уровнем в ТК (конденсатор, подъемный участок дефлегматора).

Рассмотрим особенности конструкций комбинированных приборов.



**Рис. 1 – Классификация бытовых комбинированных приборов абсорбционного типа**

Бытовой комбинированный аппарат абсорбционного типа с непосредственным контактом элементов АХА и ТК [3]. Характерной особенностью схемы является непосредственный тепловой контакт подъемного участка дефлегматора АХА с элементами ТК, что позволяет расширить диапазон температур термической обработки продуктов (в сторону увеличения температуры). Устройство содержит теплоизолированный шкаф 1, разделенный на ТК 2 и холодильной камеры (ХК) 3 (рис. 2). На задней стенке шкафа установлен АХА, содержащий генератор, закрытый теплоизоляционным кожухом 4, жидкостный теплообменник (ЖТО) 5, абсорбер 6, ресивер ВАР 7, испаритель 8, газовый теплообменник 9, аммиачную магистраль 10, конденсатор 11 и дефлегматор. ТК имеет в задней стенке проем, в котором установлен теплоизолированный блок 12, выполненный в виде короба. Начальный участок 13 дефлегматора между блоком 12 и кожухом 4 покрыт тепловой изоляцией 14. Средний участок 15 дефлегматора расположен в объеме блока 12 и связан с его дном, выполненным из высокотеплопроводного металла (алюминия). Выходной участок 16 дефлегматора и начальный участок 17 конденсатора располагаются за пределами блока 12. Камеры 2 и 3 имеют отдельные теплоизолированные двери 18 и 19, соответственно.

Дно короба 20 ТК воздушного типа имеет тепловую связь с дном блока 12, а короб 21 ТК, заполненный водой 22 (либо другой жидкостью), имеет тепловую связь с дном короба 12 через свою боковую стенку.

ТК в виде емкости для жидкости имеет верхнюю теплоизолированную крышку 23.

Для интенсификации процессов теплообмена на внутренних поверхностях ТК устанавливаются вертикальные ребра 24, а также тепловые трубы (ТТ) или термосифоны (ТС) Г-образного типа. Конденсационные участки 25 ТТ или ТС расположены на боковых стенках ТК, а испарительные участки 35 — в зоне расположения дефлегматора АХА.

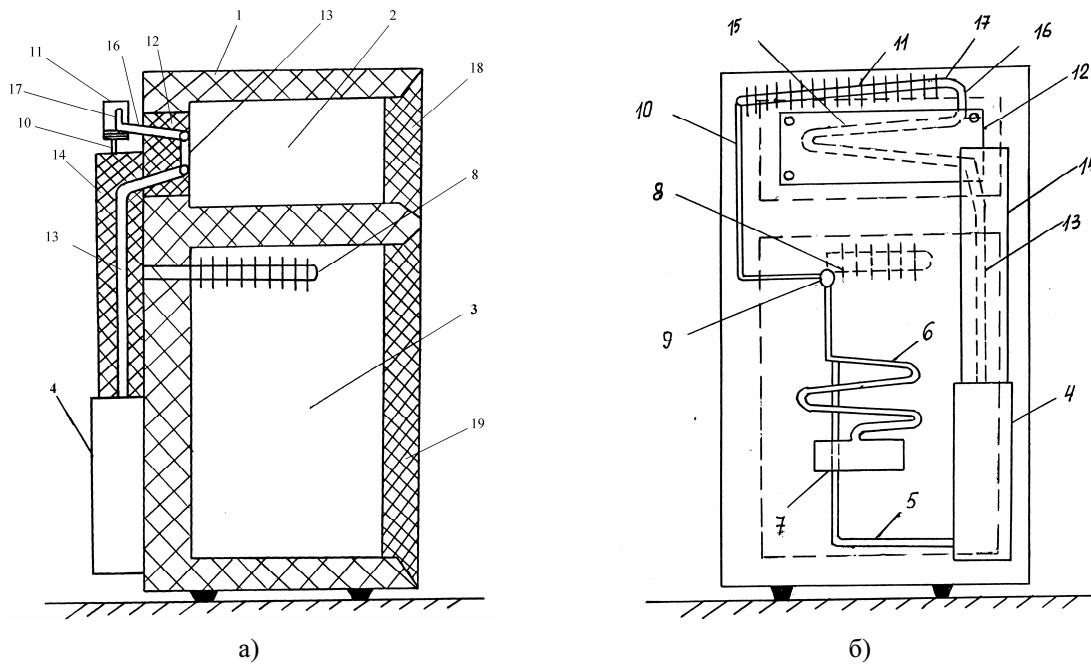
Работа бытового комбинированного прибора абсорбционного типа осуществляется следующим образом.

При подаче тепловой нагрузки на генератор АХА происходит выпаривание ВАР, которое сопровождается подачей слабого ВАР на уровень входа в абсорбер.

На выходе генератора температура потоков пара и слабого ВАР составляет 160...165 °С. Перед поступлением в абсорбер слабый ВАР проходит через ЖТО. Образующаяся в генераторе паровая смесь состоит преимущественно из паров аммиака. Очистка смеси от паров воды происходит в дефлегматоре.

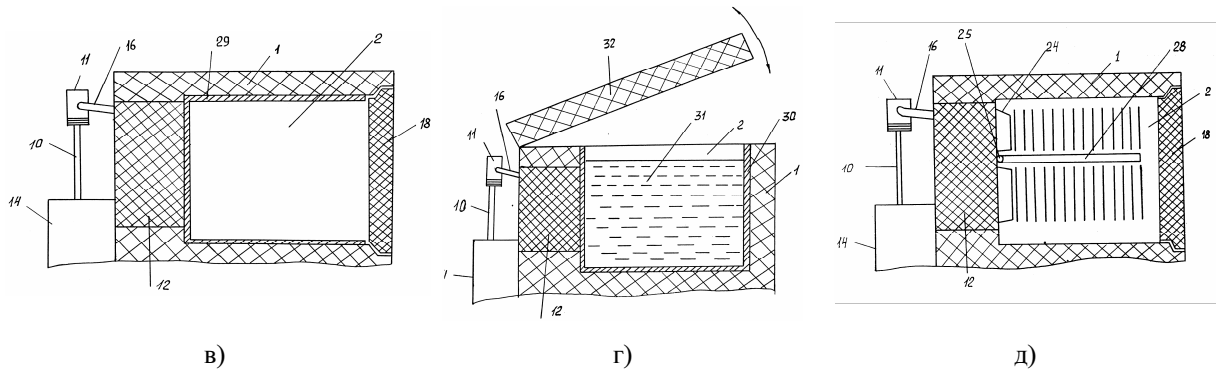
Для сохранения высокого температурного потенциала начальный участок дефлегматора 13 закрывают теплоизоляцией. Как показывает практика, полностью устранить тепловые потери не представляется возможным. Вместе с тем, при использовании в качестве тепловой изоляции кожуха из прессованной

базальтовой ваты с наружным диаметром 120 мм, перепад температур на начальном участке дефлегматора не превышает 5 °С.



а) разрез (вид сбоку); б) вид сзади

- 1 – теплоизолированный корпус; 2 – ТК; 3 – ХК; 4 – теплоизоляционный кожух генераторного узла;  
5 – ЖТО; 6 – абсорбер; 7 – ресивер ВАР; 8 – испаритель АХА; 9 – газовый теплообменник;  
10 – аммиачная магистраль; 11 – конденсатор; 12 – теплоизолированный блок;  
13 – начальный участок дефлегматора; 14 – тепловая изоляция подъемного участка дефлегматора;  
15 – средняя часть дефлегматора; 16 – выходной участок дефлегматора;  
17 – начальный участок конденсатора; 18 – дверь ТК; 19 – дверь ХК



в) ТК воздушного типа; г) ТК в виде жидкостной емкости;

д) ТК воздушного типа с элементами интенсификации

- 1 – теплоизолированный корпус; 2 – ТК; 10 – аммиачная магистраль; 11 – конденсатор;  
14 – тепловая изоляция подъемного участка дефлегматора; 16 – выходной участок дефлегматора;  
18 – дверь ТК; 20(21) – внутренний алюминиевый корпус ТК воздушного (жидкостного) типа;  
22 – жидкий наполнитель ТК; 23 – крышка ТК; 24 – оребрение;  
25(26) – испаритель (конденсатор) ТТ или ТС

**Рис. 2 – Бытовой комбинированный прибор абсорбционного типа с непосредственным контактом элементов АХА и ТК**

В среднем 15 и выходном 16 участках дефлегматора паровая смесь конденсируется с выделением теплоты парообразования. Здесь «приемником тепла» являются элементы ТК, в первую очередь, внутренний корпус 20 (в случае камеры воздушного типа) и 21 (в случае камеры, заполненной жидкостью). От

внутреннего корпуса ТК тепло передается воздушной среде и далее к загруженным продуктам или непосредственно к жидкости.

В дефлегматоре из паровой смеси конденсируются пары воды, при этом флегма стекает обратно в генератор. Очищенный пар аммиака поступает в начальный участок 17 конденсатора и далее в оребренную его часть. В конденсаторе пары аммиака сжижаются, и конденсат стекает в магистраль 10, которая связана с входом испарителя АХА, расположенного в ХК. По пути в испаритель жидкий аммиак переохлаждается в газовом теплообменнике. В испарителе происходит испарение переохлажденного аммиака в среду инертного газа при низком парциальном давлении, при этом реализуется процесс производства холода на температурном уровне минус 30 ... минус 5 °С. Насыщенная холодная ПГС поступает в нижнюю часть абсорбера и движется противотоком слабому ВАР, стекающему из верхней части. В процессе тепломассообмена между потоками ПГС и слабого ВАР пар аммиака поглощается с выделением теплоты абсорбции, которая отводится в окружающую среду. Насыщенный поток ВАР через ресивер и ЖТО поступает на вход генератора. Очищенный от паров аммиака инертный газ через газовый теплообменник поступает на вход испарителя и цикл работы АХА замыкается.

Так как работа бытового АХП, как правило, осуществляется циклично и при достижении заданной температуры в ХК подача тепловой нагрузки либо прекращается, либо уменьшается, то подача пара в дефлегматор АХА прекращается. В этом случае для поддержания заданного температурного режима ТК подключается дополнительный электронагреватель. При включении в работу АХА и начале теплового воздействия на ТК система управления отключает электронагреватель.

Электронагреватель используется и для работы в момент загрузки продукта (для ускорения времени выхода на заданный режим). Особенно актуально это для ТК в виде емкости для жидкости, имеющей высокую теплоемкость.

Эффективность бытового комбинированного прибора абсорбционного типа возрастет, если внутренние поверхности ТК будут выполнены как единое целое. В этом случае будет организована эффективная тепловая связь дефлегматора АХА со всеми стенками ТК.

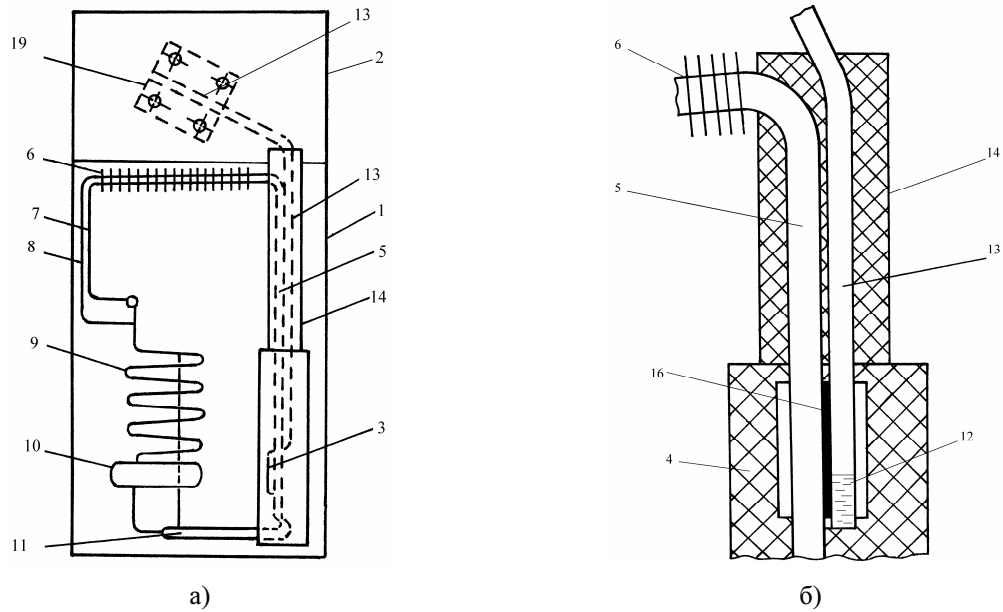
Эффективность работы ТК воздушного типа дополнительно возрастет, если будет установлено оребрение на внутренних поверхностях. В этом случае за счет развития поверхности теплообмена снизится термическое сопротивление цепочки «дефлегматор АХА — воздушная среда в ТК» и увеличится уровень температур термической обработки продуктов. Эту же тепловую задачу можно решить и при помощи ТТ или ТС, обладающих низким внутренним термическим сопротивлением, причем их применение позволит снизить толщину стенки внутреннего корпуса ТК, особенно в крупногабаритных моделях.

Бытовые комбинированные приборы абсорбционного типа с промежуточными теплопередающими устройствами. Наиболее простой в конструктивном исполнении является схема с промежуточными теплопередающими устройствами, которая предполагает минимум изменений в составе АХА.

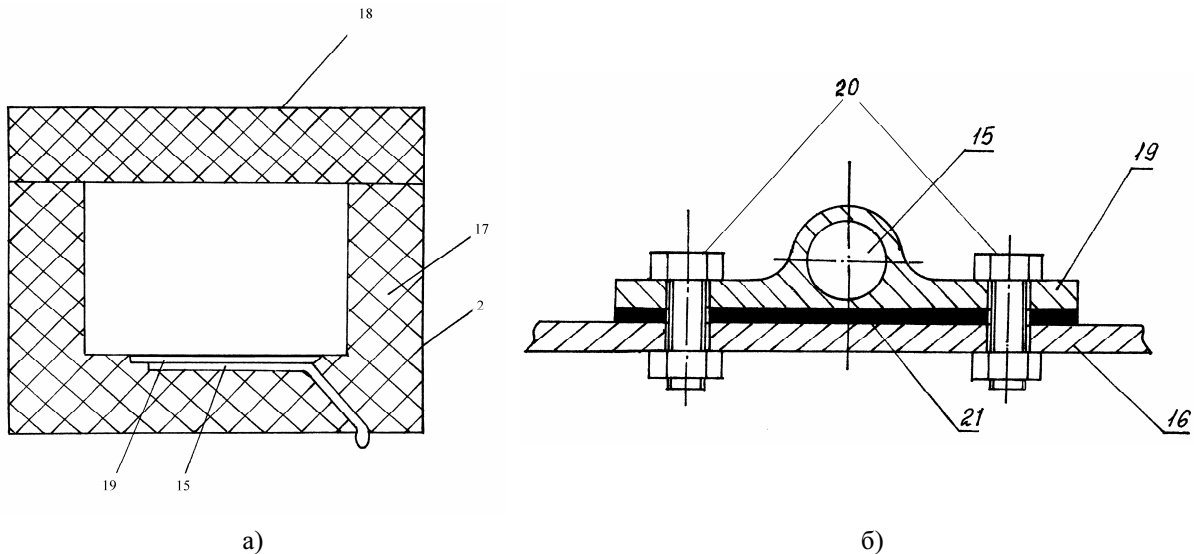
Устройство [4], приведенное на рис. 3, содержит холодильный шкаф 1, ТК 2 и АХА, включающий генератор 3, покрытый изоляционным кожухом 4, дефлегматор 5, конденсатор 6, магистраль жидкого аммиака 7, уравнительную магистраль 8, абсорбер 9, ресивер жидкого ВАР 10, ЖТО 11 и испаритель (на рис. 3 не показан). В состав устройства входит также ТС 12, транспортная зона 13 которого покрыта теплоизоляцией 14, а конденсационная зона 15 связана с ТК. Крепление испарительной зоны ТС осуществляется хомутами. В зоне контакта дефлегматора АХА и испарительной зоны ТС находится сжатый высокопористый ячеистый материал (ВПЯМ) с медным каркасом 16. ТК имеет теплоизолированный корпус 17 и дверь 18. Крепление конденсационного участка ТС 15 к стенке внутреннего корпуса ТК осуществляется при помощи  $\Omega$ -образного профиля 19. Прижим  $\Omega$ -образного профиля 19 к стенке осуществляется при помощи разъемных болтовых соединений 20. Зона контакта  $\Omega$ -образного профиля 19 и стенки 16 заполнена теплопроводной пастой 21.

При подводе тепловой нагрузки осуществляется генерация пара в генераторе и циркуляция ВАР между абсорбером и генераторным узлом через ресивер жидкого ВАР и ЖТО. Паровая смесь по каналу дефлегматора поступает в конденсатор. Теплота конденсации паров воды передается от стенки подъемного участка дефлегматора через сжатый ВПЯМ к испарительной зоне ТС, частично заполненной теплоносителем. Образующийся пар проходит через транспортную зону ТС и поступает в зону конденсации, где сжижается с отводом теплоты фазового перехода, которая идет на подогрев полезного объема ТК. Конденсат теплоносителя стекает в зону испарения и испарительно-конденсационный цикл ТС повторяется.

Для снижения тепловых потерь в окружающую среду транспортная зона ТС и подъемный участок дефлегматора закрыты теплоизоляционным материалом. Толщина теплоизоляции выбирается с таким расчетом, чтобы обеспечить практически полную очистку пара аммиака на входе в конденсатор. Это позволяет использовать для подогрева ТК всю теплоту дефлегмации.



а) вид зсзади; б) схема тепловой связи дефлегматора АХА и ТС  
 1 – холодильный шкаф; 2 – ТК; 3 – генераторный узел; 4 – теплоизоляция генераторного узла;  
 5 – дефлегматор; 6 – конденсатор; 7 – магистраль жидкого аммиака; 8 – уравнительная магистраль;  
 9 – абсорбер; 10 – ресивер жидкого ВАР; 11 – ЖТО; 12, 13, 15 – испарительная, транспортная и  
 конденсационная зона ТС, соответственно; 14 – теплоизоляция;  
 16 – ВПЯМ; 19 – подложка зоны конденсации ТС



в) схема установки конденсационного участка ТС;  
 г) схема тепловой связи конденсатора ТС с корпусом ТК  
 2 – ТК; 15 – конденсатор ТС; 16 – внутренний корпус ТК; 17 – теплоизоляционный корпус;  
 18 – дверь ТК; 19 – подложка  $\Omega$ -образного профиля конденсатора ТС; 20 – болты крепления;  
 21 – теплопроводная паста в зоне теплового контакта

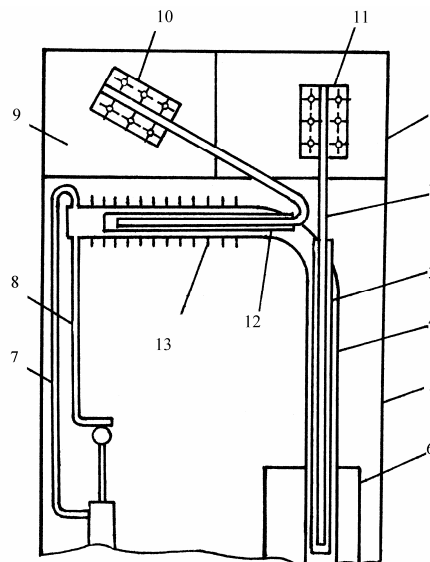
**Рис. 3 – Бытовой комбинированный прибор абсорбционного типа с промежуточным теплопередающим устройством**

Используемый сжимаемый ВПЯМ имеет скелет из металла с высокой теплопроводностью, например, из меди. Подбирая пористость ВПЯМ и толщину пластины ВПЯМ можно при сжатии контактирующих поверхностей обеспечить заполнение воздушного зазора материалом с высокой теплопроводностью. Особенно это актуально при контакте цилиндрических поверхностей, где соприкосновение идет по

образующей. Здесь может иметь место также неплоскостность и непараллельность. При стягивании канала дефлегматора и зоны испарения ТС хомутами ВПЯМ сжимается, что приводит к уменьшению пористости и заполнению воздушного зазора материалом с высокой эффективной теплопроводностью.

Использование профиля 19 для крепления конденсационного участка ТС на внутренней стенке полезного объема 16 осуществляется при помощи болтовых соединений 20. В зоне контакта контактирующих поверхностей 16 и 19 находится теплопроводная паста.

Конструкция бытового комбинированного прибора, имеющего две ТК с различными температурными уровнями, приведена на рис. 4 [5].



- 1 – высокотемпературная ТК; 2 – высокотемпературный ТС; 3 – стакан высокотемпературного ТС;  
4 – подъемный участок дефлегматора; 5 – ХХ; 6 – генераторный узел АХА;  
7 – уравнивающая магистраль; 8 – магистраль жидкого аммиака; 9 – среднетемпературная ТК;  
10(11) – конденсационный участок (среднетемпературной) высокотемпературной ТК;  
12 – стакан среднетемпературного ТС; 13 – конденсатор АХА

**Рис. 4 – Конструкция бытового комбинированного прибора абсорбционного типа, имеющего две ТК с различными температурными уровнями:**

Устройство содержит холодильный шкаф 5 с АХА на задней стенке. В состав АХА входит дефлегматор 4, конденсатор 13, канал жидкого аммиака 8, уравнивающая магистраль 7, а также абсорбер, испаритель, генераторный узел, ЖТО и абсорбер, которые на рис. 4 не показаны.

В целях снижения тепловых потерь в окружающую среду генераторный узел и частично дефлегматор 4 закрыты теплоизоляционным кожухом 6.

Во внутренней полости дефлегматора и конденсатора аксиально установлены стаканы 3 и 12, в которых размещены испарительные участки ТС. Конденсационные участки ТС 10 и 11 связаны в тепловом отношении с тепловоспринимающими поверхностями ТК 9 и 1, соответственно.

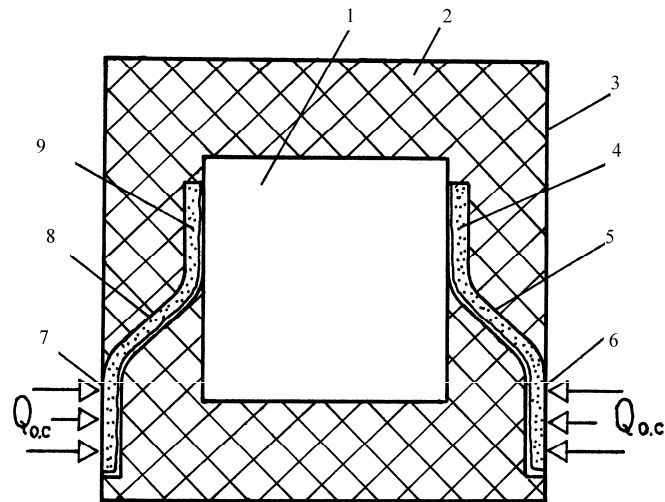
ТС, установленный в дефлегматоре, заправлен этиловым спиртом, а ТС, установленный в конденсаторе — диэтиловым эфиром. Первый ТС осуществляет передачу тепла на уровне от 60 до 80 °С, а второй — на уровне 50 °С. Рабочий уровень температур ТК 1 составляет 50...70 °С (высокотемпературная ТК), а ТК 9 — 35...45 °С (среднетемпературная ТК).

Преимущества конструкции бытового комбинированного прибора с двухтемпературными ТК состоят в следующем:

- расширяются функциональные возможности бытовых приборов за счет использования тепла с различными температурными уровнями;
- обеспечивается более полное использование имеющихся источников тепла, в частности, дефлегматора и конденсатора АХА.

Конструкция бытового комбинированного прибора абсорбционного типа, в котором используется температурный потенциал окружающей среды, приведена на рис. 5.





1 – полезный объем ТК; 2 – теплоизоляционный корпус; 3 – ТК;  
4(9) – конденсатор ТС; 5(8) – транспортная зона ТС; 6(7) – испарительная зона ТС

**Рис. 5 – Конструкция ТК с диодными ТС**

Устройство [6] содержит холодильный шкаф с ТК 3. Полезный объем 1 ТК закрыт теплоизоляцией 2. В объеме теплоизоляции 2 расположены ТС. Испарительные участки 6,7 ТС связаны в тепловом отношении со стенкой корпуса ТК, а конденсационные участки 4 и 9 — со стенками внутреннего корпуса 1.

Конструкция ТК с диодными ТС предназначена, преимущественно, для использования в качестве емкости для жидкости. Емкость может заполняться водой, которую необходимо подогреть для бытовых нужд, например, для мытья посуды в сельской местности, где в основном отсутствует горячее водоснабжение. Колодезная или водопроводная вода даже в летнее время имеет температуру не выше 16...18 °С, а температура окружающего воздуха 25...30 °С. Во время наполнения ТК имеет место температурный напор  $\approx 10...15$  °С. Наличие температурного напора между наружным корпусом и внутренним вызывает генерацию паров теплоносителя, частично заполняющего испарительную зону ТС 6 и 7. Пар теплоносителя поступает в зоны конденсации ТС 4 и 9, связанных в тепловом отношении со стенками внутреннего корпуса, сжимается и отдает теплоту конденсации для нагрева воды, находящейся в емкости. При нагреве воды до температуры окружающего воздуха и выше ТС «отключаются».

«Выключение» ТС достигается тем, что теплоноситель скапливается в зонах испарения 6 и 7, которые имеют температуру ниже, чем в зонах конденсации 4 и 9. Таким образом, достигается «опрокидывание» испарительно-конденсационного цикла ТС. Можно сказать, что ТС в рассмотренном случае работают в режиме «теплового диода».

Расчеты показали, что при начальной температуре воды в ТК 16 °С, температуре окружающего воздуха 25 °С и тепловой нагрузке ТС 10 Вт вода объемом 40 литров будет нагреваться до температуры 50 °С в 1,5 раза быстрее, чем при отсутствии «диодных» ТС, связывающих внутренний корпус с наружным.

Несмотря на удобство для потребителя в размещении ТК в верхней части шкафа бытового комбинированного прибора такая компоновка нерациональна с тепловой точки зрения, особенно в случае холодильника с низкотемпературным отделением (НТО). Если ТК установлена сверху НТО, то для минимизации тепловых перетечек необходима установка теплоизоляции значительной толщины.

Расположение ТК в нижней части шкафа (под ХК) более рационально с тепловой точки зрения, но невозможно при использовании термосифонных теплопередающих устройств, так как в них передача тепла осуществляется снизу — вверх.

Для установки ТК в нижней части шкафа в зоне ХК предлагается использовать осмотическое теплопередающее устройство (ТПУ) [7], которое работает с использованием эффекта осмоса — самопроизвольного перехода молекул растворителя через полупроницаемую перегородку — мембрану [8].

Эффект осмоса позволяет осуществлять перенос молекул растворителя в режиме противодавления через мембранную перегородку, т.е. реализуется своеобразный режим работы перекачивающего насоса.

Исследования, проведенные в ОНАПТ, показали реальность использования эффекта осмоса в ТПУ и теплоиспользующих холодильных машинах [9]. В частности, в представленной ниже конструкции бытового комбинированного прибора абсорбционного типа использование осмотического ТПУ позволяет осуществлять передачу тепла сверху вниз и, следовательно, расположить ТК в нижней части шкафа.

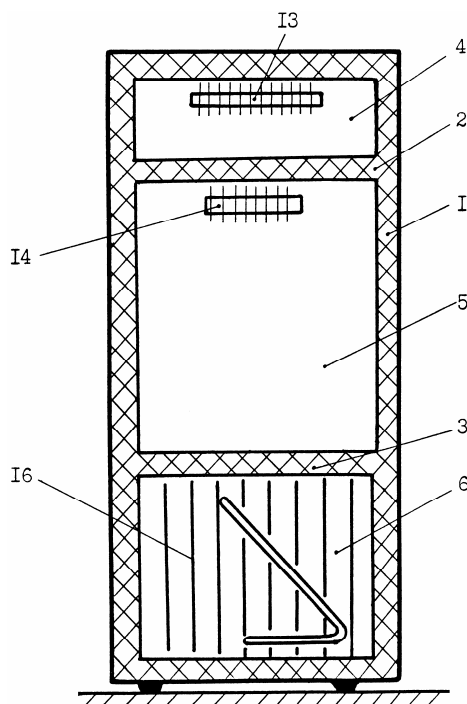
Конструкция комбинированного бытового комбинированного прибора абсорбционного типа содержит (рис. 6) теплоизолированный шкаф 1, разделенный теплоизолированными перегородками 2 и 3 на НТО 4, ХК 5 и ТК 6. На задней стенке шкафа установлен АХА, в состав которого входит генератор 7, дефлегматор 8, конденсатор, абсорбер, ЖТО, низкотемпературный испаритель 13, установленный в НТО, и высокотемпературный испаритель 14, установленный в ХК. Генератор закрыт теплоизоляционным кожухом 15. В ТК 6 установлена вертикальная оребренная теплорассеивающая панель 16.

В нижней части генератора установлен источник тепла 17. Осмотическое ТПУ содержит испаритель 18, выполненный по типу перекачивающего термосифона, магистраль крепкого солевого раствора 19, имеющую внешнее оребрение, транспортную магистраль 20, конденсатор 21 и мембранный блок 22, разделенный полупроницаемой перегородкой (мембраной) 23 на полость солевого раствора 24 и полость растворителя 25. Часть конденсатора, расположенная за пределами ТК 6, имеет внешнее оребрение. Между дефлегматором АХА и испарителем ТПУ имеется зона тепловой связи 26. Конденсатор ТПУ 21 закреплён на задней стенке панели 16.

Полость 24, испаритель 18 и магистраль 19 заполнены солевым раствором до уровня  $\nabla 1$ . Магистраль 19 в рабочем режиме заполнена крепким (обедненным по растворителю) солевым раствором. Полость 25 блока 22 и нижняя часть конденсатора 21 заполнены жидким растворителем до уровня  $\nabla 2$ .

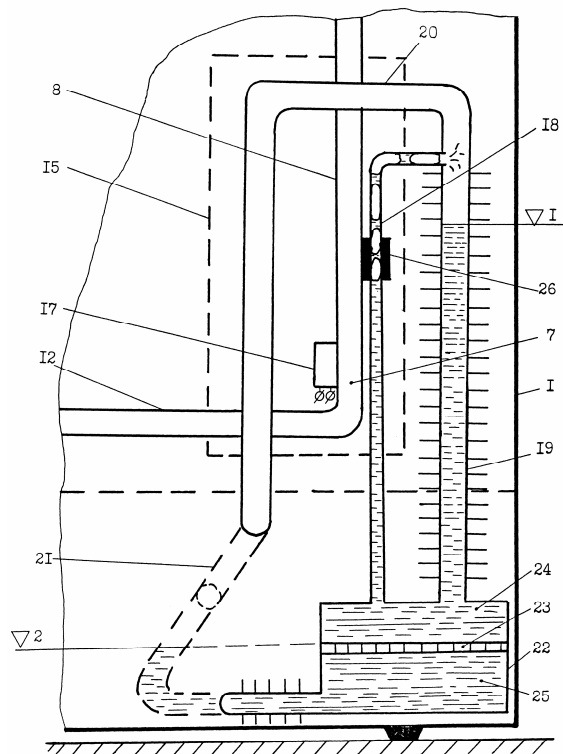
Работу бытового прибора комбинированного рассмотрим на примере абсорбционного однокамерного холодильника с НТО типа «Кристалл-408» АШ-150.

Рабочий уровень температур дефлегматора составляет от 170 (вход) до 80 °С (выход из изоляционного кожуха 15). Испаритель осмотического ТПУ выполнен из капилляра с внутренним диаметром 2 мм. В качестве полупроницаемой перегородки 23 используется мембрана типа МГА-100 [8], селективная к молекулам воды (т.е. пропускает только молекулы воды). Для механической прочности мембрана армируется нихромовой подложкой. Полная поверхность мембраны составляет 64 см<sup>2</sup>. С учетом пористости нихромовой подложки (10 %), рабочая поверхность перегородки 23 составляет 6,4 см<sup>2</sup>. В качестве рабочего тела осмотического ТПУ используется водный раствор бромистого лития, обладающий высоким осмотическим давлением. Так, например, при массовой концентрации водного раствора бромистого лития 3,0 % его осмотическое давление составляет 0,45 МПа, при массовой концентрации 18 % — 2,84 МПа, а при массовой концентрации 36 % — 6,09 МПа [9].



1 — теплоизолированный шкаф; 2, 3 — перегородки; 4 — НТО; 5 — ХК; 6 — ТК; 13(14) — испаритель НТО (ХК); 16 — оребрение ТК

**Рис. 6 — Бытовой комбинированный прибор абсорбционного типа с нижним расположением ТК и осмотическим ТПУ — общий вид**



- 1 – ХК; 7 – генератор; 8 – подъемный участок дефлегматора; 12 – ЖТО;  
 15 – теплоизоляционный кожух генераторного узла; 17 – источник тепла;  
 18 – перекачивающий термосифон ТПУ; 19 – сливная магистраль крепкого солевого раствора;  
 20(21) – конденсатор ТПУ; 22 – мембранный блок; 23 – полупроницаемая мембрана;  
 24 – полость крепкого солевого раствора; 25 – полость растворителя (воды); 26 – сжатый ВПЯМ

**Рис. 6 – Бытовой комбинированный прибор абсорбционного типа с нижним расположением ТК и осмотическим ТПУ — схема работы осмотического ТПУ**

Заправку ТПУ проводят таким образом, чтобы в начальный момент раствор не попал в конденсатор 21 и полость 25 мембранного блока. Объем заправки раствора подбирается так, чтобы в рабочем режиме уровень крепкого раствора в магистраль 19 находился на отметке  $\nabla 1$ , которая находится выше уровня тепловой связи 26 дефлегматора АХА и испарителя ТПУ. Надежную тепловую связь обеспечивают при помощи медных хомутов. Панель 16, с которой жестко связан конденсатор ТПУ 21, выполняют из алюминия.

Через тепловой контакт 26 осуществляется передача тепла от дефлегматора 8 к перекачивающему термосифону ТПУ, при этом осуществляется нагрев и выпаривание раствора бромистого лития. Нормальная температура кипения воды  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , бромистого лития —  $1265\text{ }^{\circ}\text{C}$  [10], поэтому в паре находится только растворитель-вода. Перекачивающий термосифон ТПУ работает в режиме подъема жидкости, т.е. образующиеся пузырьки пара проталкивают в верхнюю часть и порции жидкости. Обедненный по растворителю (воде) раствор сливается в магистраль 19, а пары поступают в транспортную магистраль и далее в конденсатор осмотического ТПУ. Транспортная магистраль осмотического ТПУ полностью расположена в кожухе генераторного узла АХА. Это сделано для снижения тепловых потерь в окружающую среду, т.е. для более полного использования теплоты дефлегмации для нагрева ТК.

Сжижение паров воды осуществляется в конденсаторе осмотического ТПУ. Теплота конденсации через внешнюю оребренную панель 16 рассеивается в объеме ТК, чем и обеспечивается рабочий уровень температур  $50\text{...}70\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Вода стекает в нижнюю часть конденсатора осмотического ТПУ и поступает в полость 25 блока 22. В рабочем режиме жидкость находится на уровне  $\nabla 2$ , который превышает горизонтальный уровень расположения перегородки 23. На своем пути в блок 22 поток конденсата охлаждается. Интенсификация охлаждения достигается посредством установки внешнего оребрения в зоне, находящейся за пределами ТК. В магистраль 19 осуществляется охлаждение крепкого бромистолитиевого раствора, поступающего в полость 24. Это необходимо для того, чтобы обеспечить интенсивное поглощение молекул растворителя (воды) молекулами соли (бромистого лития) [9]. Полупроницаемая перегородка 23

пропускает сквозь себя только молекулы воды, поэтому в динамическом равновесии результирующий поток направлен из полости 25 в полость 24. Перекачка молекул через мембрану компенсирует их отток из испарителя ТПУ. Интенсивная циркуляция раствора в полости 24 обеспечивается работой перекачивающего термосифона 18. Циркуляция приводит к перемешиванию пограничного слоя в полости 24 возле мембраны 23 и интенсивному процессу связывания молекул воды.

В рабочем режиме мембрана должна обеспечивать перекачку молекул растворителя (воды) через противодавление, определяющееся разностью уровней  $\nabla 1 - \nabla 2$ . Максимальный перепад высот в рассматриваемом случае не превышает одного метра. Плотность водного раствора бромистого лития при массовой концентрации 25 % составляет  $1800 \text{ кг/м}^3$ . Следовательно, максимальная величина противодавления не превышает  $0,02 \text{ МПа}$ .

Проведенные экспериментальные исследования [9] показали, что мембраны МГА-100 позволяют осуществлять перекачку через  $1 \text{ см}^2$  рабочей поверхности количество воды, эквивалентное тепловой мощности  $11...12 \text{ Вт}$ , т. е. предельный тепловой поток для мембраны с рабочей поверхностью  $6,4 \text{ см}^2$  при противодавлении  $0,30...0,35 \text{ МПа}$  составляет  $70...75 \text{ Вт}$ . Вместе с тем, предельный тепловой поток, который можно снять с дефлегматора АХА типа АШ-150, не превышает  $30 \text{ Вт}$ .

Таким образом, в рассматриваемом случае мембрана МГА-100 работает с запасом, как по тепловому потоку, так и по противодавлению.

### Выводы

1. Перспективным направлением энергосбережения в бытовой технике может стать разработка приборов, совмещающих функции холодильного хранения и тепловой обработки пищевых продуктов, полуфабрикатов и сельскохозяйственного сырья. В таких бытовых комбинированных приборах теплота, выделяющаяся при реализации холодильного цикла, не отводится сразу в окружающую среду, а передается в специальную ТК, при этом в объеме ТК поддерживается температура выше, чем температура воздуха в помещении. Эффект энергосбережения достигается за счет расширения функциональных возможностей бытовых приборов без привлечения дополнительных энергозатрат.

2. Для реализации в быту подавляющего числа пищевых технологий достаточным является диапазон температур  $50...70 \text{ }^\circ\text{C}$ . В современной бытовой холодильной технике такой диапазон температур могут обеспечить только АХА, при этом в качестве источника тепловой нагрузки дополнительной ТК следует использовать подъемный участок дефлегматора.

3. Проведена классификация бытовых комбинированных приборов абсорбционного типа по функциональному назначению ТК, способу передачи тепла от элементов АХА к ТК, расположению ТК относительно холодильного шкафа, конструктивному исполнению ТК и источникам тепловой энергии ТК.

4. Предложены оригинальные конструкции комбинированных бытовых аппаратов абсорбционного типа, приведено описание их работы, преимущества и недостатки, области применения. Показаны перспективы применения моделей с горелочными источниками тепловой нагрузки АХА и конструкций с гибкими теплопередающими устройствами.

### Литература

1. Тележенко Л.М. Розробка нового типу побутових комбінованих приладів / Л.М. Тележенко, О.С. Тітлов, С.В. Вольневич, Ю.О. Козонова // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2009. – № 35. – Т.1. – С. 22-25.
2. Тітлов О.С. Науково-технічні основи створення енергозберігаючих побутових абсорбційних холодильних приладів / О.С. Тітлов, М.Д. Захаров // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2009. – № 35. – Т.1. – С. 113-127.
3. Декларацийний патент № 47866А Україна, МПК<sup>7</sup> F 25 D 11/02. Комбінований абсорбційний холодильник / О. С. Тітлов, М. Д. Захаров, О. Б. Василів, С. В. Вольневич (Україна). – № 2001106933 ; заявл. 11.10.01 ; опубл. 15.07.02, Бюл. № 7.
4. Пат. 1814008 Российская Федерация, МПК<sup>5</sup> F 25 D 11/02. Комбинированный абсорбционный холодильник / В. Ф. Чернышов, В. В. Двирный (РФ), А. С. Титлов (Украина), Г. И. Овечкин, К. Г. Смирнов-Васильев (РФ), Н. Ф. Хоменко (Украина), В. Х. Демтиров, Г. И. Григоров (РФ), Г. М. Олифер (Украина). – № 4890428/06 ; заявл. 13.12.90 ; опубл. 07.05.93, Бюл. № 17.
5. Пат. 1814006 Российская Федерация, МПК<sup>5</sup> F 25 D 11/02. Комбинированный абсорбционный холодильник / В. Ф. Чернышов, В. В. Двирный, Г. И. Овечкин (РФ), А. С. Титлов (Украина), К. Г. Смирнов-Васильев (РФ), Н. Ф. Хоменко (Украина), В. Х. Демтиров (РФ), Г. И. Григоров (РФ), Г. М. Олифер (Украина) – № 4890425/06 ; заявл. 13.12.90 ; опубл. 07.05.93, Бюл. № 17.
6. Пат. 1814007 Российская Федерация, МПК<sup>5</sup> F 25 D 11/02. Комбинированный абсорбционный холодильник / А. С. Титлов (Украина), В. Ф. Чернышов, В. В. Двирный, Г. И. Овечкин, К. Г. Смирнов-

- Васильев (РФ), Н. Ф. Хоменко, Г. М. Олифер (Украина), В. Х. Демтиров, Г. И. Григоров (РФ). – № 4890427/06 ; заявл. 13.12.90 ; опубл. 07.05.93, Бюл. № 17.
7. Декларационный патент № 47751А Украина, МПК<sup>7</sup> F 25 В 15/10. Комбинированный абсорбционный холодильный / О. С. Титлов, М. Д. Захаров, О. Б. Васильев, С. В. Вольневич (Украина). – № 2001096073 ; заявл. 04.09.2001 ; опубл. 15.07.02, Бюл. № 7.
  8. Дытнерский Ю. И. Баромембранные процессы. Теория и расчет / Ю. И. Дытнерский. – М. : Химия, 1986. – 272 с.
  9. Титлов А. С. Перспективы использования эффекта осмоса в холодильной технике / А. С. Титлов, С. В. Вольневич, О. Б. Васильев, В. Н. Халайджи // Холодильная техника и технология. – 2000. – № 69. – С. 24–32.
  10. Теплофизические основы получения искусственного холода. – М. : Пищ. пром-сть, 1980. – 231 с.

УДК 004.942:621.313.3.018.5

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НОРИИ КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ С ИЗМЕНЯЮЩИМИСЯ СВОЙСТВАМИ. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ И СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ ЛЕНТЫ

Хобин В.А., д-р техн. наук, профессор  
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса  
Кирьязов И.Н.  
Компания С-инжиниринг, г. Одесса

*Разработаны модели динамики процессов накопления сыпучего материала на восходящей ветви ленты нории, его осыпания из ковшей в башмак по мере их подъема, возникновения сил сопротивления движению ленты в процессе зачерпывания, транспортирования и осыпания сыпучего материала.*

*The free-running material accumulation processes dynamics models on an ascending branch of a tape bucket elevator, its shattering from bucket in a boot end in process of their rise, occurrence of resistance forces to tape's movement in scooped process, a free-running material's transportation and shattering are developed.*

Ключевые слова: нория, математическая модель динамики, транспортирование сыпучего материала, силы сопротивления движению ленты.

**Вступление.** Данная статья является продолжением [1]. Вступительные разделы в [1] необходимо рассматривать как общие. Обозначения переменных, принятые в них, сохранены. Подчеркнем, что строгое математическое описание процессов в нории, рассматриваемых и в этой, и в предшествующей статье, в особенности связанных с движением сыпучего материала (СМ), практически невозможно. Вместе с тем, для рассматриваемой нами задачи достаточно приближенного описания, но такого, которое отражает все принципиально важные (качественные) особенности моделируемых процессов. Это объясняется тем, что все количественные неточности (упрощения) описания можно отнести к неконтролируемым возмущениям на объект управления (ОУ), последствия которых на практике компенсируются управляющими воздействиями системы автоматического управления (САУ), формируемыми в цепях их обратных связей. Важно, что именно управление должно обеспечить на практике материальный баланс расходов  $Q_{ВХ}$  – на входе в норию;  $Q_{ОТ}$  – забираемого из башмака ковшами;  $Q_{ОС}$  – возвращающегося в башмак из-за осыпания из ковшей при их подъеме к головке нории. Наличие такого баланса означает стабильность значения уровня  $h_{СМ}$  СМ в башмаке нории, а, значит, ее работу без завалов (событие  $S_2$ ).

### 1 Основные допущения при моделировании процесса транспортирования СМ

Транспортирование СМ – это его перемещение по вертикальному участку нории. Формально, по определению, высота  $H$  вертикального участка перемещения СМ – это расстояние от горизонтальной оси натяжного барабана до горизонтальной оси приводного барабана. В разрабатываемой модели будем считать, что указанный процесс начинается сразу после загрузки ковша. Однако фактическое окончание его загрузки зависит от уровня  $h_{СМ}$  в башмаке нории, который, в общем случае, по отношению к высоте  $h_{НБ}$  оси натяжного барабана может занимать различное положение. В случае, если  $h_{СМ} \geq h_{НБ}$ , то высоту подъема будем уменьшать на величину разности этих высот, хотя величина эта незначительная, и ею можно было бы пренебречь:

$$H' = H - (h_{CM} - h_{HB}). \quad (1)$$

Ковш с СМ, при его движении по этому участку норрии, помимо вертикальной составляющей движения, которую будем считать равномерной и прямолинейной, имеет и другие, более сложные, составляющие движения. Эти составляющие определяются пространственными колебательными движениями ленты норрии как упругого тела с распределенными по высоте силой натяжения и массой. На них также влияют прогиб и колебания ленты, вызываемые моментами вращения, создаваемыми каждым ковшом из-за смещения («вылета») его центра тяжести относительно плоскости ленты. Главное последствие такого движения – высыпание СМ из ковшей по ходу его движения. Математическую модель (ММ) такого движения необходимо было бы рассматривать как модель с распределенными параметрами по высоте ленты, фактически описывая индивидуальное движение каждого ковша и находящегося в нем СМ. Очевидно, что это весьма сложная, причем нестационарная (упругие свойства ленты и ее натяжение меняются во времени) задача, решение которой возможно только очень приближенно.

Учитывая изложенное, было принято решение такую модель не разрабатывать, а заменить ее упрощенной моделью, в которой принять следующее:

— СМ осыпается из ковша в норрийную трубу в ходе его движения, когда фактический коэффициент загрузки ковша по окончании процесса загрузки, в начале вертикального движения, оказался больше его граничного значения, т.е.:  $\psi(h=0) > \psi_{ГР}$ ;

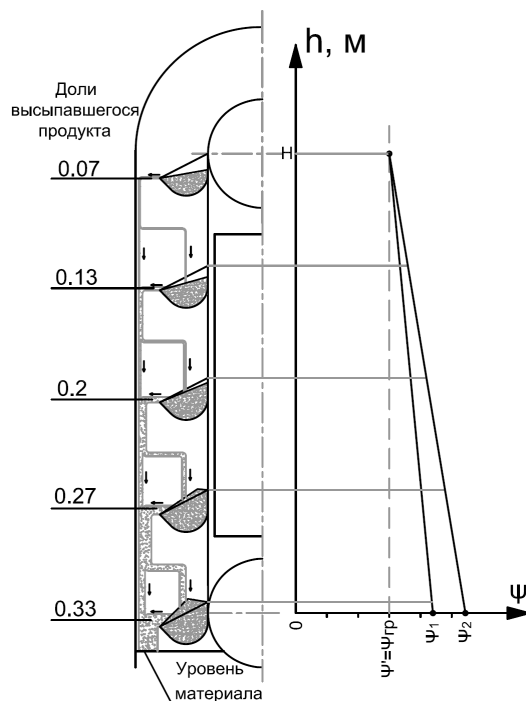
— осыпание прекращается в конце вертикального перемещения ковша, т.е. при его достижении высоты соответствующей оси приводного барабана, по достижению текущего значения коэффициента заполнения ковша  $\psi' = \psi(h=H') = \psi_{ГР}$ ;

— распределение величины осыпавшегося из ковшей СМ по высоте его подъема принимаем равномерным:

$$\psi(h) = \begin{cases} \frac{\psi(h=H) - \psi(h=0)}{H} h + \psi(h=0), & \psi(h=0) > \psi_{ГР} \\ \psi(h=0), & \psi(h=0) \leq \psi_{ГР} \end{cases}; \quad (2)$$

— учет нестационарности процесса осыпания при моделировании будем воспроизводить за счет изменений значения  $\psi_{ГР}$ .

Перемещение СМ на вертикальном участке норрии, с учетом принятых допущений, иллюстрируется рис. 1.



Принятые обозначения:  $\psi_1$  и  $\psi_2$  – варианты значений коэффициента заполнения ковшей  $\psi(h=0) > \psi_{ГР}$

**Рис. 1 – Иллюстрация принятой модели осыпания СМ в норрийной трубе**

## 2 Моделирование процессов накопления СМ на участке транспортирования нории и его осыпания из ковшей

Текущее значение массы СМ с объемной (насыпной) плотностью  $\rho_{\text{СМ}}$ , поднимаемого норией, определяется текущим (изменяющимся) значением его объема, находящегося в ковшах, и может быть найдено как значение интеграла от разности производительностей, рассчитываемого на скользящем интервале времени  $[t, t + t_{\text{П}}]$ , равному времени подъема:

$$m_{\text{НН}}^{\text{НН}}(t) = V_{\text{НН}}^{\text{НН}}(t) \rho_{\text{НН}} = c_{\text{НН}} \int_t^{t+t_{\text{П}}} (Q_{\text{НН}}(t) - Q_{\text{НН}}(t) - Q_{\text{НН}}(t)) dt, \quad (3)$$

где  $Q_{\text{ОТТ}}$ ,  $Q_{\text{ОС}}$ ,  $Q_{\text{ВЫЛ}}$  – объемные производительности нории, соответственно: при заборе СМ ковшами из башмака, осыпавшегося СМ при транспортировке, фактическая (на выходе).

Значения  $Q_{\text{ОТТ}}$  и  $Q_{\text{ВЫЛ}}$  могут быть рассчитаны, см. [2, С. 85], по значениям  $\psi(h=0)$  и  $\psi' = \psi(h=H) = \psi_{\text{ГР}}$  и известным, указанным в техническом паспорте нории, объему  $i_{\text{К}}$  ее ковша, расстоянию  $A_{\text{К}}$  между ковшами и скоростью  $V_{\text{Л}}$  ленты, соответственно:

$$Q_{\text{НН}} = \frac{i_{\text{К}}}{A_{\text{К}}} \cdot \psi \cdot V_{\text{Л}}, \quad Q_{\text{ВЫЛ}} = \frac{i_{\text{К}}}{A_{\text{К}}} \cdot \psi' \cdot V_{\text{Л}}. \quad (4)$$

Производительность осыпания  $Q_{\text{ОС}}$  СМ найдем следующим образом. С учетом (2), объем осыпавшегося СМ в функции высоты подъема ковша определяется из выражения:

$$V_{\text{ОС}}(h) = V_{\text{ОС}}(h=0)(1 - h/H). \quad (5)$$

Интегрируя (5) по высоте  $h \in (0, H)$ , найдем полный объем СМ, осыпавшегося за весь подъем:

$$V_{\text{НН}} = \int_0^H V_{\text{НН}}(h=0) \left(1 - \frac{h}{H}\right) dh = V_{\text{НН}}(h=0) \left[ \int_0^H dh - \frac{1}{H} \int_0^H h dh \right] =$$

$$V_{\text{НН}}(h=0) \left[ h \Big|_0^H - \frac{1}{H} \left( \frac{h^2}{2} \Big|_0^H \right) \right] = V_{\text{НН}}(h=0) \cdot \left( H - \frac{H}{2} \right) = \frac{V_{\text{НН}}(h=0) \cdot H}{2}. \quad (6)$$

Одновременно, значение  $V_{\text{ОС}}$  может быть вычислено по объему ковша  $i_{\text{К}}$  и значениям  $\psi$  и  $\psi' = \psi_{\text{ГР}}$  (коэффициентам заполнения ковша на высотах  $h=0$  и  $h=H$  соответственно):

$$V_{\text{НН}} = i_{\text{К}} (\psi - \psi_{\text{ГР}}) \cdot 10^{-3}. \quad (7)$$

Из выражения (6) найдем объем СМ, осыпавшегося из ковша в начале его вертикального перемещения, т.е. при  $h=0$ :

$$V_{\text{НН}}(h=0) = 2V_{\text{НН}} / H. \quad (8)$$

Переходя к производительности осыпания СМ из ковша, как функции времени, получим:

$$Q'_{\text{НН}}(t) = Q'_{\text{НН}}(t=0) (1 - t/t_{\text{П}}), \quad Q'_{\text{НН}}(t=0) = 2V_{\text{НН}} / t_{\text{П}}, \quad (9)$$

где  $t_{\text{П}}$  – время вертикального перемещения ковша.

В выражениях (9) производительность осыпания СМ соответствует точке положения ковша. Для учета влияния этого осыпания на уровень  $h_{\text{СМ}}$  СМ в башмаке нории необходимо привести его к этому уровню, т.е. учесть время падения осыпавшегося СМ от ковша до этого уровня. Будем считать это падение свободным, тогда время падения  $t_{\text{ПД}}$  осыпавшегося СМ будет определяться из выражения:

$$t_{\text{ПД}} = \sqrt{2h_i / g}, \quad (10)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения.

Схематически изобразим падение СМ при осыпании его в башмак нории в различные моменты времени  $t_i$ ,  $i \in (2, 7)$  движения ковша, см. рис. 2.

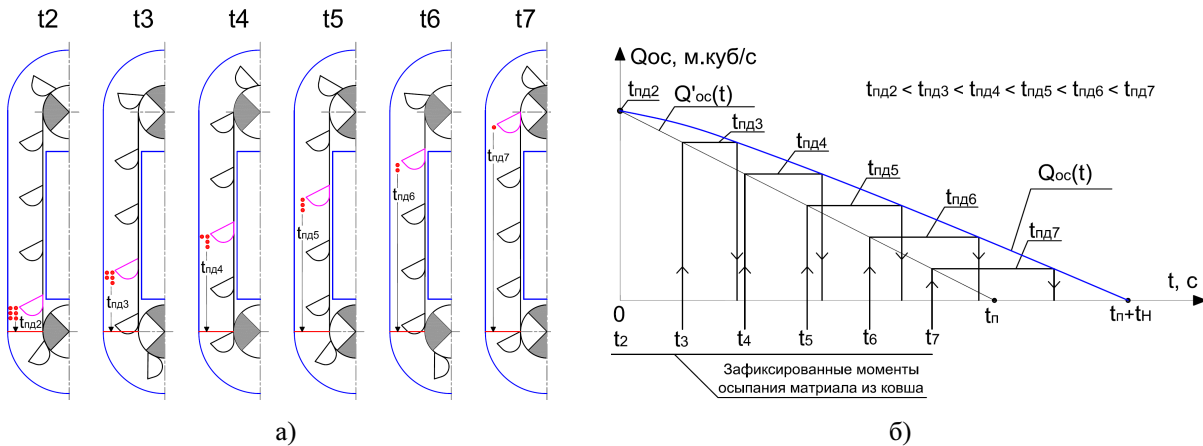
Рисунок 2 наглядно иллюстрирует то, что производительность осыпания СМ на уровне  $h_{\text{СМ}}$  в башмаке  $Q_{\text{ОС}}(t)$  отстает от производительности осыпания этого СМ непосредственно из ковша  $Q'_{\text{НН}}(t)$  на величину запаздывания, распределенного по высоте подъема. Для упрощения моделирования заменим модель с распределенными параметрами моделью с сосредоточенными параметрами, для чего опишем величину такого запаздывания дифференциальным уравнением. На рис. 2б, по сути дела, представлена скоростная характеристика канала « $Q'_{\text{НН}} - Q_{\text{ОС}}$ », которая показывает, что в качестве такого уравнения может быть взято дифференциальное уравнение первого порядка:

$$T_{\text{ОС}} \frac{dQ'_{\text{НН}}(t)}{dt} + Q_{\text{ОС}}(t) = Q'_{\text{НН}}(t), \quad (11)$$

или в операторной форме, т.е. в форме инерционного статического звена первого порядка:

$$W_{i\dot{N}}(p) = Q_{i\dot{N}}(\delta) / Q'_{i\dot{N}}(\delta) = 1 / T_{i\dot{N}} \delta, \quad p \equiv d/dt, \quad (12)$$

где  $T_{OC} \approx 0,3t_I$  – постоянная времени инерционного звена.



**Рис. 2 – Схема осыпания СМ из ковша норрии на различной высоте его подъема в моменты времени  $t_i, i \in (2,7)$ , обуславливающей различное время падения  $t_{нд}$  осыпавшегося СМ от ковша до уровня  $h_{CM}$  – «а», интерполяция времени падения – «б»**

### 3 Моделирование сил сопротивления движению ленты

Сила  $W_M$ , создаваемая перемещением СМ в ковшах на вертикальном участке. В соответствии с тяговым расчетом норрии [4, стр. 247–249] сила сопротивления, создаваемая массой материала на участке подъема, определяется из выражения:

$$W_M = gq_{CM}H, \quad (13)$$

где  $q_{CM}$  – погонная масса материала.

Очевидно, что при моделировании значение этой силы необходимо рассматривать как функцию времени, величина которой будет зависеть от изменяющейся массы  $m_{NI}^{IE}(t)$ , см. выражение (3). Окончательно:

$$W_i(t) = gm_{NI}^{IE}(t) = gc_{NI} \int_t^{t+t_I} (Q_{i\dot{O}}(t) - Q_{i\dot{N}}(t) - Q_{A\dot{U}\dot{O}}(t)) dt. \quad (14)$$

Сила  $W_{уд}$ , создаваемая соударением частиц осыпавшегося СМ и поднимающихся ковшей с продуктом. Очевидно, что величина этой силы может быть оценена только в самом первом приближении. При этом будем пользоваться следующими соображениями:

$$W_{уд} = p/\Delta t, \quad (15)$$

где  $p$  – импульс силы частицы массой  $m$  и скоростью  $V$ ,  $\Delta t$  – время взаимодействия частицы с ковшом.

$$p = mV. \quad (16)$$

Предположим, что из всего потока СМ, осыпавшегося из ковша, 50 % частиц потока попадает в зазор между трубой норрии и ковшами и не сталкивается с ними, а 50 % – соударяется с поднимающимся последующим ковшом. Схема таких соударений представлена на рис. 3, где  $m_i$  – масса осыпавшегося СМ из  $i$ -го ковша.

Последовательно, «сверху–вниз», начиная с ковша № 5, рассмотрим соударения частиц СМ с ковшами и найдем импульсы силы.

**$i=5$ .** В силу принятых ранее допущений о характере осыпания СМ, осыпания из ковша на полной высоте подъема  $H$  не происходит, поэтому  $p_4 = 0$ .

**$i=4$ .** Из ковша № 4 осыпается масса СМ, равная  $m_4$ .  $0,5m_4$  попадает на ковш № 3. Высота падения равна  $h_4$  – расстоянию между соседними ковшами. Тогда:  $p_3 = 0,5m_4V_K$ ,  $V_K = \sqrt{2gA_E}$ .

**$i=3$ .** Из ковша № 3 осыпается масса СМ, равная  $m_3$ . Половина потока СМ с ковша № 3 ( $0,5m_3$ ) падает на ковш № 2 со скоростью  $V_K = \sqrt{2gA_E}$ . «Половина половины» потока с ковша № 4, пролетевшая мимо ковша № 3, падает на ковш № 2 со скоростью  $V'_K = \sqrt{2gA_E} \cdot 2 = V_K \sqrt{2}$ .



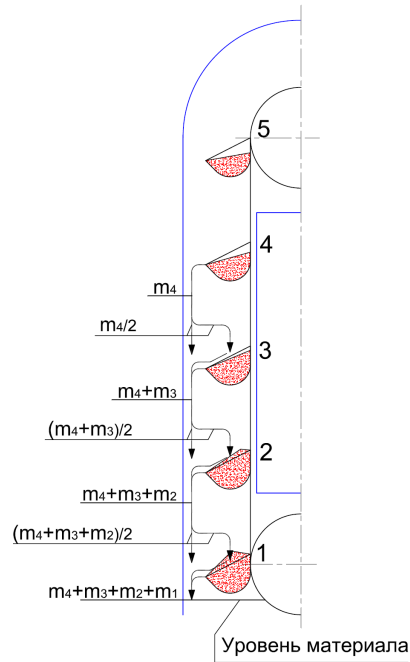


Рис. 3 – Схема соударений частиц осыпающегося СМ с ковшами нории

«Половина половины» потока с ковша № 4, попавшая в ковш № 3, осыпаясь из него, попадает на ковш № 2, имея скорость  $V_K$ . Тогда:  $p_2 = \frac{m_3}{2} V_K + \frac{m_4}{4} V_K + \frac{m_4}{4} V_K \sqrt{2} = \frac{V_K}{2} \left( m_3 + \frac{m_4}{2} (1 + \sqrt{2}) \right)$ .

$i=2$ . Рассматривая аналогичную, но более длинную, чем при  $i=3$ , схему для ковша № 1, получим:

$$p_1 = \frac{m_2}{2} V_K + \frac{m_4}{4} V_K + \frac{m_3}{4} V_K + \frac{m_4}{4} V_K \sqrt{3} + \frac{m_3}{4} V_K \sqrt{2} = \frac{V_K}{2} \left( m_2 + \frac{m_4}{2} (1 + \sqrt{3}) + \frac{m_3}{2} (1 + \sqrt{2}) \right).$$

Тогда суммарный импульс силы от падения части СМ на поднимающиеся ковши можно вычислить из выражения:

$$p = \frac{V_K}{2} m_4 + \frac{V_K}{2} \left( m_3 + \frac{m_4}{2} (1 + \sqrt{2}) \right) + \frac{V_K}{2} \left( m_2 + \frac{m_4}{2} (1 + \sqrt{3}) + \frac{m_3}{2} (1 + \sqrt{2}) \right) = \frac{V_K}{4} [m_4 (4 + \sqrt{2} + \sqrt{3}) + m_3 (3 + \sqrt{2}) + m_2 2].$$

Для произвольного количества  $n$  ковшей выражение для суммарного импульса силы (опуская промежуточные преобразования), можно представить в виде:

$$p = \frac{V_K}{2} \sum_{i=1}^{n-1} m_i \left( \left( i + \sum_{k=1}^i \sqrt{k} \right) / 2 \right) = \frac{V_K}{4} \sum_{i=1}^{n-1} m_i \left( i + \sum_{k=1}^i \sqrt{k} \right), \quad (17)$$

а с учетом принятого характера осыпания, см. (2), выражение (17) принимает вид:

$$p = \frac{V_K m_{1\dot{E}}}{4} \sum_{i=1}^{n-1} \left( 1 - \frac{i A_{\dot{E}}}{n A_{\dot{E}}} \right) \left( i + \sum_{k=1}^i \sqrt{k} \right) = \frac{V_K m_{1\dot{E}}}{4} \sum_{i=1}^{n-1} \left( 1 - \frac{i}{n} \right) \left( i + \sum_{k=1}^i \sqrt{k} \right). \quad (18)$$

Сомножитель в виде суммы выражения (18) определяется только конструктивными особенностями нории, а именно – количеством ковшей на восходящей ветви ее ленты, и не зависит от текущих характеристик ее работы. В этом случае эту сумму можно представить в виде постоянного для каждой нории коэффициента, значение которого будет зависеть только от  $n$ .

$$f(n) = \sum_{i=1}^{n-1} \left( 1 - \frac{i}{n} \right) \left( i + \sum_{k=1}^i \sqrt{k} \right) / 4. \quad (19)$$

Для упрощения вычисления этого коэффициента, т.е. для предотвращения необходимости реализации в алгоритме вычисления циклических процедур,  $f(n)$  был аппроксимирован квадратным трехчленом (использовалась стандартная процедура «Excel», инструмент – «поиск решений»):

$$f(n) \approx 0,17n^2 - 0,88n + 2,48. \quad (20)$$

С учетом (19) и (20) выражение (18) можно записать в виде:

$$p = V_K m_{1\dot{E}}(n), \quad (21)$$

где  $V_K$  – скорость, которую достигает частица осыпавшегося СМ при «пролете» расстояния  $A_K$ ;  $m_{1\dot{E}}$  – масса СМ, осыпавшегося с первого ковша по ходу движения ленты. Отметим, что 50 % осыпавшегося из этого ковша СМ попадает в следующий за ним ковш, т.е. ковш, выходящий из слоя СМ в башмаке норрии. Значение  $m_{1\dot{E}}$  вычисляется из выражения:

$$m_{1\dot{E}} = V_{i\dot{N}(h=0)} \cdot \rho_{\dot{N}\dot{i}} (1 - A_{\dot{E}} / H), \quad (22)$$

где  $V_{i\dot{N}(h=0)}$  – объем СМ, осыпавшегося из ковша в начале его вертикального перемещения, с учетом выражений (7) и (8), может быть рассчитан из выражения:

$$V_{i\dot{N}(h=0)} = 2i_{\dot{E}} (\psi - \psi_{AD}) 10^{-3} / H. \quad (23)$$

Рис. 4 иллюстрирует изменение импульса силы сопротивления  $W_{y\dot{D}}$ , создаваемой соударением частиц осыпавшегося СМ и поднимающихся ковшей с момента начала загрузки норрии на интервале подъема ковшей [ $i = 0, i = n = 20$ ], что соответствует интервалу времени [ $t = 0, t = t_{\Pi}$ ].

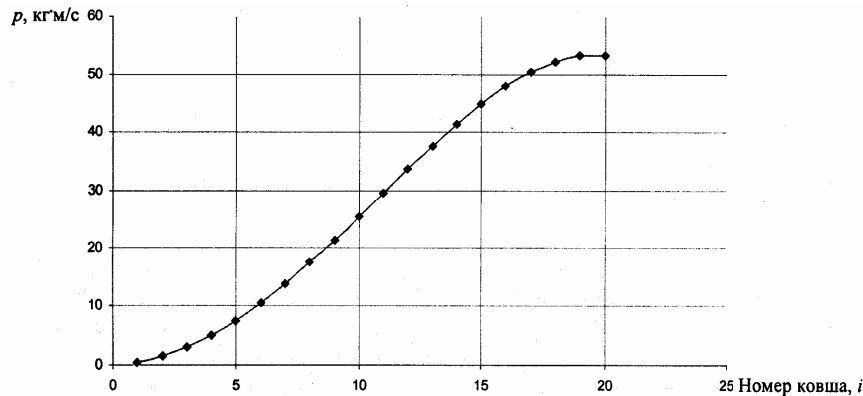


Рис. 4 – Изменение импульса силы сопротивления со стороны осыпавшегося СМ при заполнении норрии материалом

Для упрощения моделирования процесса, и окончательно заменяя модель с распределенными параметрами моделью с сосредоточенными параметрами, перейдем в расчете  $p$  от аргумента  $i$  к аргументу  $t$ . График функции  $p(i)$  при фиксированной скорости  $V_L$  ленты, по сути, представляет собой переходную характеристику норрии как ОУ по каналу « $Q_{BX} - p$ ». Его анализ показывает, что эта переходная характеристика может быть описана дифференциальным уравнением достаточно высокого порядка. Поскольку в ходе моделирования процесса уже принято много допущений и упрощений, то в данном случае ограничимся дифференциальным уравнением второго порядка с запаздывающим аргументом:

$$\ddot{\dot{E}}\dot{i} \frac{d^2 p(t)}{dt^2} + 2\dot{\dot{E}}\dot{i} \frac{dp(t)}{dt} + p(t) = m_{1\dot{E}}(t - \tau_{\dot{E}\dot{i}}) V_{\dot{E}} f(n), \quad (24)$$

или в операторной форме, т.е. в форме инерционного статического звена второго порядка с запаздыванием:

$$W(p) = \frac{\dot{E}\dot{i}}{(\dot{\dot{E}}\dot{i} p + 1)^2} \exp(-\tau_{\dot{E}\dot{i}} p). \quad (25)$$

где  $T_{IM}$  и  $\tau_{IM}$  соответственно постоянная времени и время запаздывания модели динамики канала « $Q_{BX} - p$ ». Применение методики Мининой для обработки переходных характеристик [5], метод «двух общих точек», дает следующие результаты:  $T_{IM} \approx 0,65t_{\Pi}$ ,  $\tau_{IM} \approx 0,2t_{\Pi}$ .

Сила  $W_{3q}$ , создаваемая при перемещении ковшей через слой СМ в башмаке норрии в процессе зачерпывания СМ, см. [1]. Эта сила зависит от физико-механических свойств перемещаемого СМ, скорости движения ковшей, их типа и шага, степени их заполнения СМ и других факторов. В литературе по подъемно-транспортному оборудованию ее рассчитывают приближенно по следующей формуле

$$W_{3q} = C_{3q} q, \quad (26)$$

где  $q$  – погонная нагрузка на ленту конвейера, кг/м;  $C_{3q}$  – коэффициент сопротивления при зачерпывании (этот коэффициент численно равен работе, совершаемой при зачерпывании СМ массой 1 кг).

В различных источниках рекомендуются различные, но всегда приближенные, значения  $C_{3q}$ . Так, в [2, стр. 85], для зерна рекомендуется его выбирать в зависимости от скорости  $V_L$  ленты норрии, в соответ-

ствии с таблицей:

|                   |     |          |         |         |         |
|-------------------|-----|----------|---------|---------|---------|
| $V_L$ , м/с       | 0,5 | 0,75     | 1       | 1,25    | 1,5     |
| $C_{3ч}$ , Н·м/кг | —   | 9,5 – 24 | 10 – 26 | 13 – 32 | 21 – 44 |

В [3, стр. 460] значение  $C_{3ч}$  рекомендуется выбирать в зависимости от скорости ленты и типа СМ: для скорости  $V_L = 1...1,25$  м/с при транспортировании порошковых и мелкокусковых СМ  $C_{3ч} = 15...20$  Н·м/кг, а при транспортировании среднекусковых СМ –  $C_{3ч} = 20 \div 50$  Н·м/кг. В [4, стр. 248], подход аналогичен, но там, для среднекусковых СМ значение коэффициента сопротивления рекомендуется выбирать из диапазона  $C_{3ч} = 40 \div 50$  Н·м/кг.

Рассмотренные подходы к расчету  $W_{3ч}$  для разрабатываемой модели норрии как ОУ неприемлемы. Это связано с тем, что они не рассматривают принципиально важный фактор – влияние высоты  $h_{CM}$  слоя материала в башмаке норрии. О величине этого влияния можно судить по следующим известным фактам: при  $h_{CM}$ , соответствующей I-й зоне башмака,  $W_{3ч} = 0$ , а при  $h_{CM}$ , соответствующей IV-й зоне башмака, т.е. при развитии завала в башмаке норрии,  $W_{3ч}$  резко возрастает, вплоть до «заклинивания» ленты или ее проскальзывания на приводном барабане, т.е. очевидно, что  $W_{3ч} = f(h_{CM})$ .

Для получения этой зависимости в явном виде примем следующие допущения: а) при работе норрии СМ в ее башмаке находится в состоянии, близком к псевдооживленному, т.е. силами трения частиц друг о друга и о конструктивные элементы норрии можно пренебречь; б) основная составляющая  $W_{3ч}$  вызвана перемещением СМ, увлекаемого ковшами по траектории своего движения, включая СМ, который расположен между ковшами. Объем этого СМ определим из следующего выражения:

$$V_{L_{3ч}} = L_{3ч} \times B_{\hat{E}} L_{\hat{E}}, \quad (27)$$

где  $L_{3ч}$  – длина пути зачерпывания.

Принимаем, что для обоих вариантов загрузки норрии начало  $L_{3ч}$  – это вертикальная ось натяжного барабана, а конец – уровень СМ  $h_{CM}$  в восходящей ветви норрии. Тогда

$$L_{3ч} = \begin{cases} \left( R_{l\hat{A}} + \frac{L_{\hat{E}}}{2} \right) \arccos \left( \frac{h_{l\hat{A}} - h_{\hat{N}\hat{i}}}{R_{l\hat{A}} + L_{\hat{E}}/2} \right), & \left( h_{l\hat{A}} - R_{l\hat{A}} - \frac{L_{\hat{E}}}{2} \right) < h_{\hat{N}\hat{i}} < h_{l\hat{A}} \\ \left( R_{l\hat{A}} + \frac{L_{\hat{E}}}{2} \right) \frac{\pi}{2} + (h_{\hat{N}\hat{i}} - h_{l\hat{A}}), & h_{\hat{N}\hat{i}} \geq h_{l\hat{A}} \end{cases}. \quad (27)$$

Пренебрегая центробежными силами, примем, что  $W_{3ч}$  соответствует силе сопротивления, которая соответствовала бы перемещению  $L_{3ч}$  СМ объемом  $V_{L_{3ч}}$  и насыпной плотностью  $\rho_{CM}$  на вертикальном участке:

$$W_{3ч} = L_{3ч} \times V_{L_{3ч}} \times c_{\hat{N}\hat{i}} \cdot g = L_{3ч} \times L_{\hat{E}} B_{\hat{E}} \rho_{\hat{N}\hat{i}} \cdot g. \quad (28)$$

#### 4 Моделирование момента сопротивления на валу приводного электродвигателя (ПЭД) норрии

Помимо рассмотренных выше сил сопротивления  $W_M$ ,  $W_{уд}$  и  $W_{3ч}$ , связанных с перемещением СМ, на приводной барабан норрии действуют силы, которые непосредственно не связаны с перемещением СМ. Часть этих сил, создающихся массой ленты и пустых ковшей, учитывать не будем, считая, что силы тяжести восходящей и нисходящей ветвей ленты, направленные встречно, полностью компенсируют друг друга. Те силы, которые целесообразно учесть, возникают при огибании лентой норрии натяжного (сила  $W_{1-2}$ ) и приводного (сила  $W_{3-4}$ ) барабанов. В [4, стр. 247–249], рекомендуют следующие соотношения для их оценки:

$$W_{1-2} = k_1 S_1 = (0,05 \div 0,07) S_1, \quad S_1 = 1000 \div 2000, \text{ Н}, \quad (29)$$

где  $k_1$  – коэффициент сопротивления при огибании лентой натяжного барабана;  $S_1$  – сила натяжения ленты в точке начала, по ходу ее движения, соприкосновения с натяжным барабаном (является минимальной силой натяжения ленты),

$$W_{3-4} = k_2 P_{\text{ПБ}} = 0,05 P_{\text{ПБ}}, \quad (30)$$

где  $k_2$  – коэффициент сопротивления при огибании лентой приводного барабана;  $P_{\text{ПБ}}$  – тяговое усилие на приводном барабане.

Если принять, что на холостом ходу норрии  $P_{\text{ПБ}} \approx 0$ , то сила  $W_{1-2}$  может рассматриваться как сила сопротивления холостого хода, т.е.  $W_{1-2} = W_{\text{ХХ}}$ . Тогда, в установившемся режиме работы норрии, тяговое усилие на ленту, создаваемое приводным барабаном, будет равно сумме сил сопротивления ее движению:

$$P_{\text{ПБ}} = 1,05 (W_{3ч} + W_M + W_{уд} + W_{\text{ХХ}}). \quad (31)$$

Соответствующий этому усилию крутящий момент на валу приводного барабана, который уравновешивается моментом сопротивления  $M_C$ , будет равен:

$$M_{ПБ} = M_C = P_{ПБ} R_{ПБ}, \quad (32)$$

а момент сопротивления  $M_{C,ДВ}$  на валу ПЭД нории, численно равный его крутящему моменту  $M_{ДВ}$ , с учетом соотношения скоростей вращения  $N_{ПБ} / N_{ДВ}$  приводного барабана и ПЭД, которое создается редуктором нории, будет равен:

$$M_{C,ДВ} = M_C N_{ПБ} / N_{ДВ} = M_{ДВ}. \quad (33)$$

### 5 Реализация и применение ММ нории. Результаты моделирования

Представленные выше ММ были реализованы в форме имитационных моделей в среде Simulink. Некоторые результаты моделирования, совместно с моделью процесса заполнения ковшей нории СМ [1] и моделью ПЭД [6], т.е. полной модели нории типа У13-УН100 при транспортировании зерна пшеницы, при подаче СМ «по ходу», приведены на рис. 5 и 6. См. также рис. 11 в [1].

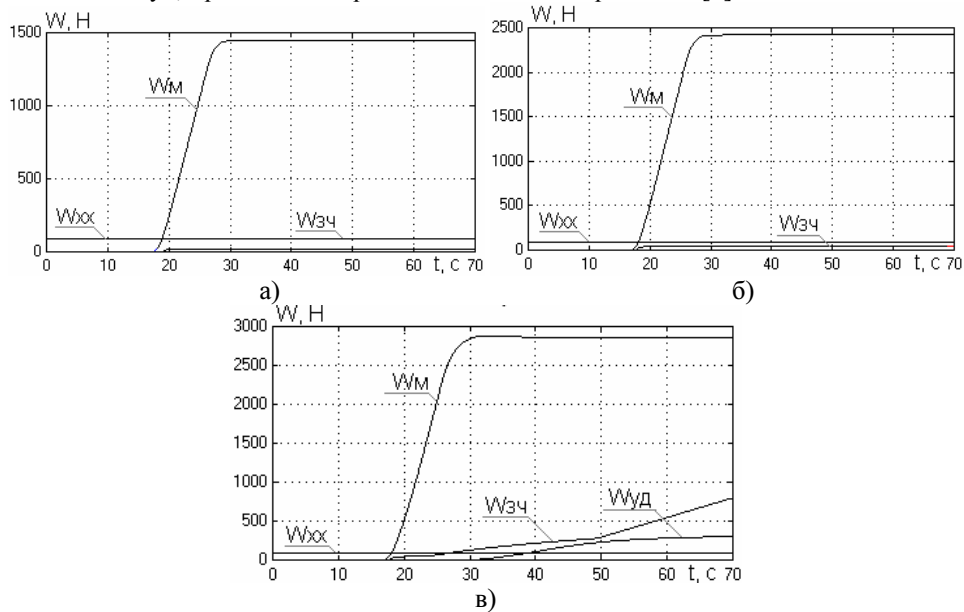


Рис. 5 – Изменение сил сопротивления движению ленты для различных значений входной производительности  $Q_{BX}$ : а) 60 т/ч; б) 100 т/ч; в) 140 т/ч

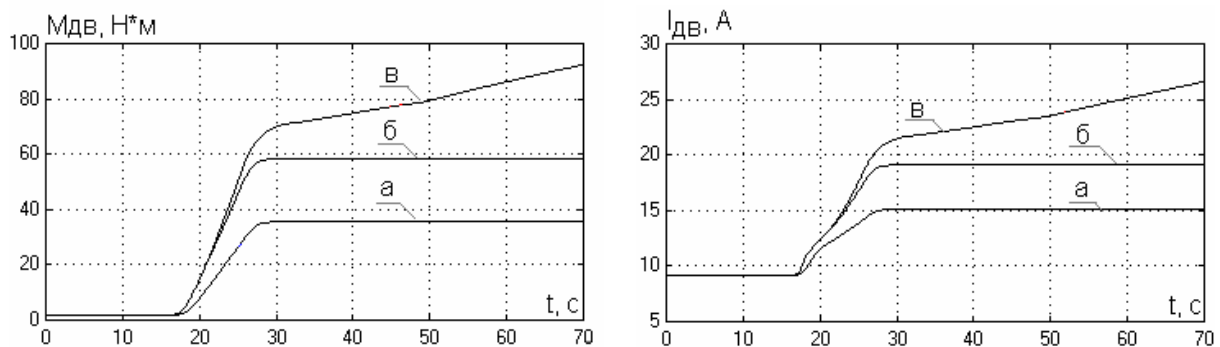


Рис. 6 – Изменение изменения крутящего момента ( $M_{ДВ}$ ) и тока нагрузки ( $I_{ДВ}$ ) ПЭД для различных значений входной производительности  $Q_{BX}$ : а) 60 т/ч; б) 100 т/ч; в) 140 т/ч

Результаты моделирования подтверждают и отражают важнейшую особенность нории как ОУ. С момента начала осыпания СМ из ковшей при его транспортировке на вертикальном участке, он, из объекта «с самовыравниванием» (см. рис «а» и «б»), т.е. имеющего статические свойства, трансформируется в объект «без самовыравнивания» (см. рис «в»), т.е. имеющего астатические свойства. Это на практике и приводит к развитию завала башмака нории СМ и прекращению работы поточно-транспортной линии, куда входит нория, в аварийном режиме.

Предотвратить аварийный останов линии, одновременно обеспечивая ее работу с максимально-возможной загрузкой, может только специальная САУ, для разработки которой и создавалась данная модель.

### Литература

1. Хобин В. А. Математическая модель нории как объекта управления с изменяющимися свойствами. Моделирование процесса заполнения ковшем / В. А. Хобин, И. Н. Кирьязов // Наук. пр. ОНАХТ / Міністерство освіти України. – Одеса : 2012. – Вип. 42. – Т. 1. – С. 358–368.
2. Платонов П. Н. Подъемно-транспортные и погрузочно-разгрузочные устройства / П. Н. Платонов, К. И. Куценко // Изд. 2-е, перераб. и доп. – «Колос», М., 1972.
3. Александров М. П. Подъемно-транспортные машины / М. П. Александров // Учеб. для машиностроит. спец. вузов. – 6-е изд., перераб. – М. : Высш. шк., 1985. – 520 с., ил.
4. Зенков Р. Л. Машины непрерывного транспорта / Р. Л. Зенков, И. И. Ивашков, Л. Н. Колобов // Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : «Машиностроение», 1987. – 432 с., ил.
5. Минина О. М. Определение динамических характеристик и параметров регулируемых процессов / О. М. Минина // М. : Изд-во АН СССР, 1963. – 46 с.
6. Хобин В. А. Моделирование рабочих характеристик приводных асинхронных электродвигателей для задач управления загрузкой оборудования / В. А. Хобин, И. Н. Кирьязов // Наук. пр. ОНАХТ / Міністерство освіти України. – Одеса : 2011. – Вип. 40. – Т. 1. – С. 228–234.

УДК [621.867.3:622.612]:658.5

## УПРАВЛЕНИЕ ПОТОЧНО-ТРАНСПОРТНЫМИ ЛИНИЯМИ ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ НАГРУЗКАХ В ПРЕДАВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ

Хобин В.А., д-р техн. наук, профессор  
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса  
Шестопалов С.В.  
Компания С-инжиниринг, г. Одесса

*Рассмотрены последствия аварийных остановов поточно-транспортных линий, вызванных перегревом приводных электродвигателей их конвейеров. Предложен и описан алгоритм автоматического управления, позволяющий, за счет прогнозирования момента срабатывания тепловой защиты, заметить аварийный останов технологическим.*

*Consequences of emergency break of line-transport lines, which caused of power-driven electric motor overheat their conveyers are considered. Control automatic algorithm, allowing, due to forecasting of operate moment of protection thermal, to replace emergency break by technological break is suggested and described.*

Ключевые слова: перегрузка зерна, поточно-транспортные линия, электродвигатель, перегрев, аварийный останов, технологический останов.

**1. Постановка задачи.** Процессы перегрузки зерна, реализуемые поточно-транспортными линиями (ПТЛ), составляют основную часть технологических процессов (ТП) предприятий, обеспечивающих его приемку, хранение, переработку (подработку) и отгрузку. У зерновых терминалов, обеспечивающих формирование крупных партий зерна и их отгрузку на железнодорожный, речной и морской транспорт, доля таких процессов максимальна. Время выполнения операции перегрузки и энергозатраты на нее определяются производительностью ПТЛ. Максимально достижимая производительность линии ограничена особенностями конструкции и эксплуатации транспортирующего оборудования ПТЛ – конвейеров различных типов, включая ковшовый конвейер для вертикального транспортирования – норию. При ее превышении возникают аварийные ситуации (АС), когда дальнейший процесс перегрузки становится невозможен из-за угрозы перерастания АС в аварию. Такие угрозы ликвидируют специальные устройства аварийной защиты, отключающие конвейер, где возникла АС, и все предшествующие ему конвейеры в аварийном режиме, т.е. без их разгрузки от транспортируемого материала.

Для рассматриваемых ПТЛ существуют два типа АС, связанных с превышением их допустимой производительности. Первый тип АС связан с возникновением завала рабочего пространства из-за превышения допустимого значения его *объемной* производительности. В этом случае для аварийной защиты приводного электродвигателя (ПЭД) этого конвейера и предотвращения развития завалов датчики-реле подпора отключают ПТЛ в аварийном режиме конвейера (событие  $S^{ДП}$ ). Принципиальная особенность ПТЛ, включающих в себя нории, заключается в том, что именно нории, как правило, являются их «узким местом» по объемной производительности. В [1, 2] были разработаны принципы эффективного управления ПТЛ, которые позволяют определять ее максимально допустимую загрузку и стабилизировать такую

загрузку в изменяющихся условиях эксплуатации, гарантируя при этом предотвращение  $S^{ДП}$ .

Второй тип АС связан с перегревом ПЭД одного из конвейеров ПТЛ из-за его перегрузки по *массовой* производительности. В этом случае аварийная защита ПЭД реализуется на основе реле его температурной (тепловой) защиты, которая отключает ПТЛ в аварийном режиме (событие  $S^{ТЗ}$ ). Отметим, что вероятность возникновения такого типа АС будет значительно повышаться при работе ПТЛ в режимах экстремальных нагрузок и в случаях, когда предприятия, экономя энергетические и финансовые ресурсы, будут заказывать конвейеры с такой установленной мощностью их ПЭД, которая не будет существенно превышать ее значение, полученное в результате тягового расчета конвейеров.

## 2. Аварийное отключение ПЭД конвейеров как основной фактор снижения их надежности

В качестве ПЭД конвейеров используются асинхронные электродвигатели (АД) – самые распространенные электрические машины. Они имеют относительно простую конструкцию, что обуславливает их высокую долговечность при эксплуатации в штатных режимах. Так, для современных АД ресурс работы с вероятностью 0,9 составляет 20 тысяч часов, а вероятность безотказной работы за время 10 тысяч часов достигает 0,95 [3, 4].

Вместе с тем, нарушение требований к эксплуатации АД может резко сократить их ресурс. Практика показывает, что 85...95 % отказов АД происходит из-за повреждения обмоток статора (для рассматриваемых нами АД они всыпного типа), до 5 % – из-за повреждения подшипников [3, 4]. В таких обмотках 93 % отказов приходится на межвитковые замыкания, 5 % – на повреждения межфазовой изоляции, 2 % – на повреждения корпусной изоляции.

Непосредственной причиной межвитковых замыканий являются коммутационные перенапряжения, возникающие в обмотке статора при переходных процессах. Наиболее опасными являются процессы, возникающие при отключении АД, работающих под нагрузкой [5, 6]. Возникающие при этом импульсные перенапряжения могут достигать десятикратных значений по отношению к напряжению питания. Следует также отметить, что значения коэффициента перенапряжения имеют случайный характер, а закон их распределения – двумодальный. Наличие двух максимумов в распределении обуславливается существованием двух колебательных контуров: один образуется межвитковой емкостью и индуктивностью обмотки, другой – индуктивностью и емкостью обмотки относительно заземленного корпуса двигателя. С увеличением габарита машины кратность перенапряжения возрастает [6].

Опасность последствий возникающих перенапряжений возрастает по мере старения изоляции обмоток АД, при которой уменьшается ее электрическая прочность. Основные факторы, ускоряющие старение изоляции двигателей: а) перегрев обмоток; б) механические нагрузки на обмотки; в) воздействие влаги и химически активных сред.

Перегрев обмоток АД связан, прежде всего, с их перегрузкой со стороны рабочей машины (в нашем случае – конвейера). Однако это является не единственной причиной – при номинальной нагрузке перегрев будет возникать при снижении напряжения и частоты питающей сети, при значительных колебаниях тока нагрузки относительно номинального значения. Непосредственная причина перегрева – превышение тока нагрузки двигателя выше номинального значения. Следует отметить, что опасны только достаточно длительные перегревы, т.к. современные АД имеют значительный запас теплоустойчивости (способность изоляции обмоток сохранять свои свойства при относительно кратковременном нагреве), [7].

Источниками механических воздействий на обмотки являются силы, возникающие при: а) электромагнитном взаимодействии витков обмоток при протекании по ним тока (электродинамические силы); б) нагреве и охлаждении обмоток (термомеханические силы); в) толчках и ударах со стороны рабочих машин, при неуравновешенности вращающихся механических узлов, как АД, так и рабочей машины (механические силы).

Электродинамические силы имеют циклический знакопеременный (вибрационный) характер, причем типичной является вибрация с частотой 100 герц, вызываемая электродинамическими силами. При пусках и реверсах АД, торможении ее ротора со стороны рабочей машины, амплитуды этих вибраций возрастают в десятки раз вследствие увеличения тока в обмотках, вплоть до восьмикратного, и квадратичной зависимости электродинамических сил от величины тока. Термомеханические силы, связанные с различием коэффициентов теплового расширения материалов изоляции и проводников АД, вызывают образование трещин в изоляции, расслоение и смещение ее слоев относительно друг друга. Термомеханические процессы активизируются при работе АД при пусках, торможении, т.е. в режимах, сопровождающихся тепловыми ударами.

Воздействие влаги и растворенных в ней химически активных сред резко интенсифицируют процесс старения изоляции АД. Влага проникает в изоляцию главным образом в те периоды, когда идет процесс остывания АД после выключения. Это обуславливается снижением давления воздуха в порах и капиллярах (трещинах, отслоениях, границах смещения слоев других микродефектах) обмоток при снижении его

температуры, вследствие этого – «подсоса» влажного воздуха и конденсации из него влаги. Под ее действием происходит гидролитическое разрушение изоляционных материалов, заключающееся в разрушении полимерных цепей. Периодическое проникновение влаги и ее удаление увеличивает пористость изоляции. Эти процессы развиваются параллельно с другими явлениями старения и взаимно стимулируют друг друга. Кроме этого влага снижает сопротивление изоляции и ее электрическую прочность, создавая тем самым предпосылки для появления токов утечки, частичных разрядов и других явлений, которые увеличивают вероятность ее пробоя [6, 8].

Анализ показывает, что аварийные отключения ПЭД конвейеров, которыми являются АД, и, прежде всего, их отключения реле температурной (тепловой) защиты, имеют крайне негативные последствия для их надежности. Причины этого следующие: а) коммутационные перенапряжения на обмотках ПЭД при аварийных остановах конвейеров из-за перегрева будут стремиться к своим максимумам, т.к. ПЭД в момент отключения всегда работают с перегрузкой по току, превышающей допустимую; б) электродинамические силы в обмотках ПЭД при остановке конвейеров будут очень большими, т.к. торможение их максимально загруженных рабочих органов происходит очень быстро; в) термомеханические силы при отключении ПЭД из-за высокой скорости уменьшения тока, греющего проводники, будут значительными.

Пуски конвейеров после их аварийной остановки также очень сильно снижают надежность ПЭД и всех механических узлов конвейеров, включая ленты. Все варианты конвейеров, как рабочие машины ПЭД, при пуске создают для него нагрузку с характеристиками экскаваторного типа [4]. Этот очень тяжелый для ПЭД характер нагрузки дополнительно осложняется, в особенности для длинных конвейеров, знакопеременными силами упругости лент (как правило, резинотканевых). Ситуация усугубляется, если пуск конвейера осуществляется после аварийного останова, когда его рабочий орган был не полностью разгружен от сыпучего материала. Тогда, при максимальном сопротивлении со стороны рабочих органов конвейера, его пуск растягивается во времени, в течение которого пусковые токи ПЭД, многократно превосходящие номинальный ток, создают максимально сильные электродинамические и термомеханические силы.

Таким образом, защищая изоляцию обмоток ПЭД (АД) от разрушения из-за перегрева, температурная (тепловая) защита, реализуя свои функции, ускоряет ее деградацию из-за высоких перенапряжений, электродинамических и термомеханических сил, резкой активизации процессов, связанных с воздействием на нее влаги. Кроме того, перенапряжения при аварийных отключениях ускоряют деградацию силовых контактов пускателей, отключаемых ПЭД, а остановки конвейеров в таком режиме, т.е. без их предварительной разгрузки, приводят тому, что рабочие органы остановленных конвейеров остаются заполненными зерном, которое перед новым пуском ПТЛ необходимо убрать (вручную).

### **3. Особенности температурной защиты электродвигателей**

В зависимости от источника информации о температурном режиме обмоток ПЭД существующие устройства защиты могут быть подразделены на устройства прямого и косвенного измерения.

Устройства прямого измерения используют чувствительные элементы температуры обмоток, которые размещаются внутри корпуса двигателей в зонах, где нагрев является наиболее сильным (лобные части обмоток) [3, 4, 9]. Обычно используются три чувствительных элемента, размещаемых под углом  $120^\circ$  напротив лобных частей трех обмоток статора, которые включаются последовательно. При этом информация о температуре в точках измерения осредняется. При достижении температуры обмоток недопустимых значений включается соответствующее реле, которое своими контактами размыкает цепь питания пускателя и отключает электродвигатель от сети. Такие устройства часто называют устройствами встроенной температурной защиты (УВТЗ) [10].

Устройства защиты с косвенной оценкой температурного режима работы двигателей в качестве чувствительного элемента используют нагревательный элемент, по которому протекает фазный ток питания АД. Нагревательный элемент меняет температуру биметаллической пластины, которая при определенных значениях степени прогиба размыкает контакт, через который питается обмотка пускателя. Количества теплоты, выделяемые в нагревателе устройства защиты и в соответствующей обмотке статора двигателя, будут прямопропорциональны, т.к. по ним течет один и тот же ток. Для того, чтобы по температуре биметаллической пластинки (ее степени прогиба) можно было бы судить о температуре обмоток двигателя, выбором конструкции устройства защиты обеспечивают соответствие тепловой инерционности двигателя и нагревателя защиты. По сути дела нагреватель устройства защиты является физической моделью обмотки электродвигателя по каналу «ток обмотки – средняя температура обмотки». Такие устройства называют реле тепловой защиты (РТЗ) или сокращенно тепловыми реле [11]. Именно на основе РТЗ реализуется защита от перегрева ПЭД конвейеров. Динамические свойства (тепловая инерция) РТЗ отражаются токовременными (время-токовыми) характеристиками, которые определяют время срабатывания реле от кратности тока перегрузки либо от кратности тока по отношению к току несрабатывания.

Эти характеристики могут даваться для двух исходных установившихся температурных режимов двигателя (его РТЗ) – соответствующих току холостого хода защищаемого двигателя и его номинальному току либо только для одного – соответствующего номинальному току.

РТЗ интенсивно развиваются. В настоящее время помимо аппаратных средств такой защиты, которые реализуют модель защищаемого ПЭД как теплового объекта в физической (аналоговой) форме, все чаще используются программные средства, которые используют эту модель в математической форме, «просчитывая» ее численными методами на контроллере. Использование математических моделей (ММ) существенно расширяет возможности для управления защитой ПЭД. Наиболее интересная из этих возможностей – прогнозирование, в той или иной форме, момента срабатывания реле защиты [12]. В современных, серийно выпускаемых системах управления электроприводом SIMOCODE [13] такая возможность реализована – из контроллера можно вывести значение времени, остающееся до момента срабатывания, т.е. до события  $S^{T3}$ . При этом отметим, что используемые в SIMOCODE ММ тепловой защиты и алгоритмы прогнозирования являются предметом «ноу-хау» фирмы Siemens, а сама эта функция является платной опцией.

#### 4. Цель и концепция управления ПТЛ в условиях экстремальных нагрузок

Существующие системы автоматического управления (САУ) ПТЛ реализуют следующие функции логического (т.е. использующего в алгоритмах только булевы переменные) управления и контроля: а) *технологический пуск* ПТЛ, в ходе которого осуществляется последовательный, против хода сыпучего материала, с задержками по времени, пуск всех конвейеров перед началом его транспортирования; б) *технологический останов* ПТЛ, в ходе которого осуществляется последовательный, по ходу сыпучего материала, с задержками по времени, останов всех конвейеров для окончания его транспортирования; в) *контроль* возникновения АС в работе каждого из конвейеров, в частности, связанных с перегревом их ПЭД; г) *аварийный останов* ПТЛ, в ходе которого осуществляется аварийный останов того из конвейеров ПТЛ, где возникла АС, в частности ПЭД которого перегрет, и одновременный аварийный останов всех предшествующих ему конвейеров.

Цель предлагаемого совершенствования систем логического управления ПТЛ – предотвращение аварийных остановов ПТЛ, обусловленных перегревом ПЭД конвейеров, и, за счет этого, обеспечение возможности безаварийной работы в максимально эффективных режимах, т.е. в режимах экстремальных нагрузок. Концепция такого управления состоит в *упреждающем* отключении конвейера, перегрев ПЭД которого начал приближаться к своему предельному значению, и всей ПТЛ, заменив при этом ее аварийный останов технологическим.

Таким образом, в соответствии со сформулированной концепцией, в системе логического управления ПТЛ должна быть реализована дополнительная (новая) функция – функция предотвращения аварийных остановов ПТЛ из-за перегрева ПЭД ее конвейеров.

#### 5. Описание и особенности алгоритма реализации функции предотвращения аварийных остановов ПТЛ из-за перегрева ПЭД

Реализация указанной функции дополнительно предполагает: а) *измерение (чтение)*, при наличии специальной опции расчета [13], или вычисление по тепловым моделям РТЗ значений непрерывно изменяющихся интервалов времени от текущего момента до прогнозируемых моментов превышения допустимого перегрева и, значит, аварийного отключения ПЭД; б) *сравнение* значений этих интервалов времени с величиной суммы задержек по времени, которые установлены на отключение каждого конвейера и всех предшествующих ему конвейеров в режиме технологического останова; в) *технологический останов* линии в случае, если хотя бы для одного из конвейеров интервал времени, оставшийся до момента его аварийного останова, становится равным или меньшим соответствующей суммы этих задержек.

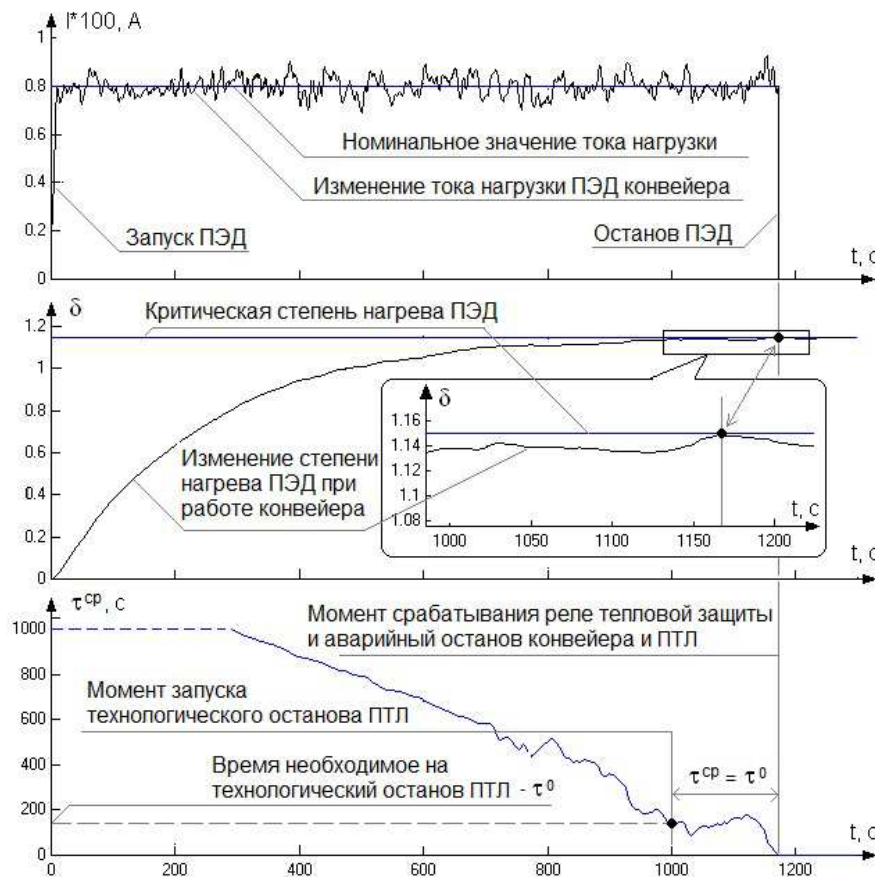
Важно, чтобы момент времени для выдачи команды на такой технологический останов ПТЛ был бы максимально обоснован. Возможны два варианта необоснованного времени выдачи такой команды: задержка и преждевременная выдача команды. *Задержка* команды на технологический останов ПТЛ не даст возможности всем конвейерам завершить разгрузку своих рабочих органов и подготовиться к отключению. Поэтому, фактически, остановка конвейеров с неразгруженными рабочими органами частично будет проводиться в режиме аварийного останова и иметь для ПЭД неразгруженных конвейеров те негативные последствия, которые описаны выше. *Преждевременная* команда на технологический останов ПТЛ означает не только то, что линия проработала без остановки меньше времени, чем могла бы. Такая разница во времени, которая всегда несоизмеримо меньше полного времени работы линии для выполнения операции транспортирования, не снизит эффективность ее работы при условии, что такая команда оказалась обоснованной. Но, важно, что обоснованность преждевременной команды на технологический останов линии носит вероятностный характер, т.е. такая команда может оказаться, в равной мере, как обоснованной, так и необоснованной. Это связано с тем, что подача сыпучего материала на ПТЛ производится неравномерно. Такая неравномерность приводит к тому, что ток нагрузки и, следова-



тельно, степень нагрева ПЭД будут иметь колебательные составляющие случайного характера. Поэтому команда на технологический останов будет обоснованной только в том случае, если повышенная нагрузка на конвейер продолжала бы сохраняться. В противном случае такая команда будет необоснованной, причем необходимость в такой команде при дальнейшей работе линии может вообще не возникнуть. Поэтому преждевременный останов ПТЛ снизит эффективность ее работы, по сравнению с тем, какая она могла бы быть без такого останова.

Для максимальной обоснованности останова ПТЛ необходимо выдавать соответствующую команду в предельно поздний момент времени, когда еще возможно полностью реализовать ее технологический останов. Очевидно, что такой момент времени определяется местом размещения конвейера с перегревающимся ПЭД в ПТЛ, а именно количеством предшествующих ему конвейеров и необходимыми (установленными) временами задержки для разгрузки каждого из них от транспортируемого сыпучего материала.

На рис. 1 представлены во времени  $t$ , от момента включения перегревающегося ПЭД одного из конвейеров ПТЛ до момента предполагаемого срабатывания реле его тепловой защиты (если бы упреждающее отключение ПЭД не проводилось), графики изменений величины тока  $I(t)$  нагрузки ПЭД, степени его нагрева  $\delta(t)$  и отрезка времени  $\tau^{CP}(t)$ , остающегося до срабатывания РТЗ. Значение отрезка времени  $\tau^0$  численно равно времени, необходимому на отключение ПТЛ в режиме технологического останова. Из рисунка следует, что за счет упреждающего, на время  $\tau^0$ , останова ПТЛ, удастся предотвратить ее аварийный останов и связанные с таким остановом негативные последствия.

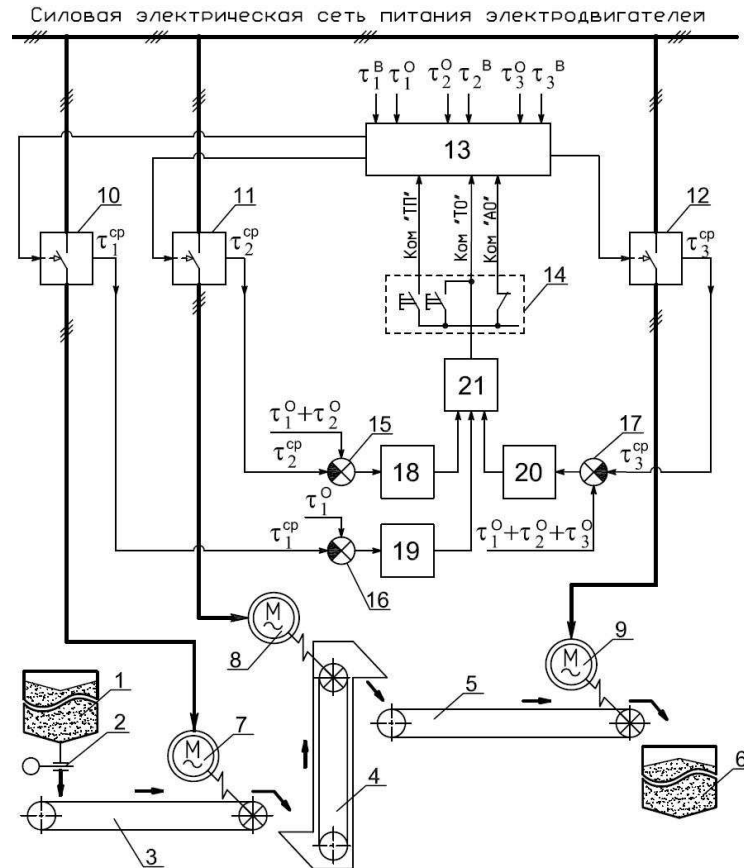


**Рис. 1 – Иллюстрация изменений во времени тока нагрузки ПЭД, степени его нагрева от момента включения этого ПЭД до момента предполагаемого срабатывания РТЗ (если бы упреждающее отключение ПЭД не проводилось) и отрезка времени, остающегося до срабатывания РТЗ**

#### 6. Пример реализации и описание работы САУ ПТЛ

Для иллюстрации работы САУ рассмотрим простейший пример ПТЛ сыпучих материалов, состоящей из трех конвейеров, блок-схема которой представлена на рис. 2. В соответствии с ней, сыпучий материал из расходного бункера 1 через подбункерную задвижку 2 подается на последовательно включенные конвейеры 3, 4, 5, которые перегружают его в приемный бункер 6. Рабочие органы конвейеров 3, 4, 5

приводятся в действие ПЭД 7, 8, 9, которые получают питание от силовой электрической сети, подключение к которой осуществляется через контроллеры управления электродвигателями 10, 11, 12. В качестве этих контроллеров в рассматриваемом примере реализации САУ применены контроллеры, например, SIMOCODE pro [13], которые реализуют функции коммутации силовых цепей ПЭД, тепловой защиты их от перегрева, с выводом из контроллеров команд на аварийную остановку ПЭД из-за их перегрева и значений времени  $\tau^{cp}(t)$ , остающегося до выдачи этих команд, а также другой необходимой для управления информацией. Команды на включение и отключение ПЭД контроллеры 10, 11, 12 получают непосредственно от главного контроллера САУ ПТЛ – 13.



**Рис. 2 – Блок-схема САУ, обеспечивающей работу ПТЛ без аварийных отключений из-за перегревов ПЭД ее конвейеров при экстремальных нагрузках в предаварийных режимах**

Главный контроллер формирует последовательность этих команд в соответствии с реализуемым в текущий момент времени одним из возможных вариантов (режимов) управления, а именно «технологический пуск» (на схеме – команда «ТП»), «технологический останов» (на схеме – команда «ТО»), «аварийный останов» (на схеме – команда «АО»). Время выдачи этих команд учитывает заданные значения задержек по времени на включение конвейеров  $\tau_1^a, \tau_2^a, \tau_3^a$  и на их отключение –  $\tau_1^i, \tau_2^i, \tau_3^i$ . Задание контроллеру 13 САУ ПТЛ по реализации конкретного режима управления осуществляется органами и цепями формирования команд, задающих режим управления 14. К ним относятся кнопки, с помощью которых человек-оператор ПТЛ может инициировать реализацию режимов управления «технологический пуск» и «технологический останов», блок-контакты пускателей (контроллеров управления) ПЭД конвейеров, контакты реле тепловой защиты, с помощью которых формируется команда «аварийный останов» ПТЛ. Таких контактов в реальной схеме управления много, их количество пропорционально количеству конвейеров в линии, на рис. 2 они показаны условно. Описанная выше часть примера САУ реализует, по сути, традиционные функции логического управления ПТЛ.

Для реализации новой функции – функции предупреждения аварийных остановов ПТЛ из-за перегрева ПЭД ее конвейеров, дополнительно с соответствующего выхода каждого контроллера управления электродвигателями 10, 11, 12 считывают изменяющиеся значения интервалов времени до срабатывания их РТЗ –  $\tau_1^{nd}(t), \tau_2^{nd}(t), \tau_3^{nd}(t)$ , т.е. интервалов времени, остающихся до выдачи команд на аварийный

останов ПЭД, соответственно, 7, 8 и 9 из-за их перегрева. На алгебраических сумматорах 15, 16, 17 значения этих интервалов времени  $\tau_1^{\text{нб}}(t)$  – для ПЭД первого конвейера,  $\tau_2^{\text{нб}}(t)$  – для ПЭД второго конвейера,  $\tau_3^{\text{нб}}(t)$  – для ПЭД третьего конвейера, сравнивают с интервалами времени, необходимыми для остановки ПТЛ в технологическом режиме при перегреве соответствующего ПЭД, соответственно со значениями  $\tau^0 = \tau_1^i$  – для первого конвейера,  $\tau^{\text{II}} = \tau_1^i + \tau_2^i$  – для второго конвейера и  $\tau^{\text{III}} = \tau_1^i + \tau_2^i + \tau_3^i$  – для третьего конвейера. Если результаты сравнения всех интервалов времени для каждого из ПЭД конвейера дают отрицательный результат, то компараторами 18, 19, 20 на своих выходах будет установлен логический «0». Поэтому на выходе логического элемента «ИЛИ» 21, выполняющего функцию логического суммирования выходных сигналов этих компараторов также установится логический «0», и команда на технологический останов ПТЛ формироваться не будет. Это означает, что интервалы времени  $\tau_1^{\text{нб}}(t)$ ,  $\tau_2^{\text{нб}}(t)$ ,  $\tau_3^{\text{нб}}(t)$  до момента выдачи команд на аварийный останов каждого из ПЭД конвейеров больше, чем время, необходимое для остановки ПТЛ в режиме технологического останова, соответственно  $\tau^0 = \tau_1^i$ ,  $\tau^{\text{II}} = \tau_1^i + \tau_2^i$ ,  $\tau^{\text{III}} = \tau_1^i + \tau_2^i + \tau_3^i$ , поэтому проводить технологический останов этой линии оснований нет.

В том случае, если на выходе хотя бы одного из алгебраических сумматоров сигнал станет положительным, то соответствующий компаратор установит на своем выходе логическую «1». Это означает, что один из интервалов времени  $\tau_i^{\text{нб}}$  до момента выдачи команды на аварийный останов одного из ПЭД стал равен времени  $\tau^0$ , необходимому для остановки ПТЛ в режиме технологического останова. В этом случае на выходе логического элемента «ИЛИ» также установится логическая «1», и будет сформирована команда на технологический останов ПТЛ.

Отметим, что рассмотрение сумматоров, компараторов, логического элемента как технических компонентов САУ проводилось только для наглядности рассмотрения алгоритма. В реальности они реализуются программным путем в главном контроллере САУ. На рассмотренный способ управления получен патент на изобретение [14].

#### Заключение

Рассмотренная в статье новая функция логического управления ПТЛ является обязательной, но не единственной новой функцией из перечня тех, которые смогут обеспечить безаварийную работу ПТЛ при экстремальных нагрузках в предаварийных режимах, т.е. обеспечить максимально достижимую эффективность эксплуатации ПТЛ. К их числу, прежде всего, необходимо отнести функцию стабилизации теплового режима группы параллельно работающих ПЭД. Кроме того, для повышения функциональной целостности, а, следовательно, и эффективности САУ ПТЛ, все функции управления, включая [1, 2], должны быть интегрированы в одну систему управления.

#### Литература

1. Хобин В. А. Концепция эффективного управления производительностью поточно-транспортных линий при перегрузке зерна. Хранение и переработка зерна / В. А. Хобин, С. В. Шестопалов // Днепрпетровск, 2011. – № 10 (148). – С. 26–29.
2. Пат. на винахід 95887 Україна, МПК (2011.01), B65G 17/00, B65G 47/46 (2006.01), B65G 65/42 (2006.01), G01G 11/12 (2006.01). Спосіб автоматичного управління завантаженням потоково-транспортної лінії сипких матеріалів / Аннаев Б. С., Герасимов В. В., Хобин В. А., Кір'язов І. М., Шестопалов С. В. та інші; заявник та патентовласник ТОВ «С-Інжиніринг». – № а201015861; заявл. 29.12.10; опубл. 12.09.11, Бюл. № 17. – 24 с.
3. Радин В. И. Электрические машины: Асинхронные машины / В. И. Радин, Д. Э. Брускин, А. Е. Зорохович // М. : Высшая школа, 1988. – 328 с.
4. Копылов И. П. Справочник по электрическим машинам / И. П. Копылов, Б. К. Клоков // М. : Энергоатомиздат, 1988. – Т. 1. – 456 с.
5. Гольдберг О. Д. Влияние коммутационных перенапряжений на надежность низковольтных асинхронных двигателей / О. Д. Гольдберг, И. М. Комлев и др. – Электротехника, № 5, 1968. – С. 14–18.
6. Похолков Ю. П. Исследование коммутационных перенапряжений в обмотках асинхронных электродвигателей / Ю. П. Похолков, П. П. Бесперстов // Известия Томского политехнического института, 1972. – Т. 242. – С. 216–221.
7. Сердюк Ю. В. Оптимальное использование тепловой перегрузочной способности электродвигателей / Ю. В. Сердюк, И. Н. Богаенко, П. А. Фисенко // Тез. докл. VII Всесоюз. науч.-техн. конф. «Состоя-

- ние и перспективы совершенствования разработки и производства асинхронных двигателей». – М. : 1985. – С. 100–101.
8. Ермолин Н. П. Надежность электрических машин / Н. П. Ермолин, И. П. Жерихин // Л. : Энергия, 1976. – 248 с.
  9. Филиппов И. Ф. Теплообмен в электрических машинах / И. Ф. Филиппов // Л. : Энергоатомиздат, 1986. – 256 с.
  10. Богаенко И. Н. Температурная защита асинхронных электродвигателей / И. Н. Богаенко, Ю. В. Сердюк, М. А. Шатунов // К. : Техніка, 1987. – 94 с.
  11. Розанов Ю. К. Электрические и электронные аппараты: Учебник для вузов / Под ред. Ю. К. Розанова. – 2-е изд., испр. и доп. // М. : Информэлектро, 2001. – 420 с.
  12. Хилал М. Прогнозирование перегрева приводных электродвигателей в задачах управления нагрузкой технологического оборудования : 05.13.07 – дис. ... канд. техн. наук / Хилал Мустафа. – Одесса, 1996. – 147 с.
  13. Руководство по проектированию, вводу в эксплуатацию, обслуживанию и ремонту SIMOCODE pro / Siemens AG: Департамент средств автоматизации и электропривода, направление низковольтной коммутационной техники. – D-90327 Нюрнберг, заказной №: 3UF7970-0AA01-0, издание 10/2005. – 494 с.
  14. Пат. на винахід 98736 Україна, МПК (2012.01), B65G 17/00, B65G 47/00, B65G 43/00, H02H 5/04 (2006.01). Спосіб автоматичного управління потоково-транспортною лінією сипких матеріалів / Аннаєв Б. С., Герасімов В. В., Хобін В. А., Кір'язов І. М., Шестопапов С. В. та інші.; заявник та патенто-власник ТОВ «С-Інжиніринг». – № а2011 05403; заявл. 27.04.11; опубл. 11.06.12, Бюл. № 11. – 7 с.

УДК 664.724:005.591.6:005.936.41

## УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ ЗЕРНА: КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ, ЗАПАСОВ, СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Свитый И.Н., канд. техн. наук, доцент  
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса  
Андрющенко Г.В., инженер по автоматизации  
ООО МПСК «Бориваж», с. Новые-Билляры, Одесская область

*Проанализирована работа зерновых, зерноперерабатывающих, пищевых и химических предприятий, для которых сырьем является зерно и семена масличных. Для этих предприятий выявлен существенный резерв повышения эффективности их работы, получаемый путем автоматизации управления запасами зерна. Предложена классификация предприятий. Проведена классификация запасов зерна по 13 признакам. Сформулирована задача повышения эффективности работы системы управления запасами зерна путем повышения интеллектуального уровня поддержки принятия решений, связанных с запасами зерна.*

*The operation of grain, grain processing, food and chemical industries, for which the raw material is corn and oilseeds. For these companies revealed significant reserve increase their efficiency, obtained by automating the management of grain reserves. The classification of enterprises. The classification of grain reserves to 13 recognized stone. The problem of improving the efficiency of inventory management system of grain by increasing the intellectual level of support of decision-making related to grain reserves.*

Ключевые слова: управление запасами зерна, классификация предприятий, классификация запасов зерна.

Зерно и семена масличных культур для Украины являются стратегическим сырьем. Это сырье является залогом продовольственной безопасности страны, важнейшим экспортным товаром и источником валютных поступлений, сырьем для производства пищевых продуктов, кормов, биотоплива. Приемка, обработка, хранение, переработка, отгрузка зернового и масличного сырья реализуется комплексом предприятий зерновых, зерноперерабатывающих, пищевых и химических. Работа этих предприятий связана с созданием запасов зерна преимущественно в значительных объемах. При этом управление запасами на этих предприятиях ведется преимущественно исходя из субъективных предпочтений лиц, ответственных за принятие решений, связанных с запасами зерна. А значит, существует существенный запас повышения

экономической эффективности функционирования этих предприятий за счет повышения интеллектуального уровня систем управления запасами зерна в рамках конкретного предприятия.

Проведем классификацию предприятий, эффективность функционирования которых связана с эффективностью управления запасами зерна. Как уже отмечалось выше, их можно подразделить на зерновые, зерноперерабатывающие, пищевые и химические. К зерновым принадлежат заготовительные, линейные, фондовые, портовые элеваторы, перегрузочные терминалы и семенные заводы. К зерноперерабатывающим относятся предприятия получения из зерна и зернового сырья хлебопродуктов и кормов для животных. К таким предприятиям относят мельницы, крупозаводы, комбикормовые заводы и комбинаты хлебопродуктов, как комплексы переработки зерна в муку, крупу и производства комбикормов. К пищевым предприятиям, перерабатывающим зерновое и масличное сырье относят маслоэкстракционные и маслопрессовые предприятия, спиртзаводы, пивзаводы, солодовенные, крахмально-паточные заводы. К химическим предприятиям относят предприятия глубокой переработки зерна и семян масличных, предприятия по производству биотоплива (биодизеля). Схематично классификация таких предприятий приведена на рис. 1.

Анализ работы перечисленных выше групп предприятий показал, что во многом принципы управления запасами сырья на них во многом схожи, но имеют ряд отличительных особенностей, связанных именно со спецификой сырья. Например, запасы зерна на предприятии быстро пополнить невозможно, свежесобранное зерно в качестве пищевого и кормового сырья является практически непригодным, ему требуется пройти этап послеуборочного дозревания и т.п.

Чтобы отразить основные особенности запасов зернового и масличного сырья, проведем их классификацию. Классификация запасов зерна и семян масличных культур, хранимых на зерновых, зерноперерабатывающих, пищевых и химических предприятиях, в графическом виде приведена на рис. 2.



**Рис. 1 – Классификация предприятий, работа которых связана с созданием запасов зерна и семян масличных культур**

Следует отметить, что цели создания запасов зерна для разных предприятий схожи. В зависимости от целей создания запасы зерна и масличных семян можно проклассифицировать на: заготовительные, стратегические, сырьевые и семенные. Например, на зерноперерабатывающих, пищевых и химических предприятиях создаются сырьевые запасы зерна и семян масличных, на заготовительных элеваторах и хлебоприемных предприятиях – заготовительные запасы, на фондовых элеваторах – стратегические запасы, а на семенных заводах – семенные запасы.

По назначению конечного использования запасы зерна и семян масличных можно проклассифицировать на: товарные, пищевого, кормового, технического и комбинированного назначения. Например,

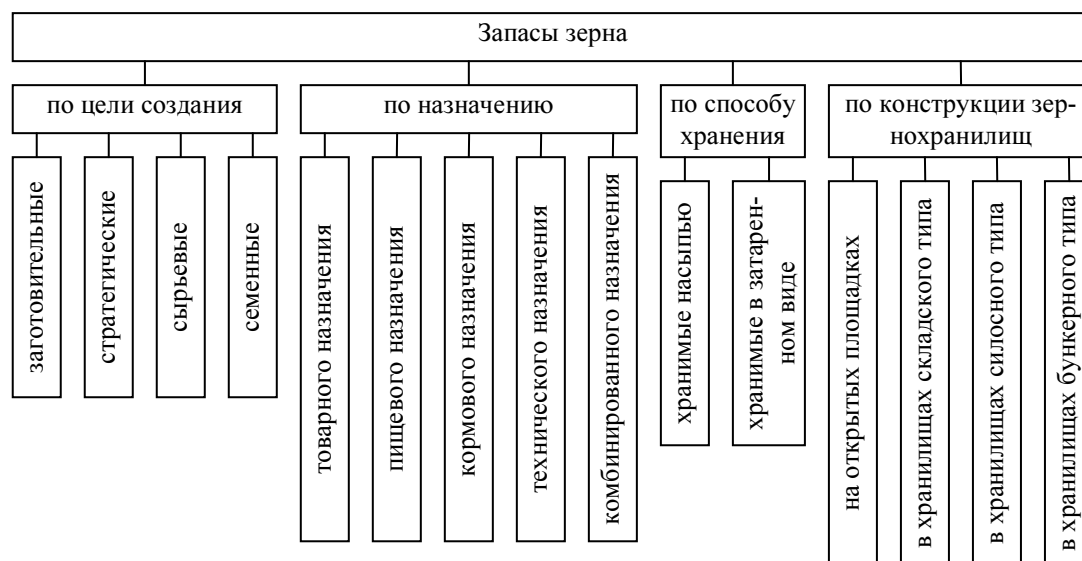
если запасы зерна создаются для их хранения, доведения до определенных кондиций и последующей отгрузки потребителям, то такие запасы называют товарными. Такие запасы создаются на зерновых предприятиях. На мельницах и крупозаводах запасы зерна используются с целью переработки их в продукты преимущественно пищевого назначения. Следовательно, такие запасы следует считать запасами пищевого назначения. На комбикормовых заводах создаются запасы исключительно кормового назначения. А вот на комбинатах хлебопродуктов запасы зерна имеют как пищевое, так и кормовое назначение, то есть являются запасами комбинированного назначения. На современных маслопрессовых и маслоэкстракционных предприятиях реализована технология комплексной переработки масличного сырья на масло пищевого назначения. Отходами производства является шрот и лузга. Шрот – кормовое сырье, а лузга используется в качестве биотоплива для котельных. Поэтому запасы масличных на этих предприятиях целесообразно отнести к запасам комбинированного назначения.

По способу хранения запасы зерна делят на запасы, хранимые насыпью и затаренные запасы.

По конструкции зернохранилищ запасы зерна можно подразделить на запасы, хранимые: на открытых площадках, в хранилищах складского типа, в хранилищах силосного типа, в хранилищах бункерного типа.

Например, запасы зерна комбикормового завода, хранимые на открытой площадке в полиэтиленовых мешках большой емкости, относятся к затаренным запасам, хранимым на открытой площадке. Насыпью зерно и семена масличных хранят в большинстве хранилищ складского, силосного и бункерного типа. Но на семенных заводах готовые семена хранят в хранилищах складского типа в затаренном виде.

По количеству культур, хранимых в зернохранилищах предприятий, запасы зерна делятся на монокультурные и поликультурные. Например, на элеваторах зерноперерабатывающих предприятий хранится зерно нескольких культур, поэтому такие запасы относятся к поликультурным. А на большинстве пищевых предприятий хранится зерно и семена масличных одной культуры (ячмень – на пивзаводе, семена подсолнечника – на маслопрессовом заводе, соевые бобы – на соевом маслоэкстракционном заводе). Такие запасы отнесем к монокультурным.



**Рис. 2 – Классификация запасов зерна и семян масличных культур, хранимых на зерновых, зерноперерабатывающих, пищевых и химических предприятиях**

По культуре, составляющей основу запасов их можно подразделить на: запасы зерновых (пшеницы, ржи, ячменя, овса, проса, гречихи, риса, кукурузы), зернобобовых (гороха, сои, вики, нута, люпина, фасоли, бобов), масличных (подсолнечника, рапса) и мелкозерновых (горчицы, мака, амаранта, сориза) [1, 3].

По объему хранимых партий запасы зерна можно подразделить на: мелкие партии (объемом до 1000 м<sup>3</sup>), средние партии (объемом до 30000 м<sup>3</sup>) и крупные партии (объемом свыше 30000 м<sup>3</sup>). Например, мелкими и средними партиями запасы зерна и семян масличных хранятся на зерноперерабатывающих и пищевых предприятиях, средними и крупными партиями зерно хранится на большинстве зерновых предприятий.

По очередности использования запасы зерна делят на: неснижаемый (страховой) запас и оперативный запас. Оперативный запас используется в первую очередь, а страховой запас используется только в крайнем случае для компенсации перебоев с пополнением запасов. В составе страхового запаса хранится зерно, проходящее послеуборочное дозревание.

По совокупности качественных показателей запасы зерна, например, пшеницы можно подразделить на запасы пшеницы 1-го ... 6-го класса, например, запасы рапса делятся на запасы рапса пищевого назначения и технического назначения и т.п. Такая классификация особо актуальна для товарных запасов зерна и семян масличных.

Главной особенностью запасов зерна является то, что в них протекает сложная совокупность биологических и физических процессов, которые целесообразно учитывать для качественного сохранения их товарных и сырьевых параметров [2]. Поэтому приведем ряд классификаций, отражающих эти особенности запасов зерна и семян масличных.

По степени зрелости зерна запасы делятся на: свежееубранные запасы; запасы, прошедшие послеуборочное дозревание и запасы прошлого сезона (сезонов). Например, свежееубранные запасы отличаются тем, что в них есть потенциал повышения качества при последующей обработке и хранении. Запасы прошлых сезонов являются самыми дорогими, но они необходимы предприятию, чтобы скомпенсировать период нецелесообразности использования свежееубранных запасов и их перехода в разряд запасов, прошедших послеуборочное созревание. Самыми ценными являются запасы, недавно прошедшие послеуборочное дозревание.

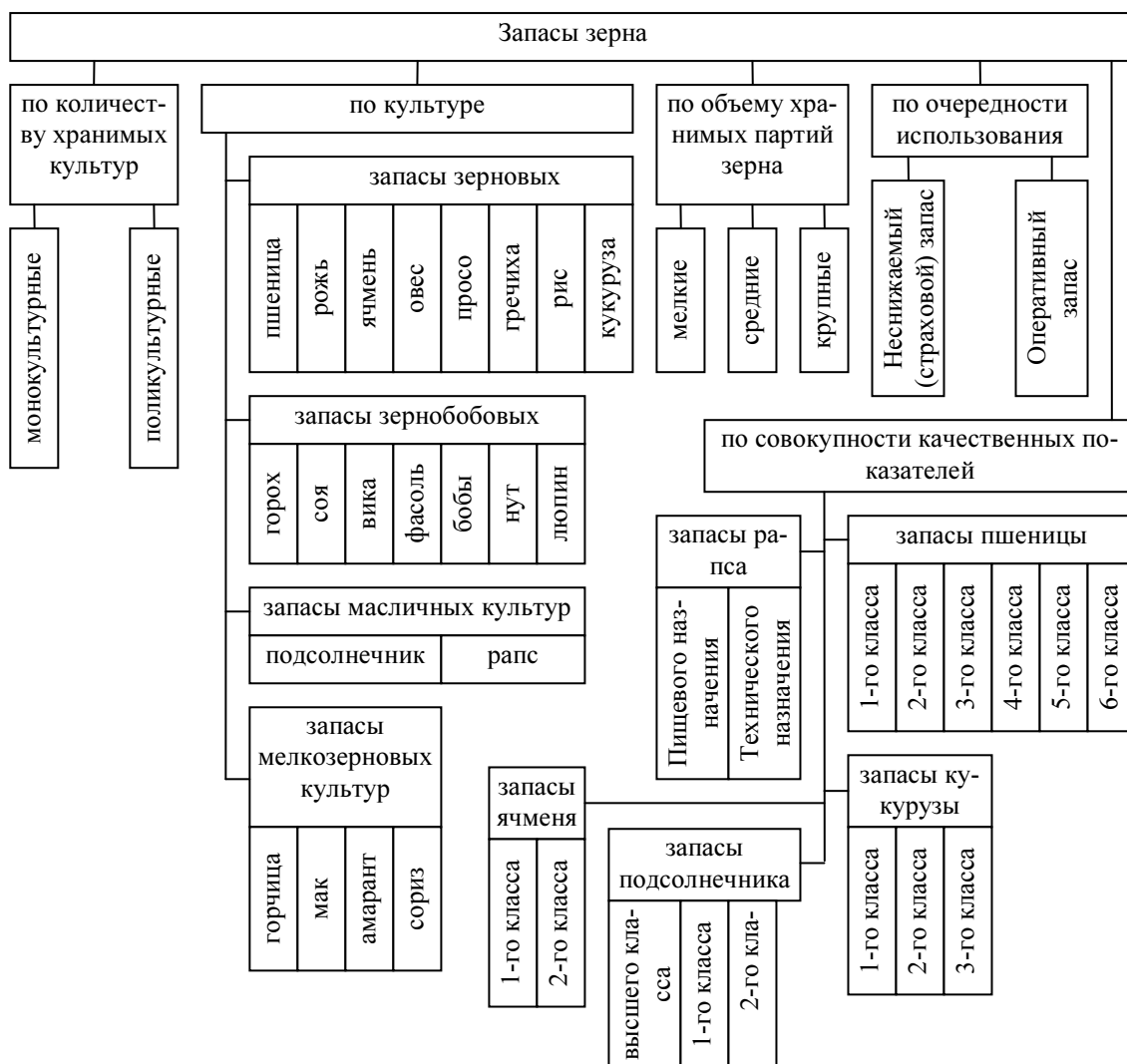


Рис. 2 (продолжение) – Классификация запасов зерна и семян масличных культур, хранимых на зерновых, зерноперерабатывающих, пищевых и химических предприятиях

По характеру процессов, протекающих в хранимых запасах зерна: запасы в процессе послеуборочного созревания, запасы в состоянии покоя и запасы в состоянии старения. Например, свежесобранные запасы являются запасами в процессе послеуборочного созревания, а запасы прошлых сезонов являются запасами в состоянии старения.

По особенностям текущего состояния зерновой массы запасы зерна можно подразделить на: соответствующие требуемым (заготовительным, экспортным, мукомольным и т.п.) кондициям по ключевым параметрам (по влажности, засоренности, зараженности, токсичности и т.п.); не соответствующие требуемым кондициям по одному или нескольким ключевым параметрам; греющиеся запасы (с зафиксированными и погашенными однократно или неоднократно очагами биологической активности). Например, греющиеся запасы, подвергавшиеся многократной обработке можно использовать только в кормовых или в технических целях. А греющиеся запасы, подвергавшиеся однократной обработке, переводят в оперативный запас и используют в первую очередь [3].

По моменту приложения управляющих воздействий запасы делятся на: запасы на этапе размещения, на этапе обработки, на этапе временного хранения, на этапе постоянного хранения и на этапе отгрузки потребителю.

В процессе принятия решений по управлению запасами зерна персонал зернохранилища может быть поддержан системами, как правило, автоматизированного управления (системы поддержки принятия решений) различной степени сложности и организации.

По месту расположения центра принятия решений СППР делят на системы: на уровне подразделения предприятия, предприятия в целом, холдинга, министерства, государства, на межгосударственном уровне.



**Рис. 2 (продолжение) – Классификация запасов зерна и семян масличных культур, хранимых на зерновых, зерноперерабатывающих, пищевых и химических предприятиях**

По уровню интеллекта систем управления их делят на:

- ERP-системы (Enterprise Resource Planning) – планирование ресурсов предприятия;
- BPM-системы (Business Performance Management) – управление эффективностью бизнеса;
- BI-системы (Business Intelligence) – бизнес-интеллект.

По уровню принимаемые решения делят на решения тактического и стратегического уровня.

В зависимости от вида предприятия и назначения запасов системы управления ими могут функционировать по принципу

- минимизации потерь в массе и качестве (стратегические и заготавливаемые запасы);
- минимизации производственных затрат на хранение (сырьевые запасы пищевых и зерноперерабатывающих предприятий);
- минимизации потерь качества зерна (семенные запасы);
- максимизации прибыли предприятий (перевалочные зерновые предприятия: портовые элеваторы и пр.).



Оптимизация управления запасами зерна и семян масличных на зерновых, зерноперерабатывающих, пищевых и химических предприятиях путем автоматизации процесса призвана повысить экономическую эффективность функционирования этих предприятий за счет, в первую очередь, повышения эффективности принимаемых решений различного уровня (стратегического и тактического), уменьшения вероятности ошибки оператора в процессе принятия решений, уменьшения риска штрафных санкций из-за несовершенства системы управления запасами зерна, увеличения оборачиваемости предприятий и сокращения издержек производства (например, энергозатрат), связанных с несовершенством управления запасами зерна и семян масличных.

#### Литература

1. Савенко І.І. Перспективні напрями інноваційної діяльності зернозберігаючих підприємств (Теоретико-правовий та методологічний аспекти) / Одеськ. нац. акад. харч. технологій. – Одеса: Поліграф, 2009. – 200 с.
2. Трисвятский Л.А. Хранение зерна. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
3. Машков Б.М., Хазина З.И. Справочник по качеству зерна и продуктов его переработки. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1980. – 335 с.

УДК 621.397.42:005.584:681.51-933.6

## МЕТОДЫ ВИДЕОКОНТРОЛЯ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Егоров В.Б., канд. техн. наук, ассистент  
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

*В статье предложен и описан альтернативный способ получения информации о ходе протекания технологического процесса – видеоканал. Определяемые с помощью описанного видеоканала переменные косвенно характеризуют качество готового продукта ЭБП. Хотя описанные характеристики являются лишь косвенными показателями, их применение существенно расширяет возможности эффективного управления процессом, что, безусловно, важно в условиях неопределенностей характеристик исходного сырья и текущего состояния оборудования. Преимущество их применения – оперативность получения таких данных с помощью функционирования видеоканала. Оперативно полученные данные могут быть использованы как аргумент в системах автоматического управления.*

*In article the alternative way of obtaining information on a course of course of technological process – the video channel is offered and described. Variables defined by the described video channel indirectly characterize quality of a ready-made product of EBP. Though the described characteristics are only indirect indicators, their application is expanded significantly by possibilities of effective management with process that certainly it is important in the conditions of ambiguity of characteristics of initial raw materials and current state of the equipment. Advantage of their application – efficiency of obtaining such data with the help of functioning of the video channel. Quickly obtained data can be used as argument in systems of automatic control.*

Ключевые слова: технологический процесс, качество, видеоконтроль, автоматическое управление.

Датчики, как источники первичной информации давно используются при построении систем автоматического управления (САУ). В таких системах датчик предназначен для преобразования контролируемого или регулируемого критерия (параметра регулируемого объекта) в выходной сигнал, удобный для дальнейшего анализа информации. Согласно общепринятой классификации датчиков, видеокамеры можно отнести к оптическим датчикам со сложным критерием – видеопоток. По характеру использования видеоинформации системы контроля можно разделить на следующие типы:

**Системы Видео Наблюдения (СВН)** – (широкую классификацию подобных систем и используемых при этом технических средств привел А.Е. Пескин в учебном пособии «Обслуживание и ремонт систем видеонаблюдения»). Подобные системы широко используются для охраны периметров, объектов, офисов, гостиниц и для наблюдения за производственными процессами. Требуют постоянного присутствия оператора);

**Системы Видео Наблюдения с высоким уровнем интеллекта** – выполняют функции автоматической оценки обстановки. Выступают в роли технического средства обнаружения перемещений в зоне

наблюдения, распознавания объектов, динамического слежения за нарушителем. Применяют также функции локализации лиц людей или Государственных номеров автомобилей;

**Системы видеоконтроля качества** – системы различного уровня сложности, основной задачей которых является гарантированное соблюдение качества выпускаемой продукции на заданном оператором уровне. Далее будут рассмотрены именно эти системы.

Следует выделить две категории подобных систем: системы видеоконтроля качества печати, в т.ч. для рулонных машин и системы видеоконтроля качества производимой продукции. Системы видеоконтроля качества печати предлагают целый ряд компаний: BST International, Nuova L&C GRAPH, Atlas Flex и др. Об эффективности подобных систем видеоконтроля свидетельствуют результаты опроса, проведенного компанией BST International (США) среди своих клиентов, в ходе которого выяснилось следующее:

- в 65 % случаев установка системы видеоконтроля позволила увеличить скорость печати (в среднем на 20 %);
- в 90 % случаев установка системы видеоконтроля способствовала снижению отходов запечатаваемого материала (в 26 % случаев экономия составила более 10 %);
- в 95 % случаев система видеоконтроля позволила увеличить качество печати, причем в половине из них отмечено значительное улучшение качества;
- в 53 % случаев отмечено уменьшение времени настройки машины.

Кроме визуального контроля качества отпечатков, современные видеосистемы предоставляют такие возможности, как: автоматическая идентификация дефектов печати (в том числе микродефектов); контроль воспроизведения цвета; контроль качества сплошного лакирования (идентификация участков, на которых отсутствует лак); верификация штриховых кодов разных стандартов; быстрая настройка привода; контроль совмещения фронтальной и оборотной стороны при двусторонней печати; возможность сохранения важной информации в файлы.

Поскольку анализ изображения производит не оператор, а машина, высокая разрешающая способность важнее, чем цветовые характеристики. В соответствующих системах инспекции чаще используются черно-белые, а не цветные камеры. Оператор задает пороговое отклонение от эталона в соответствии с заданным уровнем качества, чтобы система сообщала или о каждой пометке диаметром в десятые доли миллиметра или только о больших пятнах грязи и больших провалах плотности краски. Возможен автоматический контроль читаемости штрих-кода на каждой этикетке. При обнаружении брака машина останавливает полотно так, что дефектный участок оказывается перед оператором на монтажном столе. Далее можно вырезать бракованный фрагмент, склеить полотно и продолжить контроль. В технологических процессах (ТП) с более высокой степенью автоматизации (от печати до использования этикеток) находят применение системы инспекции, которые не останавливают полотно при выявлении брака, а наносят на дефектное изделие специальную метку. Метка считывается следующим устройством, например, линией наклейки этикеток, и бракованная этикетка пропускается.

Как видно из представленных данных, использование систем видеоконтроля позволяет поднять качество продукции и эффективность производства.

Системы видеоконтроля качества производимой продукции представлены меньше. Так, например, на протяжении длительного периода компания НРТ использует для контроля фармацевтической упаковочной тары видео систему «SpotWatcher» фирмы INTRAVIS, Аахен. «SpotWatcher» – автоматическая видеосистема (как декларирует компания–разработчик) предназначена для 100 %-го контроля качества при производстве различных пластиковых флаконов. Оснащенная камерами высокого разрешения, количество которых может достигать двенадцати штук, система «SpotWatcher» проверяет практически все визуально фиксируемые аспекты флакона, определяющие качество изделия. Основными критериями контроля являются:

- загрязнение (пятна, точки, прожоги, полосы, включение материала);
- проверка резьбы (загрязнение, размер, проверка плеч);
- контроль горловины (диаметр, овальность и забоины);
- контроль цвета;
- наплыв;
- контроль контура (впадины, облой и/или складки на ручке).

Использование этой контрольной техники гарантирует высокую степень безопасности изделий и исключает ошибки, которые, несмотря на всю тщательность проверки, могут быть допущены при визуальном контроле персоналом.

Компанией «СолвиПак» была внедрена система автоматизированного контроля качества производимой этикетки «FleyeVision printInspection» (рис. 1). В процессе производства этикетки система видеокон-

троля считывает напечатанное изображение и сравнивает с файлом оригинал макета. В случае любых отклонений от оригинала макета система остановит линию и сообщит об ошибке.



**Рис. 1 – Система автоматизированного контроля качества производимой этикетки «FleyeVision printInspection»**

В свою очередь компания SACMI (Италия) поставляет комплексные линии по производству кронен-пробок, в состав которой входит интерфейс пульта управления с системой контроля качества производимых пробок. Интерфейс пользователя поставляется в комплекте с сенсорным экраном последнего поколения, с помощью которого оператор может задавать команды как для самой прокладочной машины PMC500, так и для встроенной системы контроля качества CVS (рис. 2). Контроль качества производимой кронен-пробки непрерывно производит видео-инспекция последнего поколения типа CVS3000, которая встроена непосредственно в прокладочную машину. Видеоинспекция ведет свою работу по следующему принципу: одна телекамера проверяет внутреннюю часть кронен-пробки, а другая – внешнюю сторону и качество литографии.



**Рис. 1 – Система контроля качества CVS**

Подобные системы являются системами с высоким уровнем определенности параметров объекта управления. Диаметрально противоположная, в технологическом смысле, ситуация в пищевой промышленности, в частности при экструдировании биополимеров. Характеристики экструдированного сырья, даже в рамках одной рецептуры, всегда отличаются друг от друга, что означает воздействие на процесс экструдирования дополнительных возмущений по сырью. Подобные возмущения приводят к изменениям значений режимных переменных, их оптимальных значений, границ диапазонов их предельно-допустимого изменения, а также динамических свойств каналов их регулирования в САУ. Исходя из вышеизложенного, авторы многих САУ предлагают функцию обеспечения качества экструдата путем декларации требования нахождения показателей качества экструдата в поле допусков, границы которого

задаются предельно-допустимыми значениями этих показателей. Но, поскольку средств прямого автоматического измерения этих показателей не существует, то по умолчанию предполагается, что анализ качества ведется в лаборатории, как это и реализуется на практике, а по результатам этого анализа корректируются заданные значения режимных переменных. Реализация этой функции в существующих условиях малоэффективна, т.к. в соответствующем контуре управления из-за проведения необходимых лабораторных анализов возникает большое запаздывание. Используемые во многих САУ датчики температуры также в известной степени инертны и к тому же информируют не о температуре сырья в ходе ТП, а о температуре кожуха шнека или других конструкционных деталей в зависимости от выбранного объекта.

В [1] были разработаны концептуальная модель процесса экструдирования биополимеров (ЭБП) как объекта управления (ОУ) и функциональная структура соответствующей САУ. Они предусматривают использование для управления процессом таких параметров экструдата как его диаметр  $D_3$ , цветность  $C_3$ , неоднородность поверхности продукта  $\alpha_3$  [2]. Важным фактором при выборе параметров, среди прочих, было то обстоятельство, что источником информации может стать изображение продукта на выходе из экструзионной головки, получаемое на основе цифровой видеокамеры. Целенаправленная покадровая обработка изображения в контроллере позволит относительно легко получать текущую информацию об этих параметрах экструдата. Такие параметры экструдата как диаметр  $D_3$ , цветность  $C_3$  и неоднородность поверхности экструдата  $\alpha_3$  в значительной степени характеризуют качество ведения процесса ЭБП и могут быть получены с минимальным запаздыванием. Таким образом, указанные параметры можно рассматривать как косвенные показатели качества экструдата. По косвенному показателю качества  $D_3$  – диаметру готового продукта, и по неоднородности его поверхности (пористости)  $\alpha_3$  можно судить о степени декстринизации крахмала. Желаемыми значениями этих показателей являются  $D_3 = 10 \dots 15$  мм, а  $\alpha_3$  должна соответствовать эквиваленту объемной массы продукта в 300...320 г/л. С увеличением давления и температуры при экструзионной обработке усвояемость конечного продукта первоначально увеличивается, потом стабилизируется (появляется зона насыщения). По показателю  $C_3$  – цветности готового продукта можно судить о степени его меланизации (процесс, при котором в структуре готового продукта образуются ковалентные связи, приводящие к потемнению экструдата). Данный процесс является нежелательным, т.к. усвояемость готового продукта при этом значительно уменьшается. Кроме того, меланизация свидетельствует о чрезмерной денатурации белка, что в свою очередь, также является фактором, ухудшающим свойства готового продукта. При повышении температуры ЭБП усвояемость белка в готовом продукте сначала возрастает, достигает максимального значения, после чего наблюдается резкий спад усвояемости.

Из изложенного следует, что в том случае, если значения переменных  $D_3$ ,  $C_3$ ,  $\alpha_3$  (или некоторых из них) могут быть получены в реальном времени, как его решетчатые функции, а запаздывание в канале обработки видеоинформации будет достаточно малым, то эти переменные могут быть использованы в САУ процесса ЭБП как регулируемые или ограничительные.

В ходе экспериментов канал видеоинформации был реализован на основе цифровой, простейшей в своем классе, видеокамеры «Genius VideoCAM EYE 320». Программное обеспечение было реализовано в программной среде Delphi 7 на языке объектно ориентированного программирования Object Pascal. Для обработки кадров видеоизображения были разработаны необходимые алгоритмы, и написана реализующая их программа с возможностью задавать требуемую дискретность видеофиксации кадров по времени. Для реализации функции видеозахвата использовался типовый модуль TVideoGrabber v. 7.2.4. Delphi 11 VCL. Затраты системного времени на автоматическую обработку одного кадра не превышали 0,7 с, причем данное значение вплотную зависит от мощности используемого аппаратного обеспечения. Далее приведен внешний вид рабочего окна программы с загруженным в нее видеокадром экструдата (рис. 3). На следующих иллюстрациях приведены результаты, иллюстрирующие работу программы по определению диаметра и неоднородности поверхности экструдата в относительных величинах (рис. 4, 5).

Испытания канала видеоконтроля подтвердили его работоспособность. Продолжение работ, которое связано с калибровкой канала и его технической проработкой, требует проведения большого объема биохимических исследований. Для формализации условий проведения соответствующих исследований следует указать следующее, так, в научной публикации [3] приведены результаты исследований влияния влажности и высоты фильеры на процесс экструдирования комбикормов, при которых проводилось экструдирование кормосмеси, состоящей из 40 % пшеницы, 40 % ячменя и 20 % отрубей. Перед экструдированием кормосмесь отволаживали в течение 12 часов. Эксперимент проводили при трех угловых скоростях вращения шнека – 10, 15 и 23 рад/с. Согласно полученным результатам исследований при неизменной высоте фильеры и скорости вращения рабочего органа наилучшей с точки зрения получения качественного комбикорма при низких энергозатратах является влажность  $W = 15$  %. Согласно проведенным исследованиям [4] диффузии влаги при экструзионной переработке увлажненного зерна, изменение кон-

центрації вологи по довжині каналу не перевищує 3 %, що незначительно впливає на робочі режими екструдера, але оказує помітне вплив на якість кінцевого продукту з точки зору його харчової цінності [5].

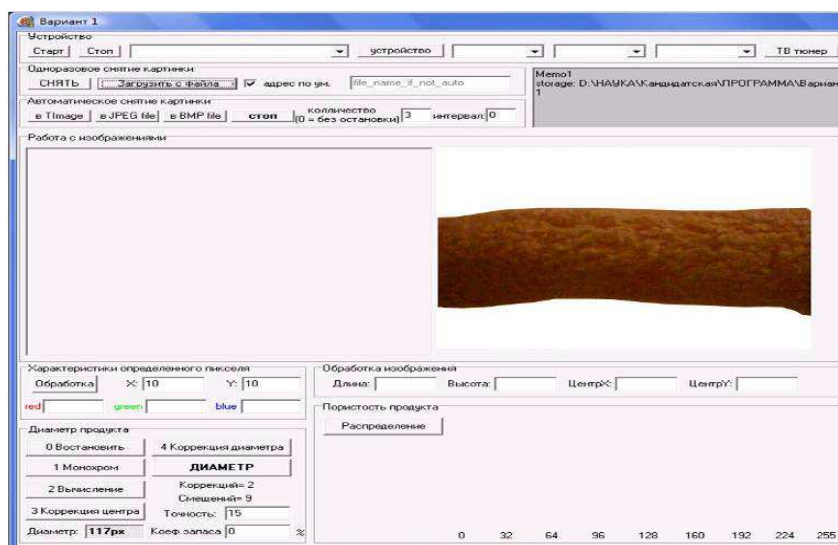


Рис. 3 – Иллюстрация процедуры определения диаметра экструдата

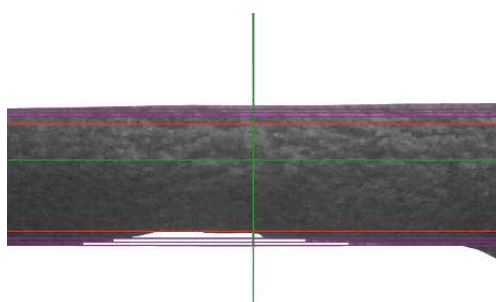


Рис. 4 – Иллюстрация процедуры определения диаметра экструдата

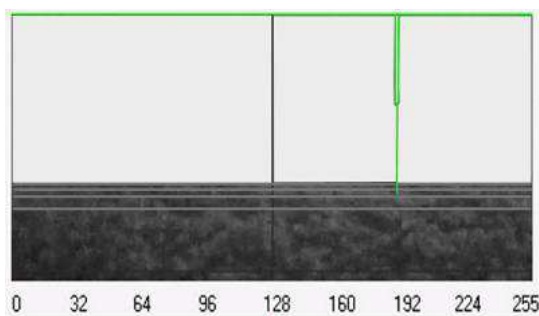


Рис. 5 – Иллюстрация процедуры определения неоднородности поверхности экструдата

Определяемые с помощью описанного видеоканала переменные, хотя только косвенно характеризуют качество готового продукта ЭБП, но они существенно расширяют возможности более эффективного управления этим процессом, что особенно важно в условиях неопределенностей характеристик исходного сырья и текущего состояния оборудования.

### Литература

1. Егоров В. Б. Повышение эффективности систем автоматического управления процессом экструдирования биополимеров : 05.13.07 – дис. ... канд. техн. наук / Егоров Виктор Богданович. – Одесса, 2013. – 249 с.
2. Хобин В. А. Интеллектуальный канал видеоинформации для систем управления процессом экструдирования растительного сырья / В. А. Хобин, В. Б. Егоров // XVI Международ. конф. по автомат. упр-нию «Автоматика-2009». Тез. док. – Черновцы: Книги – XXI. – 2009. – С. 225–226.
3. Коротков В. Г. Влияние влажности и высоты фильеры на процесс экструдирования комбикормов / В. Г. Коротков, В. Ю. Полищук, Д. А. Мусиенко // Вестник ОГУ. – 2000. – № 2. – С. 117–119.
4. Скульский О. И. Диффузия влаги при экструзионной переработке увлажненного зерна / О. И. Скульский, Е. В. Славнов // Вычислительная механика сплошных сред. – 2008. – № 2. – С. 74–80.
5. Славнов Е. В. Получение концентрированных кормовых добавок экструзионной обработкой зерна озимой ржи с оценкой пищевой ценности / Е. В. Славнов, В. П. Коробов, Л. М. Лемкина // Аграрный вестник Урала. – 2008. – № 2. – С. 80–83.

## ВИКОРИСТАННЯ КРИПТОГРАФІЧНИХ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ

Лобода Ю.Г., канд. пед. наук, доцент, Орлова О.Ю., асистент  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса

*Вирішується завдання вибору алгоритму криптографічного захисту інформаційних ресурсів за допомогою нелінійної згортки критеріїв на основі методу аналізу ієрархій із урахуванням вимог: безпека, швидкість, характеристика алгоритму. У результаті визначено оптимальний криптоалгоритм, який забезпечує цілісність та доступність інформації.*

*In the paper a task of cryptographic information security algorithm choice is solving of information resources by nonlinear criteria convolution on the basis of hierarchy analysis method taking into account such requirements as safety, speed, algorithm description. As a result it was defined an optimal cryptographic algorithm, which provides integrity and availability of information.*

Ключові слова: криптографічні засоби, криптоалгоритм, оптимізація вибору.

**Вступ.** Сучасний розвиток інформаційних технологій і, зокрема, технологій Internet/Intranet приводить до необхідності захисту інформації, що передається в рамках розподіленої корпоративної мережі, яка використовує мережі відкритого доступу. При роботі на своїх власних закритих фізичних каналах доступу ця проблема так гостро не стоїть, оскільки в цю мережу закритий доступ стороннім. Проте виділені канали може собі дозволити далеко не будь-яка компанія. Тому доводиться задовольнятися тим, що є у розпорядженні компанії. Найчастіше – це Internet. Тому потрібно винаходити способи захисту конфіденційних персональних даних, що передаються по фактично незахищеній мережі.

Із прийняттям Закону України «Про захист персональних даних» № 2297-VI від 01.06.2010 р. з'явилося нове поняття «персональні дані». До персональних даних відносяться відомості чи сукупність відомостей про фізичну особу, яка ідентифікована або може бути конкретно ідентифікована [1]. Прикладами баз персональних даних можуть бути відомості про співробітників (ПІБ, паспортні дані, ПІН та інше), які обробляються бухгалтерією та відділом кадрів будь-якого підприємства або державної установи.

**Мета статті** полягає у розгляді питання вибору алгоритму криптографічного захисту інформаційних ресурсів за допомогою нелінійної згортки критеріїв на основі методу аналізу ієрархій із урахуванням вимог: безпека, швидкість, характеристика алгоритму. Для досягнення мети були поставлені такі завдання: визначити вимоги до алгоритмів криптографічного захисту інформаційних ресурсів; з'ясувати можливості криптоалгоритмів; визначити метод процесу оптимізації процесу вибору криптоалгоритму та його переваги/недоліки.

**Матеріали і методика досліджень.** Одним із напрямів захисту в інформаційних системах є криптографічний захист інформації, що передбачає використання математичних методів перетворення інформації за допомогою шифрування, вироблення імітовставки або цифрового підпису тощо. Криптографічний захист може здійснюватися у процесі передавання інформації каналами зв'язку та під час її опрацювання на робочих станціях і серверах.

До передавання інформації каналами зв'язку ставлять такі вимоги:

- забезпечення конфіденційності інформації;
- забезпечення цілісності інформації;
- автентичність сторін інформаційного обміну.

Конфіденційність інформації забезпечується симетричним (алгоритми ГОСТ 28147-89, DES, 3DES, AES, IDEA) та асиметричним (алгоритми RSA, El Gamal) шифруванням. Цілісність інформації та автентичність сторін досягається використанням хеш-функцій та технологій цифрового підпису.

Сукупність технологій, що забезпечують конфіденційність та цілісність інформації при її передаванні незахищеними каналами зв'язку, отримала назву віртуальних приватних мереж (VPN – Virtual Private Network). У процесі мережевої взаємодії захист інформації, зокрема, забезпечується за допомогою протоколів SSL, SSH, S-HTTP, IPSec тощо. Автентичність сторін інформаційного обміну досягається за рахунок використання протоколів X.509, RADIUS, TACACS+ та інших. Реалізація цих технологій може здійснюватися програмними та програмно-апаратними засобами. Захист інформації на робочих станціях і серверах може реалізовуватися за допомогою шифрування на рівні файлової системи, криптографічних

методів перевірки автентичності (цифрові сертифікати, одноразові паролі тощо), криптографічних засобів перевірки цілісності (контрольні суми).

Проблема захисту інформації через її перетворення, що унеможливило її прочитання сторонніми особами, ще кілька десятиліть тому стосувалася в основному військових операцій або була пов'язана зі шпигунськими історіями, а не становила предмет широкого використання. Причиною бурхливого розвитку криптографії, з одного боку, є використання комп'ютерних мереж, зокрема глобальної мережі Internet, по яких передають великі обсяги інформації державного, військового, комерційного та приватного змісту, що не допускає можливості доступу до неї сторонніх осіб, а з іншого – поява нових потужних обчислювальних засобів уможливила дискредитацію низки криптографічних систем. Без криптографії не було б стільникових телефонів, банкоматів, цифрового телебачення, Internet-платежів тощо.

Методи криптографічного захисту інформації передбачають як програмне, так і апаратне використання. Програмна реалізація шифрування є дешевою та практичнішою. Водночас апаратна реалізація продуктивніша та простіша у використанні. Сучасні криптографічні системи повинні задовольняти такі загальноприйнятні вимоги: вихідний текст із зашифрованого тексту можна відтворити лише за допомогою ключа дешифрування; послідовне перебирання можливих ключів дешифрування з метою відтворення вихідного тексту потребує значного часу обчислень або великих затрат на реалізацію цих обчислень; інформація про алгоритм шифрування не повинна впливати на стійкість до зламування системи шифрування; незначна зміна ключа шифрування повинна призводити до істотних змін шифрограми одного і того самого тексту.

1. Шифрування з ключем. Алгоритм шифрування з ключем поділяють на дві великі групи – алгоритми симетричного шифрування й алгоритми асиметричного шифрування.

Методи симетричного шифрування/дешифрування – це метод, за яким ключі шифрування і дешифрування є або однаковими, або легко обчислюються один із одного, забезпечуючи спільний ключ, який є таємним.

Методи асиметричного шифрування/дешифрування – набір методів криптографічного шифрування/дешифрування, в якому використовують два ключі – таємний (приватний) і відкритий; жодний із ключів не може бути обчислений з іншого за визначений час. Таке шифрування/дешифрування ще називають шифруванням/дешифруванням з відкритим ключем.

До 70-х років минулого століття застосовували лише криптографію з симетричними криптоалгоритмами. Криптографія з асиметричними криптоалгоритмами значно молодша. Симетричні та асиметричні криптоалгоритми мають переваги та недоліки. Симетричні криптоалгоритми порівняно з асиметричними мають більшу швидкодію та меншу довжину ключа. Асиметричне шифрування застосовують за такої організації криптосистем, коли використання симетричних алгоритмів є неможливим. А загалом порівнювати характеристики цих криптоалгоритмів було б некоректно: вони створені для розв'язування різних задач шифрування.

2. Метод симетричного шифрування. Симетричне шифрування ще називають шифруванням із таємним ключем, тобто з ключем, який обидва боки обміну інформацією (таємно від інших користувачів) використовують для шифрування та дешифрування повідомлень. На рис. 1 наведено структурну схему шифрування з таємним ключем. Основне призначення симетричних криптоалгоритмів – шифрування великих масивів даних із великою швидкістю. Разом із тим, через необхідність наявності захищеного каналу передавання таємного ключа ці криптоалгоритми під час створення сучасних криптосистем виявляють дуже низьку гнучкість. Розрізняють дві великі групи алгоритмів симетричного шифрування: поточкове шифрування та блокове шифрування.

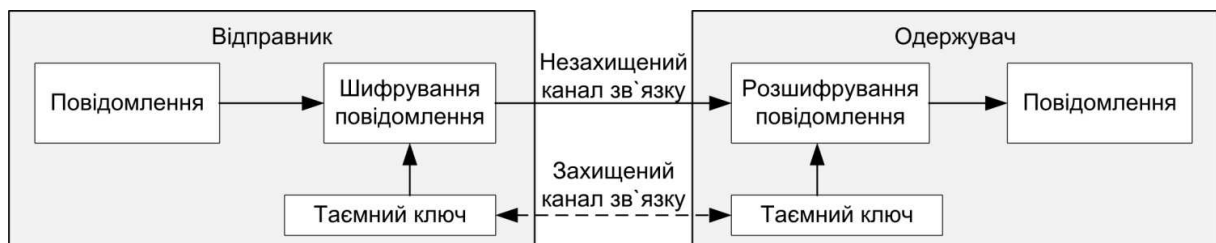


Рис. 1 – Структурна схема шифрування з таємним ключем

3. Метод асиметричного шифрування. Проблему зростання обсягів шифрованої інформації у криптографії вирішують підвищенням швидкодії традиційних методів шифрування з таємним ключем. Проте застосування цих методів в умовах постійного зростання кількості учасників спільної роботи (децентралізована структура управління) й ускладнення організації взаємодії між ними, зокрема попарного обміну інформацією, виявляється неефективним. Це зумовлено тим, що зі збільшенням кількості учасників об-

міну інформацією квадратично зростає кількість таємних ключів. Можна показати, що для  $N$  учасників кількість таємних ключів у такій системі сягає  $N(N-1)/2$ . Крім того, у методах симетричної криптографії з таємним ключем ускладнене довірене узгодження таємного ключа. Із метою зменшення цих недоліків було розроблено методи асиметричного шифрування з відкритим ключем. Шифрування з відкритим ключем – порівняно нова галузь криптографії. В асиметричних криптоалгоритмах для шифрування і дешифрування використовують різні ключі: для шифрування – відкриті, для дешифрування – таємні. Асиметрична криптографія основана на ідеях В. Діффі та М. Хеллмана про шифрування з двома ключами, що стали відомими у 1976 році. Але першим алгоритмом асиметричного шифрування, що набув практичного значення, став алгоритм, який запропонували Р. Рівест, А. Шамір і Л. Адлеман у 1978 році. Він дістав назву алгоритм RSA. На рис. 2 наведено структурну схему шифрування з відкритим ключем.

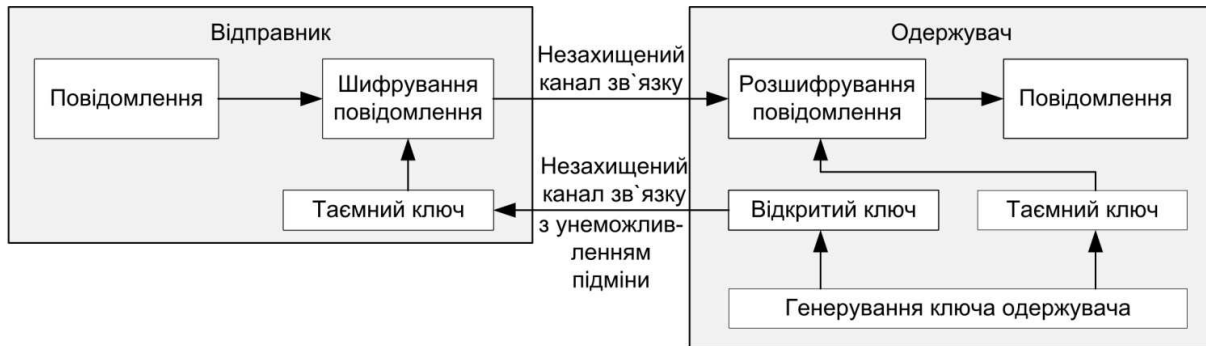


Рис. 2 – Структурна схема шифрування з відкритим ключем

Математичним обґрунтуванням асиметричних криптоалгоритмів є важко оборотні (односторонні) функції. У теорії складності обчислень розглядають поняття, яке характеризує рівень складності обчислень (кількість операцій) залежно від розміру вхідних даних. Поширеними є поліноміальний та експоненційний характери залежності складності обчислень від кількості вхідних даних. В асиметричній криптографії В. Діффі та М. Хеллмана зашифроване повідомлення за наявності таємного ключа дешифровується за поліноміальний час роботи обчислювальної системи, а в разі його відсутності – за експоненційний час. Сучасна асиметрична криптографія ґрунтується на алгоритмах Ель-Гамала та Міллера–Коблиця. Теоретичну основу стійкості алгоритму RSA становить проблема факторизації великих цілих чисел, а алгоритмів Ель-Гамала та Міллера–Коблиця – проблема дискретного логарифмування. Сьогодні відомі численні вразливості цих алгоритмів. Алгоритми шифрування на відкритому ключі замінили стійкіші алгоритми шифрування на еліптичних кривих, які запропонували окремо В. Міллер і Н. Коблиць у 1986 р. [2].

Алгоритми асиметричного шифрування, так само, як і симетричного, застосовують для шифрування масивів даних, але їхня швидкість значно нижча. Основне призначення асиметричних алгоритмів – забезпечення ефективного функціонування сучасних криптосистем. Саме ці алгоритми покладено в основу задач автентифікації користувачів, контролю цілісності та доступності інформації, унеможливлення відмови від авторства чи факту одержання даних тощо, зокрема, в організації електронного урядування. Найповніше ці вимоги задовольняють такі алгоритми асиметричного шифрування: Mars, RC6, Rijndael, Serpent, Twofish (табл. 1).

Таблиця 1 – Вибрані для порівняння алгоритми асиметричного шифрування

| Алгоритм | Розробник           | Країна     | Швидкодія (asm, 200М Гц) |
|----------|---------------------|------------|--------------------------|
| MARS     | IBM                 | US         | 8 Мбайт/с                |
| RC6      | R.Rivest & Co       | US         | 12 Мбайт/с               |
| Rijndael | V.Rijmen & J.Daemen | BE         | 7 Мбайт/с                |
| Serpent  | Universities        | IS, UK, NO | 2 Мбайт/с                |
| TwoFish  | B.Schneier & Co     | US         | 11 Мбайт/с               |

Важливого практичного значення асиметричні криптоалгоритми набули у застосуванні систем електронно-цифрового підпису (ЕЦП). ЕЦП – цифрова послідовність, що додається до повідомлення для забезпечення цілісності інформації та підтвердження авторства і формується із застосуванням асиметричних криптосистем. У ЕЦП для формування підписаних повідомлень використовують таємний ключ, а для перевірки підпису – відкритий.

У процесі захисту інформаційних ресурсів виникає проблема оптимального вибору алгоритму криптографічного захисту інформації. Кожен із великої кількості криптографічних алгоритмів має певні пере-



ваги та недоліки. Тому обсяг аналізу інформації щодо оцінення і вибору криптографічного алгоритму, який найкраще задовольняє вимоги захисту інформації, є доволі великим. Процес вибору передбачає кількісний та якісний аналіз у процесі порівняння різних альтернатив. Зі зростанням кількості критеріїв порівняння та кількості альтернатив, які можуть істотно впливати на кінцевий результат, людині зробити вибір серед такої множини варіантів досить складно [3]. Саме тому виникає необхідність використання систем підтримки прийняття рішення, що дає змогу на основі експертних оцінок оптимізувати вибір алгоритму криптографічного захисту інформації, а також не тільки виконувати якісний, кількісний аналіз, враховуючи найважливіші вимоги до алгоритмів, але і науково обґрунтувати вибір [4].

Для захисту інформаційних ресурсів визначальними є такі критерії порівняння: надійне виконання алгоритму як в апаратному, так і програмному виконанні; швидке генерування та узгодження ключів, їх використання; мінімальне використання оперативної пам'яті; стійкість до атак; гнучкість; висока пропускна здатність. Отже, визначимо основні критерії порівняння алгоритмів криптографічного захисту інформації: безпека; швидкість; загальні параметри алгоритму.

Критерій «безпека» є найважливішим чинником під час оцінювання і порівняння таких можливостей, як стійкість алгоритму до криптоаналізу, дослідження його математичної основи, випадковість вихідних значень алгоритму і відносна безпека порівняно з іншими алгоритмами.

Критерій «швидкість» є наступним важливим критерієм оцінювання, який характеризує обчислювальну ефективність на різних платформах, вимоги пам'яті, час, затрачений на шифрування та дешифрування, швидкість реагування на атаки.

Загальні параметри алгоритму. Третім пріоритетним критерієм оцінки алгоритмів є характеристика алгоритму, під якою розуміють: гнучкість, технічні засоби, придатність програмного забезпечення і простоту алгоритму. Гнучкість означає здатність алгоритму до:

- управління ключем, зведення розмірів до мінімуму;
- безпечного й ефективного функціонування в різних типах програмного середовища;
- здійснення хешування алгоритму, можливість забезпечення додаткових криптографічних послуг.

Виконання цих вимог необхідне для того, щоб технічні засоби і програмне забезпечення підтримували реалізацію вибраного криптоалгоритму. В табл. 2 наведено порівняльну характеристику п'яти криптоалгоритмів за визначеними критеріями порівняння [5].

**Таблиця 2 – Порівняльна характеристика п'яти криптоалгоритмів**

| Категорія                                                                    | Serpent | Twofish | MARS | RC6 | Rijndael |
|------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|------|-----|----------|
| Крипостійкість                                                               | +       | +       | +    | +   | +        |
| Запас криптостійкості                                                        | ++      | ++      | ++   | +   | +        |
| Швидкість шифрування при програмній реалізації                               | -       | +-      | +-   | +   | +        |
| Захист від атак під час виконання і використання потужності                  | +       | +-      | -    | -   | +        |
| Захист від атак за необхідної потужності на процедуру розширення ключа       | +-      | +-      | +-   | +-  | -        |
| Захист від атак за використовуваної потужності для реалізації у смарт-картах | +-      | +       | -    | +-  | +        |
| Можливість паралельних обчислень                                             | +-      | +-      | +-   | +-  | +        |
| Можливість розширення ключа «на льоту»                                       | +       | +       | +-   | +-  | +-       |

Крипостійкість алгоритмів є достатньою – під час досліджень не було виявлено жодних атак, що реально реалізовувалися, на повноцінних версіях алгоритмів. У цьому випадку криптоаналітики, зазвичай, досліджують варіанти алгоритмів із усиченою кількістю раундів, або з деякими внесеними змінами, незначними, але які послаблюють характеристики алгоритму. Під запасом криптостійкості розуміють співвідношення повної (передбаченої в специфікаціях алгоритмів) кількості раундів і максимального з тих варіантів, проти яких діють будь-які криптоаналітичні атаки. Наприклад, за допомогою диференціально-лінійного криптоаналізу розкривається 11-раундовий Serpent, тоді як в оригінальному алгоритмі виконуються 32 раунди.

**Висновки.** Запас криптостійкості у Rijndael і RC6 дещо нижчий, ніж у решти алгоритмів. З характеристики алгоритмів видно, що всі вони підтримують розширення ключа «на льоту» (тобто підключі можуть генеруватися безпосередньо у процесі шифрування – за необхідністю), проте тільки Serpent і Twofish підтримують таку можливість без будь-яких обмежень.

Під наявністю варіантів реалізації (гнучкість) ідеться про можливість по-різному реалізовувати будь-які операції алгоритму з оптимізацією під конкретні цілі. Найпоказовішими в цьому сенсі є згадані рані-

ше варіанти процедури розширення ключа алгоритму Twofish, що дають змогу оптимізувати реалізацію алгоритму залежно, передусім, від частоти зміни ключа до критеріїв оцінки алгоритмів криптографічного захисту інформації для застосування в електронному урядуванні рекомендується вибирати алгоритм, який за інтегральним показником є найефективнішим.

Критерій «безпека» має найбільший пріоритет і здійснює найбільший вплив на отримані результати, а критерії «швидкість» і «характеристика алгоритму» є вторинними щодо «безпеки». Керуючись необхідністю забезпечення надійної безпеки алгоритмів від атак, можна сказати, що щодо безпеки MARS, Serpent і Twofish мають високий рівень захисту, але RC6 і Rijndael мають вищий і надійніший захист. RC6 і Rijndael загалом демонструють швидкість шифрування і дешифрування, вищу за середню для 128-бітних ключів, але щодо 32-бітних платформ RC6 має найбільшу швидкість. MARS має середню швидкість виконання цих дій. Для Twofish час, затрачений на шифрування і дешифрування, відрізняється, але в обох випадках рівень є вищим за середній. Serpent показав найнижчий показник порівняно з іншими алгоритмами.

Rijndael потребує невеликих затрат оперативної пам'яті і відповідно є найкращим за обмежених можливостей. Serpent також забезпечує належний рівень шифрування та дешифрування за малої оперативної пам'яті. RC6 має невелику оперативну пам'ять, що є позитивним в обмеженому просторі, але має недолік при безперервній здатності обчислення підключів для дешифрування – високу вимогу до оперативної пам'яті щодо інших алгоритмів. MARS не задовольняє вимоги за обмеженого середовища та вимагає додаткових ресурсів.

Serpent і Rijndael мають найкращу апаратну продуктивність для обох способів зворотного і незворотного зв'язку. Serpent має найвищу продуктивність у незворотному зв'язку, Rijndael пропонує найкращу ефективність роботи у зворотному зв'язку. RC6 і Twofish мають середню продуктивність, і обидва алгоритми можуть виконуватись компактно. MARS має високі вимоги і загалом його продуктивність є нижчею від середнього рівня. Під час атак на виконання добре себе проявили алгоритми Rijndael і Serpent, швидко виявляючи і запобігаючи їм. Довше і з більшою складністю виконує Twofish, а RC6 і MARS з найбільшою затратою часу і труднощам протидіють атакам. Twofish, MARS і RC6 потребують мало додаткового простору, щоб здійснювати шифрування та дешифрування. Хоч Rijndael у цьому аспекті поступається за швидкістю, але може розділяти деякі технічні засоби.

Twofish підтримує безперервне обчислення, підрахунок підключів як для шифрування, так і для дешифрування. Serpent також підтримує безперервний підрахунок підключів як для шифрування, так і для дешифрування, проте процес дешифрування вимагає одного додаткового обчислення підрахунку. Алгоритм Rijndael підтримує безперервне обчислення підключів для шифрування, але вимагає попереднього одноразового виконання повного ключового списку до ранішого дешифрування зі специфічним ключем. MARS має особливі характеристики, які є схожими до Rijndael, але додатково навантажує ресурс на MARS виконання. RC6 підтримує безперервне обчислення підключів тільки для шифрування. Кожен із алгоритмів забезпечує надійну захищеність і має певні переваги у деяких галузях порівняно з іншими. Методом аналізу ієрархій на основі нелінійної згортки критеріїв було досліджено і математично обґрунтовано вибір алгоритму Rijndael як такий, що найкраще задовольняє вимоги захисту інформації.

### Література

1. Верховна Рада України; Закон від 01.06.2010 № 2297-VI Про захист персональних даних (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2010, № 34, ст. 481). – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2297-17>.
2. Грайворонський М.В. Безпека інформаційно-комунікаційних систем [Текст] / М.В. Грайворонський, О.М. Новіков. – К.: Видавнича група BHV, 2009. – 608 с.
3. Schneier B. Applied Cryptography: Protocols, Algorithms, and Source Code in C (second Edition) [Text] / B. Schneier. – N.Y.: John Wiley & Sons, Inc., 1996. – 758 p.
4. Ногин В. Д. Принятие решения в многокритериальной среде: количественный подход [Текст] / В.Д. Ногин. – М.: Физматлит, 2002. – 144 с.
5. Алгоритмы симметричного шифрования. Ч.3. Разработка Advanced Encryption Standard (AES) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.intuit.ru/departement/security/networksec/4/5.html>.

## ВИЗНАЧЕННЯ ПРОФІЛІВ РЕФЛЕКТОРІВ СУШАРОК, ЯКІ ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ РІВНОМІРНЕ ОПРОМІНЮВАННЯ ПРОДУКТУ

Плевако В.П., д-р техн. наук, професор, Кіптела Л.В., д-р техн. наук, професор,  
Педорич І.П., ст. викладач, Загоруйко А.М., аспірант  
Харківський державний університет харчування та торгівлі, м. Харків

*Розглянуто двовимірну задачу з визначення профілів рефлекторів сушарок, які забезпечують рівномірне опромінювання продукту. Для зменшення забруднення дзеркальних поверхонь відбивачі винесені в один бік від центра лотка за межі продукту й розташовуються над і під ним.*

*The two-dimensional task, as to the defining reflectors forms dryers that provide uniform irradiation of the product. To reduce contamination of mirror surfaces, reflectors made in one direction from the center of the tray outside the product and are located above and below it.*

Ключові слова: випромінювачі, рефлектори, приймачі, опромінювання, теплові потоки.

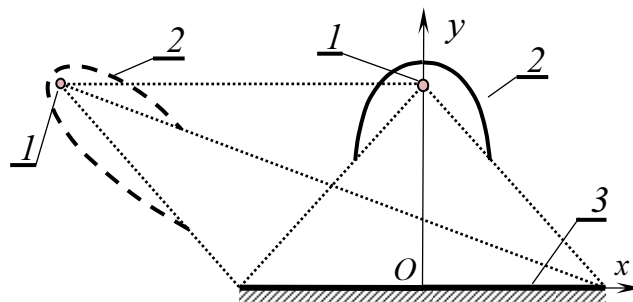
**Постановка проблеми та її зв'язок із найважливішими науковими та практичними завданнями.** Суттєвою вадою переважної більшості наявних сушарок є їхня неспроможність забезпечити рівномірне теплове опромінювання усіх точок поверхні продукту, який підлягає сушінню, а це, у свою чергу, призводить до погіршення якості кінцевої продукції та значних перевитрат енергії.

Розвідка присвячена такій проблемі: треба визначити профілі двох рефлекторів сушарки, які забезпечують однакове сумарне теплове опромінювання в усіх точках поверхні плоского приймача.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У працях [1-3] розглядалися теплові системи з одним випромінювачем та рефлектором. Було розв'язано низку так званих «обернених задач» із визначення можливих форм перетинів відбивачів теплових променів, які дозволяють отримати рівномірне опромінювання поверхні продукту. Розв'язання задач отриманих в двовимірній постановці, заснованих на заміні реальних тривимірних схем розповсюдження інфрачервоних променів умовними двовимірними, коли промені поширюються в площинах, які нормальні до осей випромінювачів. Загальне обґрунтування допустимості такого підходу до розв'язання поставлених задач було зроблено в праці [4].

Під час досліджень довелося вирішувати й ще одну проблему, яка полягала в наступному: якщо рефлектор розташувати над робочою поверхнею, то він почне швидко забруднюватися випаровуваннями й вкриватися шаром суги, що значно погіршує якість роботи сушарки. Щоб уникнути цього, було запропоновано винести рефлектор за край приймача теплової енергії, але відразу ж виникла інша проблема – як показали розрахунки, чим далі виносився рефлектор вбік від центру робочої поверхні, тим більше він «стискувався» й за формою починав нагадувати латинську літеру U з наближеними один до одного кінцями.

Це твердження добре ілюструється на рис. 1, де цифрами 1 позначено лінійні випромінювачі, 2 – рефлектори, 3 – робоча поверхня.



**Рис. 1 – Зміна форми рефлектора за його зміщення від центру робочої поверхні**

Зробити такий рефлектор можна, але він буде дуже чутливим до неточностей у формі, що неминуче виникають під час виготовлення, й картина розповсюдження теплових променів може суттєво спотворитися. Частково позбавитися такої вади можна, якщо встановити ще й додаткове дзеркало [5-6].

Теплова установка з одним випромінювачем має обмежену потужність, а, отже, не завжди може забезпечити потрібний тепловий потік, що потрапляє на робочу поверхню.

У праці [3] вивчалася робота теплової установки з двома випромінювачами й рефлекторами. Із наведених вище міркувань, рефлектори виносилися за краї робочої поверхні, що призводило до збільшення за шириною розмірів сушарки.

У цій розвідці вивчається робота двокамерної сушарки, схема якої наведена на рис. 2 (корпус сушарки не показаний). На відміну від праці [3], випромінювачі 1 й рефлектори 2 винесені за межі робочої поверхні в один бік, а продукт, що підлягає сушінню, лежить на сітчастому лотку 3, тобто прогривається згори й знизу.

Такий підхід виявився вельми ефективним – він дозволив піддати сушінню більш товстий шар продукту й одночасно призвів до зменшення розмірів конструкції.

Для пришвидшення процесу ще було запропоновано в нижню камеру підводити повітря, яке, після прогріву на нижній поверхні лотка, має проходити через продукт у горішню камеру й інтенсивно висушувати його, після чого виходити назовні.

**Викладення основного матеріалу.** Розглянемо обернену задачу з визначення профілів рефлекторів теплотехнічної установки, переріз якої наведено на рис. 2 (цифрові позначення елементів теплотехнічної установки збігаються з ужитими на рис. 1).

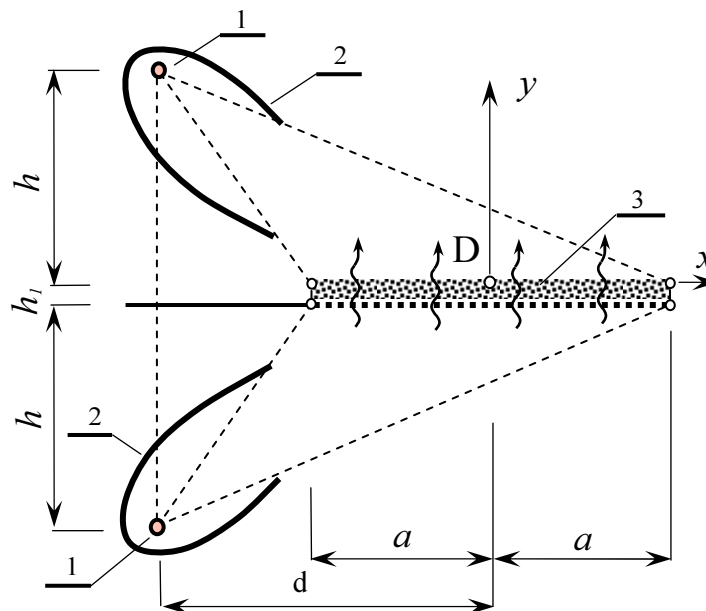


Рис. 2 – Розрахункова схема сушарки

Будемо вважати, що кожний із рефлекторів забезпечує однакове опромінювання або поверхні продукту, або низу лотка.

Введемо такі позначення:  $a$  – ширина лотка,  $h$  – висота розташування випромінювачів над поверхнею лотка з продуктом,  $h_1$  – товщина заповненого лотка,  $d$  – віддаль у поземному напрямі від середини лотка до випромінювачів.

Спираючись на висновки, які зроблено в праці [4], усі дослідження будемо вести в пласкій постановці, а втрати частини енергії теплових променів на шляху від випромінювачів до лотка нехтуватимемо – ці втрати мало впливають на форму рефлекторів (див. працю [7]).

Із сказаного випливає, що рефлектори повинні мати однаковий профіль і нам достатньо визначити параметри одного з них. Нехай це буде горішній рефлектор.

Для подальших досліджень проведемо осі  $O_1x$ ,  $O_1y$  так, як це показано на рис. 2.

Очевидно, що густина опромінювання робочої поверхні горішнім рефлектором  $q = \text{const}$  складається з двох величин:

$$q = q_1(x) + q_2(x), \quad (1)$$

де  $q_1(x)$  – густина опромінювання поверхні продукту променями, що приходять безпосередньо від випромінювача, оминаючи рефлектор;

$q_2(x)$  – густина опромінювання продукту променями, які віддзеркалилися від рефлектора.

Нехай один погонний метр випромінювача щосекунди випромінює  $Q$  одиниць теплової енергії. Тоді, якщо знехтувати втратами енергії на шляху від джерела до приймача, густина опромінювання робочої поверхні має дорівнювати:

$$q = \frac{Q}{2a}. \quad (2)$$

Згідно з працею [4]  $p, p_1(\xi), p_2(\xi)$  ( $\xi = x/a$ ),

$$q_1(x) = \frac{Qh}{2\pi[(x+a)^2 + h^2]}. \quad (3)$$

Як і в усіх цитованих працях, перейдемо від густин  $q, q_1(x), q_2(x)$  до безрозмірних величин  $p, p_1(\xi), p_2(\xi)$  ( $\xi = x/a$ ), які називатимемо «функціями опромінювання». Для цього покладемо

$$q = \frac{Q}{2a} \cdot p, \quad q_1(x) = \frac{Q}{2a} \cdot p_1(\xi), \quad q_2(x) = \frac{Q}{2a} \cdot p_2(\xi) \quad (4)$$

та введемо такі безрозмірні параметри:

$$k = \frac{h}{a}, \quad \delta = \frac{d}{a}. \quad (5)$$

Тоді з наведених залежностей випливає

$$p = 1, \quad p_1(\xi) = \frac{k}{\pi} \cdot \frac{1}{(\xi - \delta)^2 + k^2}, \quad p_2(\xi) = 1 - p_1(\xi) \quad (6)$$

Рисунок 3 ілюструє, як змінюються функції опромінювання за зміни  $\xi$  ( $-1 \leq \xi \leq 1$ ) у разі, коли  $\delta = 2$  й  $k = \sqrt{3}$

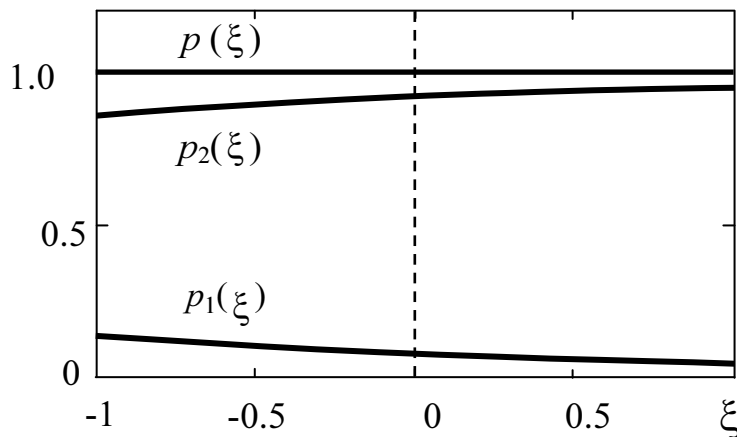


Рис. 3 – Характер зміни функцій опромінювання

Тепер, коли характер зміни функцій опромінювання відомий, можна перейти до визначення профілю рефлектора. Для цього розглянемо рух віддзеркалених променів і припустимо, що в довільну точку  $K$  поверхні продукту з відносною координатою  $\xi$  (див. рис. 4) потрапляє промінь, який відбився від точки  $M$  рефлектора.

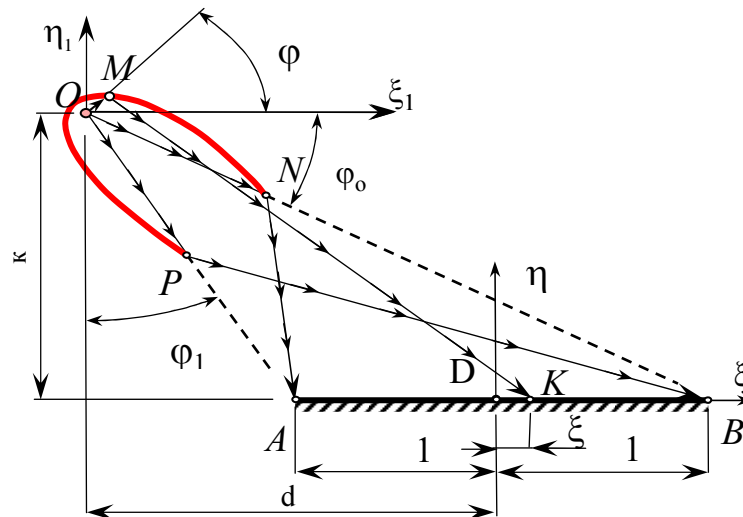


Рис. 4 – Схема руху віддзеркалених від рефлектора променів

Положення точки  $M$  можна характеризувати двома координатами –  $\rho$  і  $\varphi$ , де радіус  $\rho$  є безрозмірною величиною.

Змінні  $\rho, \varphi$  і  $\xi$  пов'язані між собою такою диференціальною залежністю [2]:

$$\frac{d\rho}{d\xi} = -\rho \frac{(\rho_1 - \rho) \cdot \cos \varphi + \xi + \delta}{(\rho_1 + \rho) \cdot \sin \varphi + k} \cdot \psi, \quad (7)$$

де

$$\rho_1 = \sqrt{(\rho \cos \varphi - \xi)^2 + (\rho \sin \varphi + k)^2}, \quad \psi = \frac{d\varphi}{d\xi}.$$

Ця залежність може стати диференціальним рівнянням, якщо вдається встановити зв'язок між кутною координатою « $\varphi$ » і лінійною « $\xi$ ».

Таким зв'язком можна просто задаватися. Тоді кожному вибраному способу потрапляння відбитих променів на робочу поверхню відповідатиме своя форма профілю рефлектора.

Розглянемо один із найпростіших. Для цього почнемо монотонно рухати точку  $M$  у бік збільшення  $\varphi$  (тобто проти ходу годинникової стрілки) так, щоб вона пробігла весь контур рефлектора від точки  $N$  і до  $P$ . При цьому будемо вважати, що точка  $K$  поверхні продукту, туди потрапляє відбитий промінь, теж буде рухатися монотонно, починаючи від  $A$  й до  $B$ .

Енергія, яка випромінюється за 1 секунду одним погонним метром випромінювача в куті  $\angle NOM$ , дорівнює:

$$\frac{Q}{2\pi} \cdot (\varphi + \varphi_0) = \frac{Q}{2\pi} \cdot (\varphi + \arctan \frac{k}{\delta + 1}). \quad (8)$$

Якщо втрат енергії на шляху до продукту нема, то вона вся потрапляє на ділянку  $AK$  і може бути обчислена так:

$$\int_{-a}^x q_2(x) dx = \frac{Q}{2a} \cdot \int_{-1}^{\xi} p_2(\xi) d\xi, \quad (9)$$

де  $p_2(\xi)$  треба взяти з залежностей (6).

Прирівнюючи вирази (8) і (9) та беручи інтеграл від  $p_2(\xi)$ , остаточно знаходимо

$$\varphi(\xi) = \pi(\xi + 1) - \varphi_0 - \arctan \frac{k(\xi + 1)}{(\delta - 1) \cdot (\xi + \delta) + k^2} \quad (10)$$

$$\left( \varphi_0 = \arctg \frac{k}{\delta + 1} \right)$$

Рівняння (7) розв'язувалося методом Рунге-Кутта для випадку, коли  $\delta = 2$  та  $k = \sqrt{3}$ , та двох початкових значень  $\rho = \rho_N$ , а саме:

$$\rho_N = 1; \rho_N = 0,75$$

На рисунку 5 у відповідності до цих значень наведено можливі форми рефлекторів сушарки.

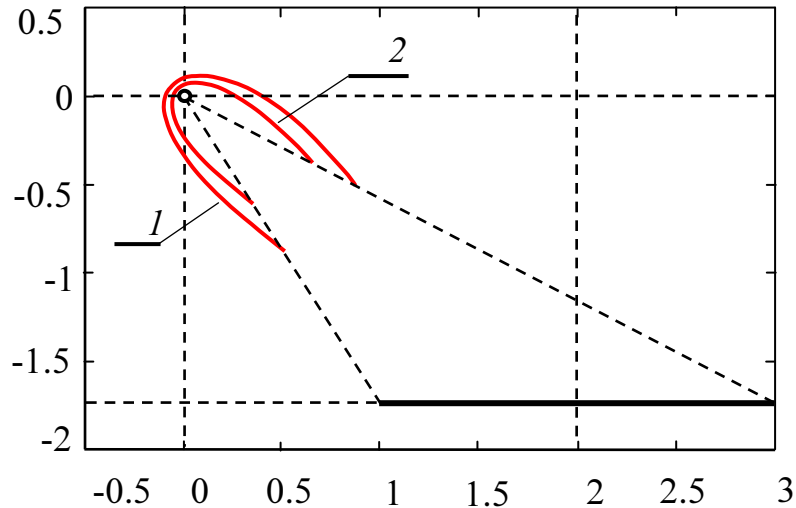


Рис. 5 – Можливі форми рефлекторів

Крива 1 відповідає випадку, коли  $\rho_N = 1$ , а  $2 - \rho_N = 0,75$  (вздовж осей координат відкладено відносні розміри).

На рисунку 6 представлена схема руху теплових променів у сушарці, що віддзеркалилися від рефлектора).

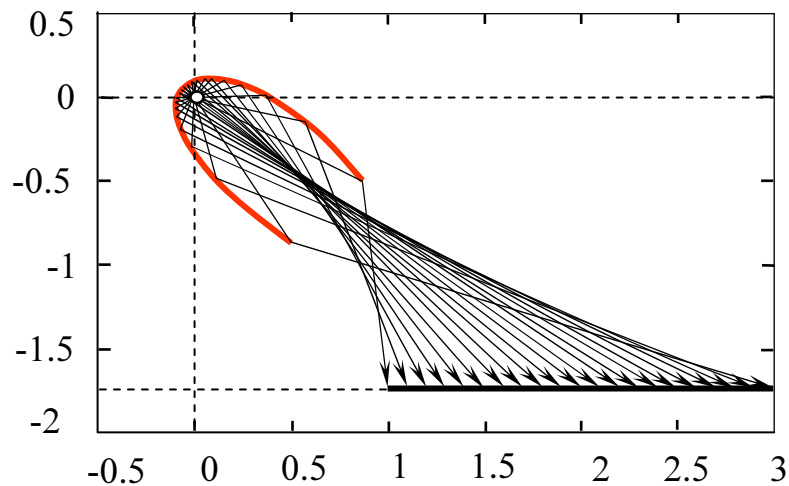


Рис. 6 – Схема руху теплових променів, що віддзеркалилися від рефлектора

На рисунку 7 наведено рух теплових променів, що потрапляють на робочу поверхню (лотік із продуктом), оминаючи рефлектор.

Отже, поставлену задачу розв'язано.

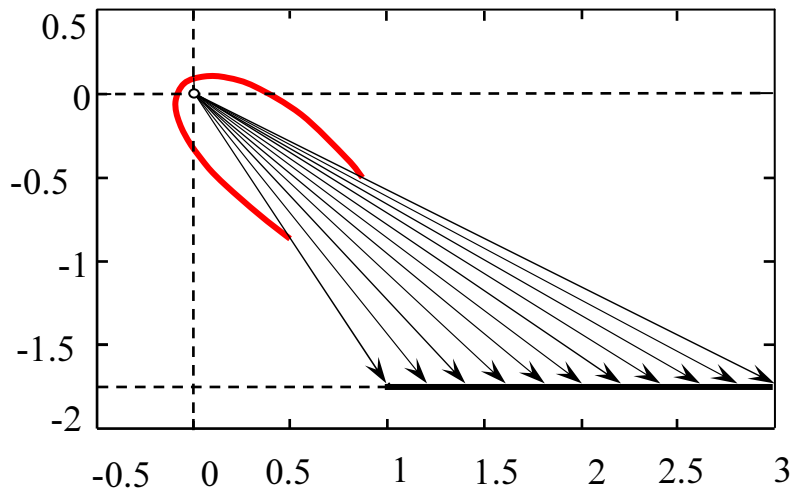


Рис. 7 – Схема руху теплових променів, що потрапляють на робочу поверхню, оминаючи рефлектор

**Висновки.** Розроблено методику визначення профілів рефлекторів сушарок, які забезпечують рівномірне опромінювання продукту сушіння. На відміну від конструкцій, які вивчалися раніше, у запропонованій експериментальній ІЧ-сушарці встановлено два рефлектори: один над лотком з продуктом, а другий – під. Для зменшення забруднення дзеркальних поверхонь сугою рефлектори винесено в один бік поза межі простору над і під лотком.

**Перспектива подальших досліджень.** У подальшому планується розробити алгоритм визначення профілів рефлекторів сушарок, за умови втрат частини теплової енергії на поглинання з подальшим випромінюванням її частини в довкілля.

#### Література

1. Плевако В.П. Визначення форми рефлектора для рівномірного обігрівання плоскої поверхні [Текст] / В.П. Плевако, С.Ю. Саенко // Сучасні проблеми геометричного моделювання: [матеріали]: між нар. наук.-прак. конф. 20-23 жовтня. – Львів, 2003. – С. 191–194.
2. Плевако В.П. Визначення форм рефлекторів теплотехнічних установок, які забезпечують заданий розподіл тепла на приймачах довільних перерізів [Текст] / В.П. Плевако, С.Ю. Саенко // Геометричне та комп'ютерне моделювання: зб. наук. праць. – Харків, 2007. – Вип. 17. – С. 75–90.
3. Плевако В.П. Визначення форм рефлекторів теплотехнічних установок [Текст] / В.П. Плевако, І.П. Педорич // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. праць. Донецький нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. – Донецьк, 2009. – Вип. 22. – С. 273–281.
4. Плевако В.П. Доведення доцільності розрахунку теплотехнічних систем у плоскій постановці [Текст] / В.П. Плевако, С.Ю. Саенко // Геометричне та комп'ютерне моделювання: зб. наук. праць. – Харків, 2008. – Вип. 21. – С. 20–29.
5. Плевако В.П. Визначення профілю рефлектора теплотехнічної установки, яка має додаткову відбивальну поверхню [Текст] / В.П. Плевако, В.А. Куценко, І.П. Педорич // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. Харк. держ. ун-та харчування та торгівлі; – Харків, 2011. – Вип. 1 (13). – С. 116–123.
6. Плевако В.П. Алгоритм визначення раціональних форм рефлекторів сушарок [Текст] / В.П. Плевако, В.А. Куценко, І.П. Педорич // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. праць. Донецький нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. – Донецьк, 2012. – Вип. 29. – С. 100–107.
7. Плевако В.П. «Геометричне моделювання поверхні рефлектора з урахуванням втрат теплоти. Геометрія та інженерна графіка» / Плевако В.П., Костенко С.М., Педорич І.П. Праці таврійський державний агротехнічний університет. – Мелітополь: ТДАТУ, 2010. – Вип. 4, Т. 47. – С. 51–60.
8. Плевако В.П. Визначення форми відбивача ІЧ установки з урахуванням випромінювання частини енергії в довкілля [Текст] / В.П. Плевако, С.Ю. Саенко // Геометричне та комп'ютерне моделювання: зб. наук. праць. – Харків, 2004. – Вип. 6. – С. 23–32.



## ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ ІНЕРЦІЙНО-ФІЛЬТРУВАЛЬНИХ СЕПАРАТОРІВ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

Аль Раммахі Мустафа М.М., Логвин А.В., Ляпошенко О.О., Склабінський В.І.  
Сумський державний університет, м. Суми

*У статті розглянуто основні проблеми розрахунку газосепараторів інерційно-фільтрувального типу, проведено математичне моделювання та узагальнення результатів, які є основою для розрахунку швидкості руху газового потоку.*

*The paper considers the problem of calculating the basic inertial separators, filter type, mathematical modeling and synthesis results, which are the basis for calculating the velocity of the gas stream.*

Ключові слова: газосепаратор, суміш, розділення, харчова промисловість.

При роботі харчових виробництв інколи виникає необхідність розділення газорідних сумішей, для дотримання вимог технологічного процесу або екологічних норм, тому теоретичні дослідження гідродинаміки потоків в ІФ сепараторах мають за мету удосконалення форми сепараційних елементів та виявлення впливу параметрів потоку на процес розділення газорідних сумішей.

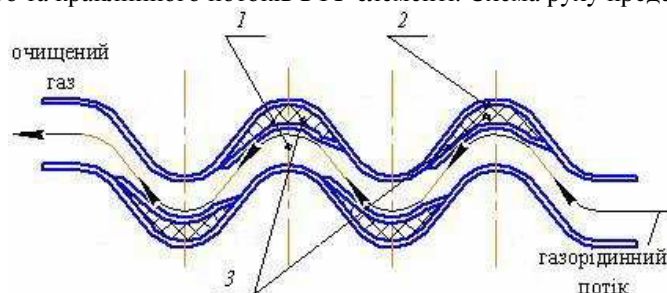
У якості основних методів розділення газорідних сумішей застосовуються сепаратори інерційного типу [1], які мають високу продуктивність, але невисоку якість розділення. Для видалення високодисперсної вологи застосовуються звичайні фільтри або фільтри-коалесцери [2], що дозволяють отримати ступінь очищення до 99,99 %, але при цьому апарати такого типу не можуть забезпечити обробку значних об'ємів сировини. Часто зустрічаються конструкції, що мають два або більше ступенів розділення [3,4] наприклад інерційна та фільтрувальна секції. Поєднання в одному апараті таких пристроїв послідовно призводить до значного збільшення гідравлічного опору та проблем при підбиранні ефективних режимів роботи. Для вирішення вищезазначених проблем були винайдені ІФ сепараційні елементи [5], які дозволяють обробляти значні об'єми газової фази, при збереженні малого гідравлічного опору і досягненні високого ступеня розділення. Оскільки цей вид організації потоків є новим, то постає необхідність у теоретичному дослідженні гідродинаміки руху потоків у елементі.

В основу теоретичного дослідження покладено такі припущення:

— внаслідок малої концентрації вологи (до  $200 \text{ г/м}^3$ ) основний енергетичний вклад при русі потоків має газова фаза, тому закономірності її руху необхідно дослідити в першу чергу;

— припускаємо, що середня відстань між краплинами значно більша діаметра краплини. На підставі цього взаємодією між краплинами, а саме дифузійним та гідродинамічним впливом можна знехтувати [6].

Розглянемо рух газового та краплинного потоків в ІФ елементі. Схема руху представлена на рис. 1.



1 – газорідний потік; 2 – жалюзі; 3 – фільтрувальні елементи

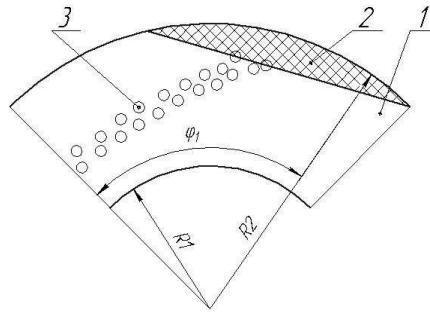
Рис. 1 – Траєкторія руху потоків у інерційно-фільтрувальному сепараційному елементі

У жалюзійний пакет підводиться газорідний потік, що містить високодисперсну краплинну рідину, який направляється в криволінійні сепараційні канали, утворені зовнішніми поверхнями гофрованих пластин 2, при проходженні яких, під дією інерційних сил, траєкторія руху краплин рідини, які рухаються зі значною швидкістю, відхиляється від скривленої лінії струму газового потоку, що обгинає криволінійні поверхні стінок каналів, і краплі рідини направляються в шар смуг 3 із волокнистого матеріалу, де внаслідок інерційного зіткнення й ефекту торкання відбувається захоплення краплин, далі, у результаті протікання вторинних процесів осадження крапель, що знов надходять на вже осаджених та капілярних

явищ у волокнистому матеріалі, відбувається збільшення середнього розміру часток дисперсної фази та проводиться наступне їхнє гравітаційне осадження. Вловлена волога стікає плівкою по внутрішніх поверхнях гофрованих пластин, і відводиться з пристрою.

Опис гідродинаміки руху газового потоку включає перелік змінних, котрі характеризують нестационарність стану системи у кожній точці досліджуваного зразка та у певний час проведення процесу. Але ключовими елементами, котрі надають основну картину процесів, є поле швидкостей. Для знаходження цих параметрів доцільно спиратися на перевірені фундаментальних залежностях, тільки тоді є достатня вірогідність отримання достовірних результатів. Тому за основу було покладено рівняння Нав'є-Стокса та рівняння нерозривності [7].

Для більш коректної постановки задачі і з урахуванням особливостей конструкції досліджуваних елементів для розрахунку обрано циліндричну систему координат:



$\varphi_1$  – кутова координата;  $R1$  та  $R2$  – граничні радіуси каналу; 1 – газовий потік; 2 – фільтруючий елемент; 3 – крапельний потік

**Рис. 2 – Схема параметрів розрахункової схеми та потоків**

Для адаптації загальної задачі до конкретних умов був прийнятий ряд спрощень та припущень:

— внаслідок малого перетoku між горизонтальними шарами течії ( $V_z \ll V_r, V_\varphi$ ) вважаємо, що течія є

двовимірною:  $V_z=0, \frac{\partial}{\partial z}=0$ ;

— оскільки процес є стаціонарним, то параметри не залежать від часу:  $\frac{\partial}{\partial t}=0$ ;

— враховуючи невеликий розмір ширини сепараційного каналу, зміною тиску за радіусом можна

знехтувати:  $\frac{\partial P}{\partial r}=0$ ;

— граничними умовами є умова прилипання:  $V_\varphi(R1, \varphi) = V_\varphi(R2, \varphi) = V_r(R1, \varphi) = V_r(R2, \varphi)$ ;

— при розгляді рівнянь Нав'є-Стокса, враховуючи турбулентний рух, замість коефіцієнта динамічної в'язкості застосовуємо коефіцієнт турбулентної в'язкості « $\varepsilon$ », згідно з теорією Бусінеска [8].

Беручи до уваги вищезазначені умови проводимо спрощення вихідних рівнянь та отримуємо в результаті таку систему:

$$\begin{cases} \frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{V_r}{r} = 0 \\ V_r \frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{V_\varphi}{r} \frac{\partial V_r}{\partial \varphi} - \frac{V_\varphi^2}{r} = \varepsilon \left( \frac{\partial^2 V_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V_r}{\partial \varphi^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_r}{\partial r} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial V_\varphi}{\partial \varphi} - \frac{V_r}{r^2} \right), \\ V_\varphi \frac{\partial V_\varphi}{\partial r} + \frac{V_\varphi}{r} \frac{\partial V_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{V_\varphi V_r}{r} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial \varphi} + \varepsilon \left( \frac{\partial^2 V_\varphi}{\partial r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V_\varphi}{\partial \varphi^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_\varphi}{\partial r} + \frac{2}{r^2} \frac{\partial V_r}{\partial \varphi} - \frac{V_\varphi}{r^2} \right), \end{cases} \quad (1)$$

де  $\varepsilon$  – коефіцієнт турбулентної в'язкості газу, Па·с;  $r$  – координата радіуса руху потоку, м;  $\varphi$  – кутова координата руху потоку, рад.

— враховуючи турбулентний режим руху газу – складові швидкості мають не лінійну залежність від геометричних параметрів ( $r, \phi$ ) [9]. Це дає змогу із достатньою для інженерних розрахунків точністю отримати рівняння, що описує приблизне рішення у такому вигляді:

$$V_{\phi}(r, \phi) = Ar^2 + Br\phi + Cr + F\phi \quad (2)$$

де  $A, B, C, F$  є функціями від  $R_1, R_2, \phi, Q$ .

Далі, вирішуючи рівняння нерозривності, знаходимо значення для  $V_r$ :

$$V_r(r, \phi) = -\frac{B \cdot r}{2} - F + \frac{\frac{1}{2}B \cdot R_2^2 + F \cdot R_2}{r} \quad (3)$$

Враховуючи, що об'ємна витрата газу є функцією  $V_{\phi}$  маємо:

$$Q = \frac{A(R_1^3 - R_2^3)}{3} + \frac{(B\phi + C)(R_1^2 - R_2^2)}{2} + F\phi(R_1 - R_2) \quad (4)$$

Отримавши вирази (3) і (4), складаємо систему алгебраїчних рівнянь та отримуємо вирази для коефіцієнтів рівнянь:

$$F := \frac{6QR_2R_1}{\phi(-R_1^3 + R_2^3 + 3R_1^2R_2 - 3R_1R_2^2)} \quad (5)$$

$$A = \frac{6Q}{-R_1^3 + R_2^3 + 3R_1^2R_2 - 3R_1R_2^2} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} C = & -(6QR_2 - \frac{1}{-R_2^4 + r^4})(-12QR_1R_2^4 + 6R_2^3QrR_1 + 4R_2^3\phi\epsilon r^2 - 12\phi\epsilon r^2R_1R_2^2 + 12R_2\phi\epsilon r^2R_1^2 \\ & + 6R_2Qr^3R_1 - 4R_1^3 + 2(-36R_2^4Q^2r^6\phi^2 - 36R_2^6Q^2r^4\phi^2 + 9R_2^2Q^2r^6R_1^2 + 4\phi^2\epsilon^2r^4R_1^6 \\ & - 36Q^2R_1^2R_2^5r^3 + 9R_2^6Q^2r^2R_1^2 + 54R_2^4Q^2r^4R_1^2 + 4R_2^6\phi^2\epsilon^2r^4 + 72R_2^5Q^2r^5\phi^2 - 36r^5Q^2R_2^3R_1^2 \\ & - 72r^9Q^2\phi^2R_1 + 36r^8Q^2\phi^2R_2^2 - 72r^9Q^2\phi^2R_2 + 36r^8Q^2\phi^2R_1^2 + 72R_2^6Q^2r^3\phi^2R_1 \\ & - 24QR_1R_2^7\phi\epsilon r^2 - 144R_2^5Q^2r^4\phi^2R_1 + 36r^{10}Q^2\phi^2 + 72R_1^2R_2^6\phi\epsilon r^2 - 72QR_1^3R_2^5\phi\epsilon r^2 \\ & + 24QR_1^4R_2^4\phi\epsilon r^2 + 12R_2^6Qr^3R_1\phi\epsilon - 36R_2^5Qr^3R_1^2\phi\epsilon + 36R_2^4Qr^3R_1^3\phi\epsilon - 12R_2^3Qr^3R_1^4\phi\epsilon \\ & - 24R_2^5\phi^2\epsilon^2r^4R_1 + 60R_2^4\phi^2\epsilon^2r^4R_1^2 + 6R_2^4\phi\epsilon r^5QR_1 - 80R_2^3\phi^2\epsilon^2r^4R_1^3 + 18R_2^2\phi\epsilon r^5R_1^3Q \\ & - 24R_2\phi^2\epsilon^2r^4R_1^5 - 6R_2Qr^5R_1^4\phi\epsilon - 18\phi\epsilon r^5R_1^2R_2^3Q + 60\phi^2\epsilon^2r^4R_1^4R_2^2 - 36R_2^6Q^2r^2\phi^2R_1^2 \\ & + 6R_2^8Q\epsilon rR_1\phi + 18R_2^6Q\epsilon rR_1 + 72R_2^5Q^2r^3\phi^2R_1^2 - 6R_2^5Q\epsilon rR_1^4\phi + 72R_2^4Q^2r^5\phi^2R_1 \\ & - 18R_2^7Q\epsilon rR_1^2\phi - 36R_2^4Q^2r^4\phi^2R_1^2 + 36r^6Q^2\phi^2R_2^2R_1^2 - 72r^7Q^2\phi^2R_2^2R_1 + 144r^8Q^2\phi^2R_1R_2 \\ & - 72r^7Q^2\phi^2R_2R_1^2)^{1/2}) + 6QR_1)/(-R_1^3 + R_2^3 + 3R_1^2R_2 - 3R_1R_2^2) \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned}
 B = & -\frac{1}{(-R_2^4 + r^4)(R_2 - R_1)^3 \phi} (-12QR_1R_2^4 + 6R_2^3QrR_1 + R_2^3\phi\epsilon r^2 - 12\phi\epsilon r^2R_1R_2^2 + 12R_2\phi\epsilon r^2R_1^2 \\
 & + 6R_2Qr^3R_1 - 4\phi\epsilon r^2R_1^3 + 2(-36R_2^4Q^2r^6\phi^2 - 36R_2^6Q^2r^4\phi^2 + 9R_2^2Q^2r^6R_1^2 + 4\phi^2\epsilon^2r^4R_1^6 - 36Q^2R_1^2R_2^5r^3 \\
 & + 9R_2^6Q^2r^2R_1^2 + 54R_2^4Q^2R_1^2 + 4R_2^6\phi^2\epsilon^2r^4 + 72R_2^5Q^2r^5\phi^2 - 36r^5Q^2R_2^3R_1^2 - 72r^9Q^2\phi^2R_1 + 36r^8Q^2\phi^2R_2^2 \\
 & - 72r^9Q^2\phi^2R_2 + 36r^8Q^2\phi^2R_1^2 + 72R_2^6Q^2r^3\phi^2R_1 - 24QR_1R_2^7\phi\epsilon r^2 - 144R_2^5Q^2r^4\phi^2R_1 + 36r^{10}Q^2\phi^2 \\
 & + 72QR_1^2R_2^6\phi\epsilon r^2 - 72QR_1^3R_2^5\phi\epsilon r^2 + 24QR_1^4R_2^4\phi\epsilon r^2 + 12R_2^6Qr^3R_1\phi\epsilon - 36R_2^5Qr^3R_1^2\phi\epsilon + 36R_2^4Qr^3R_1^3\phi\epsilon \quad (8) \\
 & - 12R_2^3Qr^3R_1^4\phi\epsilon - 24R_2^5\phi^2\epsilon^2r^4R_1 + 60R_2^4\phi^2\epsilon^2r^4R_1^2 + 6R_2^4\phi\epsilon r^5QR_1 - 80R_2^3\phi^2\epsilon^2r^4R_1^3 + 18R_2^2\phi\epsilon r^5R_1^3Q \\
 & - 24R_2\phi^2\epsilon^2r^4R_1^5 - 6R_2Qr^5R_1^4\phi\epsilon - 18\phi\epsilon r^5R_1^2R_2^3Q + 60\phi^2\epsilon^2r^4R_1^4R_2^2 - 36R_2^6Q^2r^3\phi^2R_1^2 + 6R_2^8Q\epsilon rR_1\phi \\
 & + 18R_2^6Q\epsilon rR_1^3\phi + 72R_2^5Q^2r^3\phi^2R_1^2 - 6R_2^5Q\epsilon rR_1^4\phi + 72R_2^4Q^2r^5\phi^2R_1 - 18R_2^7Q\epsilon rR_1^2\phi - 36R_2^4Q^2r^4\phi^2R_1^2 \\
 & + 36r^6Q^2\phi^2R_2^2R_1^2 - 72r^7Q^2\phi^2R_2R_1 + 144r^8Q^2\phi^2R_2R_1 - 72r^7Q^2\phi^2R_2R_1^2)^{1/2})
 \end{aligned}$$

Отримані вирази дозволяють побудувати графіки складових швидкостей у кожній точці ІФ елемента:

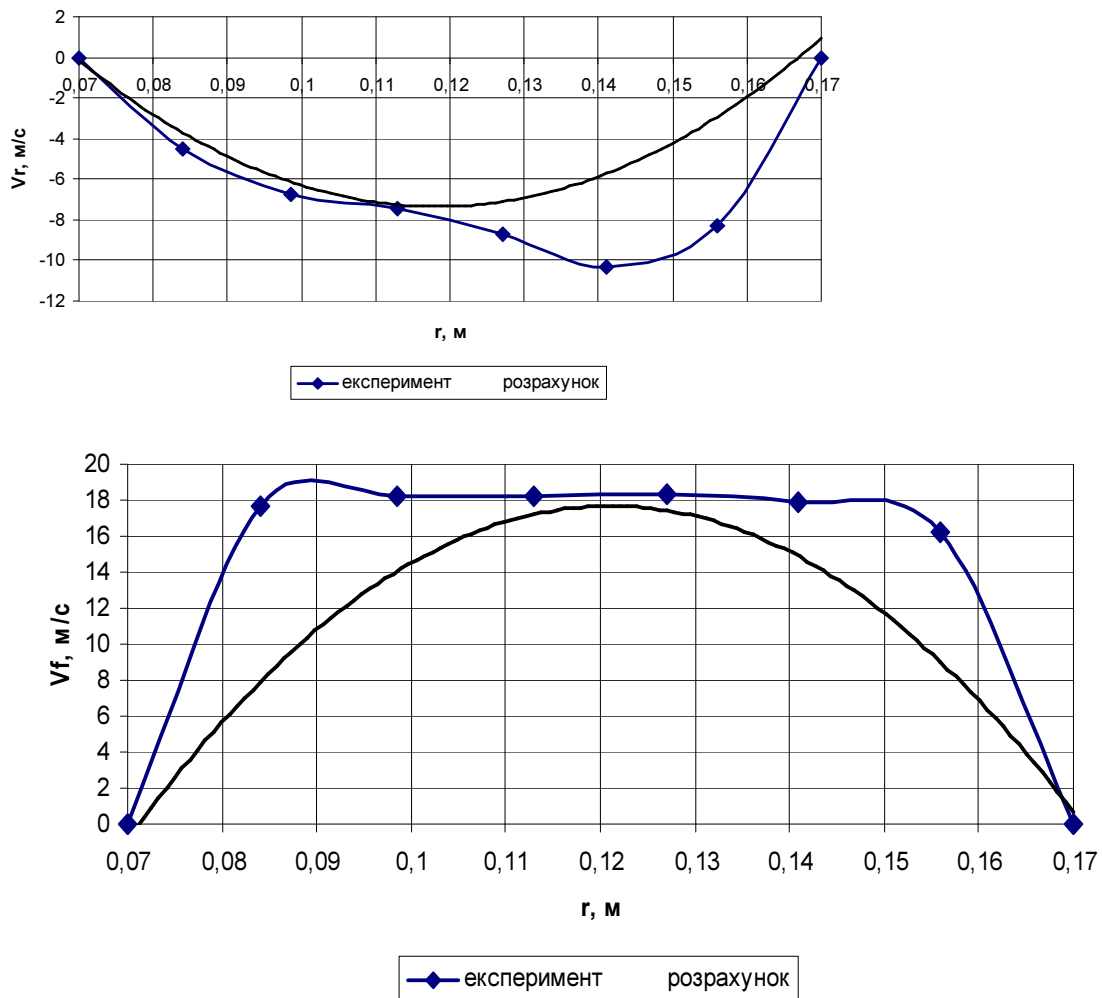


Рис. – 3 Приклади графічних залежностей складових швидкості в поперечному перерізі ІФ елемента, де  $Q=0.414 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $\phi_1=45^\circ$ ,  $\phi=60^\circ$ ,  $R_1=0.07 \text{ м}$ ,  $R_2=0.17 \text{ м}$ ,  $\epsilon=0.005$ ,  $V_{f1}=18.04 \text{ м/с}$ .

Враховуючи все вищезазначене та отримані аналітичні і графічні залежності, ми можемо визначити гідродинамічні параметри руху газового потоку в кожній точці ІФ елемента.

## Література

1. Синайский Э.Г., Лапица Е.Я., Зайцев Ю.В., Сепарация многофазных многокомпонентных систем – М., ОАО «Недра-Бизнесцентр», 2002. – 621 с.
2. Кириш А.А., Будыка А.К., Кириш В.А. Фильтрация аэрозолей волокнистыми материалами / Российский химический журнал. 2008, Т. LII, – № 5, – С. 97–102.
3. Гужов А.И. Сбор, транспорт и хранение природных углеводородных газов / А.И. Гужов, В.Г. Титов, В.Ф. Медведев, В.А. Васильев. – М.: Недра, 1978. – 406 с.
4. Зиберт К.Г., Подготовка и переработка углеводородных газа и конденсата. – М., ОАО «Недра-Бизнесцентр», 2001. – 316 с.
5. Декл. пат. № 69701 А Україна, МПК 7 B01D45/04. Спосіб вловлювання високодисперсної краплинної рідини з газорідного потоку і пристрій для його здійснення / В.І. Склабінський, О.О. Ляпошенко, заявка № 20031110451, заявлено 20.11.2003, надрук. 15.09.2004, Бюл. № 9, 2004.
6. Яламов Ю.И., Голикова Н.Н. Теория движения крупных капель бинарных концентрированных растворов в неоднородной по температуре трехкомпонентной газовой смеси / Журнал технической физики. – 2006, Т. 76, – № 2, С. 30-35.
7. Кочин Н.Е., Теоретическая гидромеханика, Часть 1,2 / Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. – М.: Физматгиз, – 1963. – 584 с.
8. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. Изд. 6-е. – М.: Наука, – 1987.
9. Корбут В.П., Паладиенко Ю.В. Движение и теплообмен при естественной турбулентной конвекции в плоском вертикальном канале с ассиметричным нагревом стенок / Тепло- и массообменные процессы и аппараты. – 1992, Т. 14, – № 4-6, С. 55-60.

УДК 664.046

## ЛАМИНАРНОЕ ТЕЧЕНИЕ ТОНКОГО СЛОЯ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ ПО НАКЛОННОЙ ПОВЕРХНОСТИ В КАНАЛЕ С ГАЗОВЫМ ПОТОКОМ

Кирилов В.Х., д-р техн. наук, профессор, Худенко Н.П., канд. техн. наук, доцент  
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

*Рассматривается ламинарное безволновое течение тонкого слоя жидкости по наклонной поверхности при контактном гидродинамическом взаимодействии с газовым потоком. На основании уравнений пограничного слоя получены распределения скорости и давления в жидкости, а также алгебраическое уравнение третьей степени относительно толщины жидкостного слоя. Представлена графическая информация относительно влияния наклона рабочей поверхности и контактного воздействия потока газа на интегральные характеристики течения плёнки жидкости*

*We consider the laminar waveless for thin layer of liquid on an inclined surface in contact with the hydrodynamic interaction of the gas flow. On the basis of the boundary layer equations obtained the distribution of velocity and pressure in the liquid, as well as an algebraic equation of the third degree in the thickness of the liquid layer. Graphic information is presented regarding the influence of tilting work surface and contact exposure of the gas flow on the integral characteristics of the flow of a liquid film*

Ключевые слова: плёнка жидкости, уравнения пограничного слоя, ламинарное течение жидкости и турбулентное движение газа, касательное и нормальное напряжения, коэффициент гидравлического сопротивления.

### 1 Теоретические исследования

Одним из прогрессивных способов взаимодействия фаз в контактных теплообменных аппаратах является осуществление контактирования фаз при пленочных течениях жидкостей. Пленочные тепло- и массообменные аппараты получили широкое распространение во всех отраслях пищевой промышленности [2].

В общем случае математическая модель течения пленки жидкости в контакте с газовым потоком (рис.1) представляется следующей системой уравнений и граничных условий [1]:

уравнения движения пленки жидкости

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + g \sin \beta \\ \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + g \cos \beta &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

уравнение неразрывности

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0. \quad (2)$$

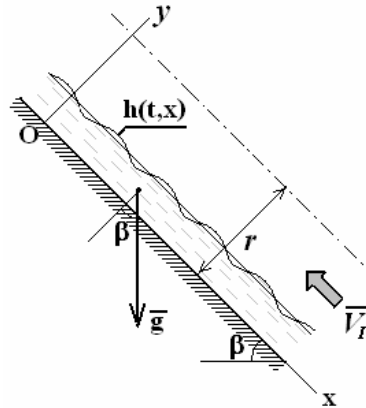


Рис. 1 – Схема течения пёнки жидкости в контакте с потоком газа

Граничные условия:

1) на наклонной поверхности при  $y = 0$  —  $u = v = 0$  (условие прилипания); (3)

2) на свободной поверхности при  $y = h(t,x)$ ; —

— кинематическое условие (частицы жидкости остаются на свободной поверхности)

$$v = \frac{\partial h}{\partial t} + u \frac{\partial h}{\partial x}; \quad (4)$$

— динамические условия:

непрерывность нормальных напряжений

$$p + \sigma \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} = p_0; \quad (5)$$

непрерывность касательных напряжений

$$\mu \frac{\partial u}{\partial y} = \pm \tau, \quad (\text{«+» — прямоток, «-» — противоток}), \quad (6)$$

где  $\tau$  — касательное напряжение на поверхности раздела, Н/м<sup>2</sup>.

В уравнениях (1) – (2) и граничных условиях (3) – (6) приняты следующие обозначения:

$u(t,x,y)$  — продольная скорость жидкости, м/с;  $v(t,x,y)$  — поперечная скорость жидкости, м/с;

$V_r$  — средняя по расходу скорость газа, м/с;  $t$  — текущее время, с;  $x, y$  — соответственно продольная и

поперечная координаты, м;  $\rho$  (const) — плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  $p = p(t,x,y)$  — давление жидкости в точке  $(x,y)$ , Па;  $\nu$  (const) — кинематическая вязкость жидкости, м<sup>2</sup>/с;  $\beta$  — угол наклона рабочей поверхности;  $y = h(t,x)$  — уравнение свободной поверхности жидкости, м;  $\mu = \rho \cdot \nu$  — динамическая вязкость, Н·с/м<sup>2</sup>;  $\sigma$  —

коэффициент поверхностного натяжения, кг/с<sup>2</sup>;  $p_0$  — давление на свободной поверхности  $y = h(t,x)$  со стороны газа, Па;  $r$  — полуширина канала ( $\frac{\delta}{r} \ll 1$ ), м;  $\delta$  — средняя толщина пленки жидкости, м;  $\tau$  — касательное

напряжение на свободной поверхности  $y = h(t,x)$  со стороны газа, Н/м<sup>2</sup>.

$$\tau = \frac{\xi \rho_r V_r^2}{8}, \quad (7)$$

где  $\rho_r$  — плотность газа, кг/м<sup>3</sup>;

$\xi$  – гидравлический коэффициент трения, для безволновой поверхности тонкого слоя жидкости определяется по формуле Блазиуса  $\xi = \frac{0,316}{Re_r^{0,25}}$ .

Число Рейнольдса по газу определяется соотношением

$$Re_r = \frac{DV_r}{\nu_r}, \quad (8)$$

где  $D = 4r$ , учитывая, что  $\frac{r}{H} \ll 1$ ,  $\frac{\delta}{r} \ll 1$ .

Для определения нормальных напряжений на свободной поверхности жидкости со стороны газа рассмотрим установившийся поток газа в плоском канале насадки теплообменного аппарата.

Выделим элементарный объём плоского канала с потоком газа размером  $dV = dx \cdot 2(r - \delta)H$ ,

где  $2r$  – ширина канала,  $H$  – размер плоского канала в направлении оси  $z$  (рис. 2)

На рис.2 изображены следующие силы, действующие на элементарный объём газа на участке канала  $\Delta x$ :

$\Delta p_r$  – перепад давления, действующий на площадку  $2(r - \delta) \cdot H$  элементарного объёма;

$\tau$  – касательное напряжение на свободной поверхности плёнки жидкости, действующее на площадке  $\Delta x \cdot H$ .

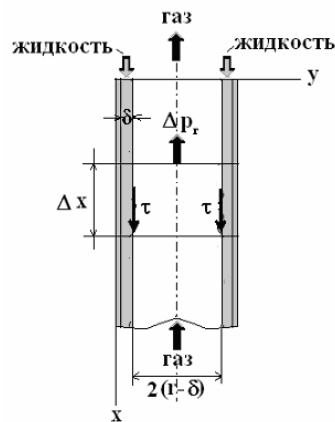


Рис. 2 – Действующие силы на элементарный объём газа

Баланс сил, приложенных к выделенному элементарному объёму газа, представляется следующим уравнением:

$$\Delta p_r \cdot 2(r - \delta) \cdot H = 2\tau H \Delta x, \quad (9)$$

при  $\Delta x \rightarrow 0$  получаем

$$\frac{dp_r}{dx} = \frac{\tau}{r - \delta} = \frac{\tau}{r(1 - \frac{\delta}{r})}, \quad (10)$$

Учитывая, что  $\frac{\delta}{r} \ll 1$ , имеем при  $y = h$

$$\frac{dp_r}{dx} = \pm \frac{\tau}{r} \text{ («+» – прямоток, «-» – противоток)}. \quad (11)$$

Таким образом, математическая модель движения тонкого слоя вязкой жидкости по наклонной поверхности в контакте с турбулентным газовым потоком представляется системой уравнений (1) – (11). Данные уравнения описывают движение только одной фазы – жидкостной плёнки, а контактное динамическое воздействие турбулентного газового потока учитывается касательным и нормальным напряжениями на свободной поверхности жидкостной плёнки, определяемыми соотношениями (7) и (11).

## 2 Расчётная часть

Для ламинарного безволнового течения пленки жидкости, характерно постоянство толщины слоя жидкости  $h = h_0 - const$ , а также постоянство расхода жидкости в любом сечении  $q = q_0 = \int_0^h u dy - const$ .

В этом случае продольная скорость только от поперечной координаты, а поперечная скорость равна нулю

$$u = u(y), \quad v = 0. \quad (12)$$

Таким образом, математическое описание ламинарного течения жидкости в контакте с газовым потоком представляется следующей дифференциальной задачей:

а) уравнения движения:

$$\begin{aligned} \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} &= \nu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + g \sin \beta \\ \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} &= -g \cos \beta \end{aligned} \quad (13)$$

б) граничные условия:

$$\text{при } y = 0 \quad u = 0; \quad (14)$$

$$\text{при } y = h_0: \quad p = p_0, \quad \frac{\partial u}{\partial y} = \pm \frac{\tau}{\mu}, \quad (15)$$

где «+» –прямоток, «-» – противоток ).

в) условие неразрывности

$$q_0 = \int_0^{h_0} u \, dy \quad (16)$$

Решение задачи (13) – (15) представляются следующими соотношениями:

— распределение давления

$$p(x, y) = \rho g (h_0 - y) \cos \beta + p_r |_{y=h_0}; \quad (17)$$

— распределение скорости

$$u(y) = a_0 + a_1 y + a_2 y^2, \quad (18)$$

$$\text{где } a_0 = 0, \quad a_1 = \frac{3q_0}{h_0^2} \mp \frac{\tau}{2\mu}, \quad a_2 = \pm \frac{3\tau}{4\mu h_0} - \frac{3q_0}{2h_0^3}.$$

По заданному расходу жидкости  $q_0$  из первого уравнения (13) находим уравнение для определения толщины плёнки жидкости  $h_0$

$$h_0^3 \pm \frac{3}{2} \frac{\tau}{\rho g \sin \beta} h_0^2 - \frac{3\nu q_0}{g \sin \beta} = 0, \quad (19)$$

здесь знаки «+» – прямоток, «-» – противоток.

При неподвижном газовом потоке ( $\tau = 0$ ) толщина пленки жидкости определяется по известной формуле Нуссельта

$$h_N = \sqrt[3]{\frac{3\nu q_0}{g \sin \beta}}, \quad (20)$$

На рис. 3 изображена зависимость  $h_N = h_N(\text{Re})$  при  $\beta = 30^\circ$ .

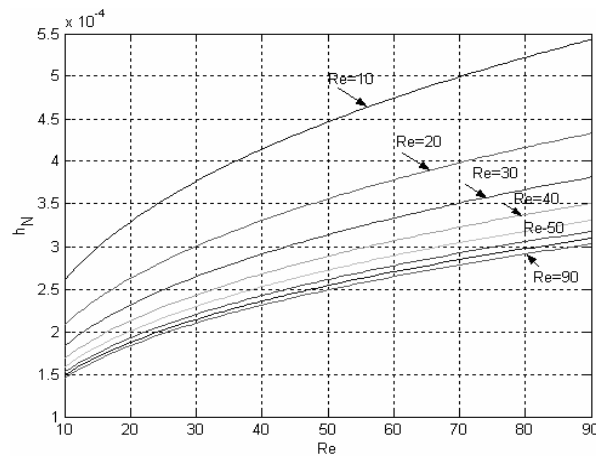


Рис. 3 – Толщина плёнки жидкости  $h_N = h_N(\text{Re})$  ( $h_N$  – мм)



Приведем уравнение (19) к безразмерной форме относительно безразмерной толщины пленки

$$h_1 = \frac{h}{h_N}. \quad (21)$$

В результате

$$h_1^3 \pm \tau_1 h_1^2 - 1 = 0 \text{ («+» – прямоток, «-» – противоток)}, \quad (22)$$

где безразмерное касательное напряжение:

$$\tau_1 = \frac{3\tau}{2\rho g h_N \sin \beta} \quad (23)$$

Решения уравнения (21) для толщины плёнки жидкости  $h_1(\tau_1)$  изображены на рисунках 4 (прямоток) и 5 (противоток).

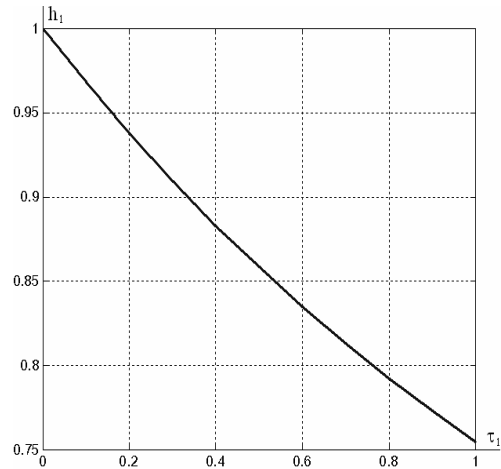
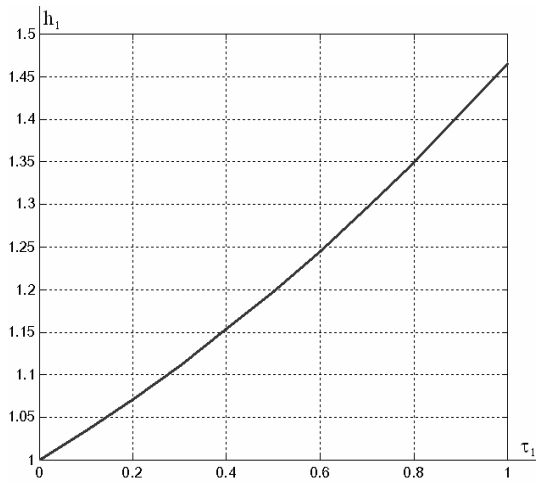


Рис. 4 – Толщина плёнки жидкости (прямоток)    Рис. 5 – Толщина плёнки жидкости (противоток)

При слабом гидродинамическом взаимодействии, при  $\tau_1 \ll 1$  толщина слоя жидкости определяется соотношением

$$h_0 = h_N \left(1 \mp \frac{\tau_1}{3}\right) = h_N \mp \frac{\tau}{2\rho g \sin \beta} \text{ («-» – прямоток, «+» – противоток)}. \quad (24)$$

Из уравнения (19) следует, что в режиме противотока расход жидкости  $q_0$  приобретает отрицательное значение

$$\text{при } \frac{\tau}{\rho g \sin \beta} > \frac{2}{3}, \quad (25)$$

т. е. имеет место «захлебывание».

Распределение продольной скорости плёнки жидкости при ламинарном течении определяется формулой

$$u_0(y) = \frac{3q_0 y}{h_0^2} \left(1 - \frac{y}{2h_0}\right) \mp \frac{\tau y}{2\mu} \left(1 - \frac{3y}{2h_0}\right) \text{ («-» – прямоток, «+» – противоток)}. \quad (26)$$

Приведём данное соотношение к безразмерному виду, учитывая что

$$u_1 = \frac{u_0 h_0}{q_0}, \quad y_1 = \frac{y}{h_0}, \quad h_1 = \frac{h_0}{h_N}, \quad \tau_1 = \frac{3\tau}{2\rho g h_N \sin \beta} \quad (27)$$

В результате получим

$$u_1(y_1) = 3y_1 \left(1 - \frac{y_1}{2}\right) \mp \tau_1 h_1^2 y_1 \left(1 - \frac{3}{2} y_1\right) \quad (28)$$

В случае прямотока

$$u_1 = (3-b)y_1 - \frac{3}{2}(1-b)y_1^2, \quad b = \tau_1 h_1^2 \quad (29)$$

Учитывая решение уравнения (22) при изменении величины  $\tau_l$  от 0 до 1, толщина пленки жидкости  $h_l$  и величина  $b$  изменяются монотонно в пределах  $0 \leq h_l \leq 1,4656$ ;  $0 \leq b \leq 2,1480$  (рис. 6)

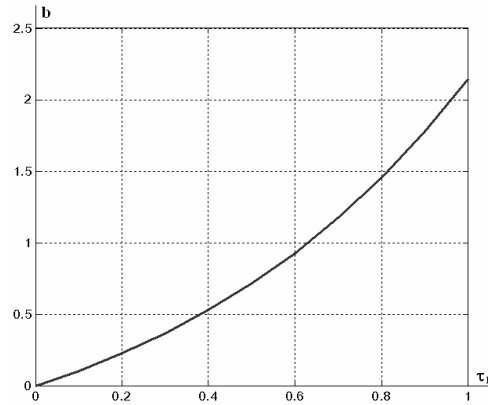


Рис. 6 – Изменение величины  $b = b(\tau_1)$  (прямоток)

причем при  $\tau_l = 0,645$ ,  $h_l = 1,2704$ ,  $b = 1$  распределение скорости – линейное

$$u_l(y_l) = 2 y_l. \quad (30)$$

В случае противотока

$$u_1(y_1) = (3+b)y_1 - \frac{3}{2}y_1^2(1+b). \quad (31)$$

Учитывая решение уравнения (22) при изменении величины  $\tau_l$  от 0 до 1, толщина пленки жидкости  $h_l$  и величина  $b$  изменяются монотонно в пределах  $0,7549 \leq h_l \leq 1$ ;  $0 \leq b \leq 0,5699$  (рис.7)

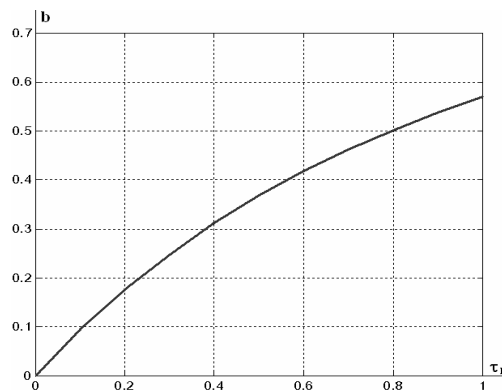


Рис. 7 – Изменение величины  $b = b(\tau_1)$  (противоток)

### Выводы

Таким образом, при ламинарном безволновом режиме течения жидкости по наклонной поверхности в контакте с газовым потоком соотношения (17), (18) и (19) в полном объеме определяют распределение давления и скорости, а также толщины слоя жидкости при заданном её расходе.

### Литература

1. Капица П.Л. Волновое течение тонких слоёв жидкости. – ЖЭТФ. 1948, т. 18, вып. 1, с. 3 – 28.
2. Марценюк А.С., Стабников В.Н. Пленочные тепло- и массообменные аппараты в пищевой промышленности. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981.– 160 с.

## НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ФАКЕЛЬНОГО ГОРЕНИЯ

Бондаренко А.В., аспирант

Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса

Волков В.Э., канд. физ.-мат. наук, доцент

Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

Максимов М.В., доктор техн. наук, профессор

Одесский национальный политехнический университет, г. Одесса

*Произведено исследование развития неустойчивости факельного горения и преобразования ламинарного факела в турбулентный. Доказано, что эффекты вязкости и сжимаемости среды оказывают стабилизирующее влияние на газовый факел. Изучение аэродинамики отдельного факела служит теоретической основой технологии сжигания топлива в камерах сгорания и управления процессом горения в топках.*

*Investigations of the development of the flare instability and the laminar-to-turbulent transition for the flares are done. The stabilizing effects of viscosity and compressibility are proved. Study of the individual flare stability is theoretical basis for technology of fuel burning in combustion chamber and for control of the burner combustion.*

Ключевые слова: факел, пламя, горение, неустойчивость, горелка, топка, камера сгорания.

Техника сжигания органического топлива предполагает широкое применение разнообразных топок и камер сгорания. Топка (камера сгорания) может иметь различные размеры и форму – параметры, задаваемые инженерами-теплотехниками. Однако общая схема топки для сжигания газовых смесей весьма проста (Рис. 1): на передней стенке – фронте – топки расположены горелки (у некоторых топок два фронта расположены друг против друга); в противоположной фронту (задней) стенке обычно находится отверстие (выходное окно, сопло) для выхода продуктов сгорания.

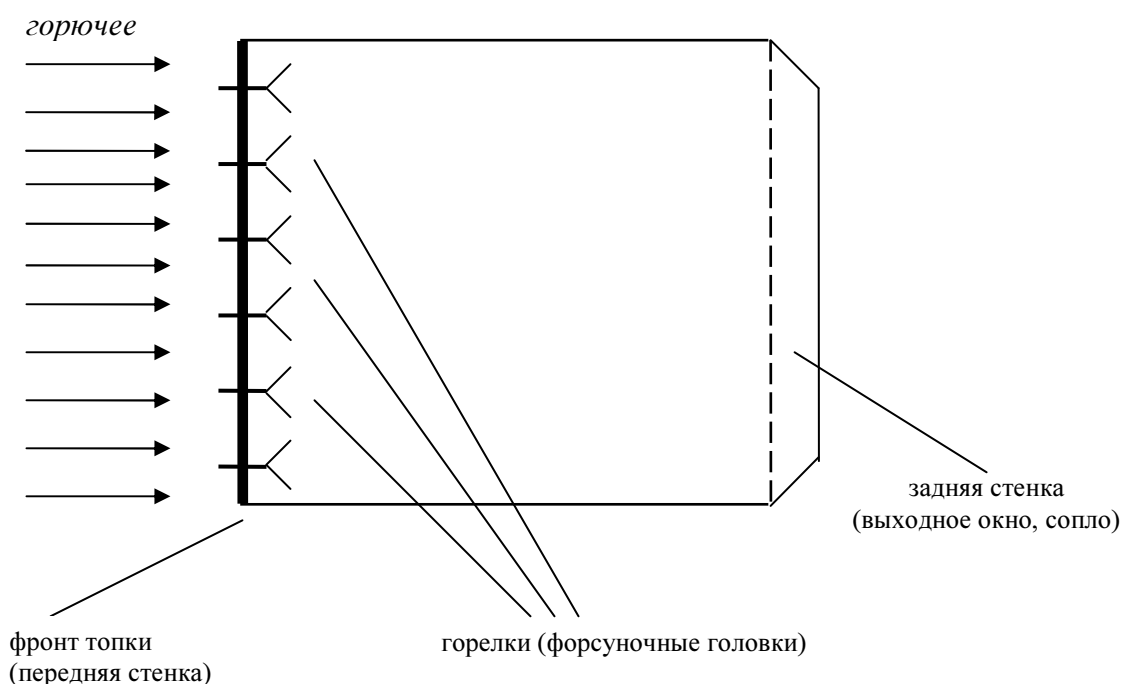


Рис. 1 – Модель топki (камеры сгорания)

Процесс сжигания топлива в отдельно взятой газовой горелке представляет собой факельное горение (горение в потоке). В камерах сгорания, как правило, сжигание топлива осуществляется в нескольких горелках, которые могут иметь различные формы устья и взаимное расположение. При этом создается

система взаимодействующих факельных пламен, которая, так или иначе, может быть отнесена к одному из двух (принципиально возможных) типов:

1) взаимодействие факелов слабое (или вообще отсутствует): имеет место так называемый «режим разомкнутого горения» [1], при котором элементарные фронты пламени сохраняют свою индивидуальность на всем протяжении факела;

2) взаимодействие факелов настолько сильное, что образуется единый составной или сомкнутый факел [1]: имеет место «режим сомкнутого горения» [1], при котором элементарные фронты пламени не сохраняют свою индивидуальность на всем протяжении факела (они могут сохранять ее лишь вблизи устья течения).

В последнем случае на некотором расстоянии от передней стенки топки происходит смыкание элементарных пламен и образование единого фронта пламени. В результате характер течения и акустические характеристики камеры сгорания принципиально изменяются [2]; может возникнуть режим вибрационного горения [2]. Таким образом, вопрос о возможности возникновения составного факела является чрезвычайно важным для технологии процесса сжигания газового топлива и управления этим процессом. Ответ на этот вопрос зависит от геометрии взаимного расположения отдельных горелок и размеров образующихся факелов. Следовательно, необходимо детально исследовать некоторые вопросы аэродинамики отдельного газового факела, чему, собственно, и посвящена настоящая работа.

Газовые факелы разделяют на ламинарные и турбулентные [1,4]. Если в поле течения факела происходит переход от ламинарного течения к турбулентному, то образуется так называемый «переходный факел» [1], в котором сочетаются (на различных участках) ламинарная и турбулентная форма движения: явление столь же мало изученное, сколь редкое.

Модель ламинарного факела предполагает наличие «холодного конуса», ограниченного фронтом пламени (Рис. 2), при этом фронт пламени может рассматриваться как зона конечной протяженности.

Горячая смесь подается в устье горелки со скоростью  $u_0$  при диаметре (поперечном размере) насадка  $d_0$ , что определяет величину расходного объема смеси  $V_0$ . Предполагается, что скорость  $u_0$  подачи горючей смеси много меньше скорости распространения звука  $a_0$  в этой смеси, т.е. имеет место следующее неравенство:

$$u_0 \ll a_0 \quad (1)$$

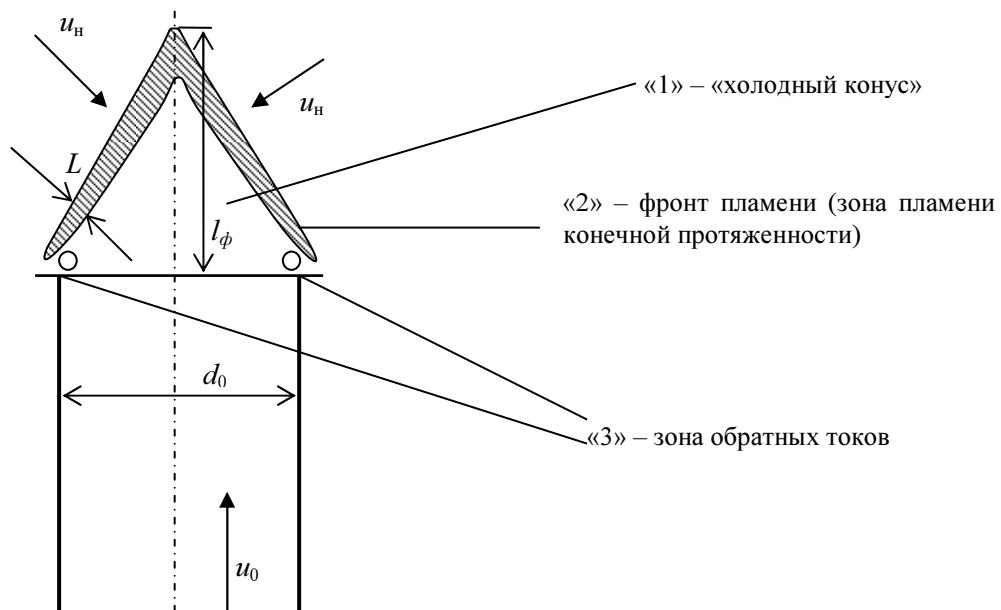


Рис. 2 – Феноменологическая модель ламинарного факела

Пламя моделируется зоной конечной протяженности  $L$ , которая определяется либо из известной тепловой теории горения Михельсона (см. [5,6]), либо по эмпирическим данным о факельном горении [1,4]. Величина  $l_\phi$  обозначает высоту факельного конуса, иначе говоря, высоту или длину факела [1,4], причем

$$L \ll l_\phi \quad (2)$$

Горение осуществляется со скоростью  $u_n$  ( $u_n$  – скорость нормального горения или же скорость распространения ламинарного пламени; величина  $u_n$  может быть как определена экспериментально, так и рассчитана теоретически) [5–7].

Факел состоит из трех зон (Рис.2): холодного конуса «1», фронта (зоны) пламени «2» и зоны обратных токов «3» (последняя слабо влияет на факельный процесс в целом).

Формально турбулентный факел имеет такую же структуру, как ламинарный (Рис.3), однако различия между этими двумя видами факелов весьма существенны.

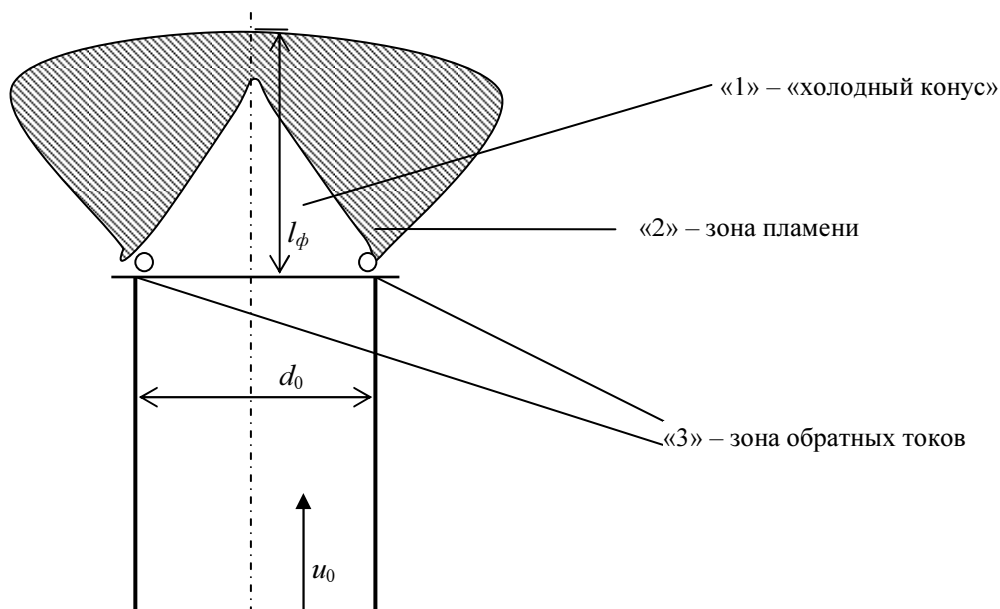


Рис. 3 – Феноменологическая модель турбулентного факела

Принципиальное отличие ламинарного факела от турбулентного состоит в том, что из-за наличия в аэродинамической структуре потока турбулентных вихрей и пульсаций фронт пламени перестает иметь четкие границы. Понятие «скорость распространения фронта турбулентного пламени» практически теряет смысл. Геометрия и размеры турбулентного факела в сравнении с факелом ламинарным определяются совершенно иначе [1,4].

Очевидно, что если все факелы ламинарные, то режим сомкнутого горения в принципе невозможен. Поэтому есть смысл рассматривать только режим сомкнутого горения турбулентных факелов или же составной турбулентный факел [1]. Следовательно, чрезвычайно важным с точки зрения возможности образования составного факела представляется вопрос о турбулизации ламинарного факела.

Проблему турбулизации газового факела связывают главным образом с вопросом о том, ламинарной или турбулентной является струя горючей смеси в горелке [1,4,8]. Очевидно, что газовая струя в горелке является турбулентной, если число Рейнольдса

$$Re_d = \frac{d_0 v}{u_0}, \quad (3)$$

вычисленное по скорости  $u_0$  подачи горючей смеси и по размеру насадка  $d_0$  ( $v$  – коэффициент кинематической вязкости исходной горючей смеси) превышает некоторую критическую величину  $Re_d^*$ , т.е. имеет место неравенство

$$Re_d \geq Re_d^* \quad (4)$$

Однако подобный подход является весьма упрощенным. Общеизвестно [9,10], что переход к турбулентности в струе горючей смеси обусловлен развитием неустойчивости ламинарного течения вязкой среды (если моделировать подачу горючего как течение в канале или трубе). Однако, устойчивость такого течения обеспечивает только ламинарность потока горючей смеси, но не гарантирует ламинарность самого факела, так как факельное пламя само по себе может быть неустойчивым [10-13], что приводит к автотурбулизации горения.

Неустойчивость и ячеистая структура пламени детально исследована нами в ряде работ [12-14]. Доказано, что основным фактором, стабилизирующим процесс нормального горения, являются вязкость и эффект изменения протяженности зоны горения под влиянием возмущений [12,13]. Однако сжимаемость среды также оказывает на пламя стабилизирующее воздействие [14]. Теоретически получены значения критического числа Рейнольдса

$$\text{Re}_\lambda^* = \frac{\lambda_m \nu}{u_i}, \quad (5)$$

вычисленного по скорости нормального горения  $u_n$  и по длине волны  $\lambda_m$  максимально быстро нарастающего со временем возмущения (величина  $\nu$  сохраняет смысл кинематической вязкости исходной горючей смеси). Эти значения количественно совпадают с данными экспериментов как для быстрогорящих (кислородных) [5,15], так и для медленногорящих (воздушных) смесей [16], что служит убедительным аргументом в пользу построенной теории.

Применение теории гидродинамической устойчивости пламени [12-14] к факельному горению газов [1,4] требует более детального рассмотрения геометрии ламинарного факела.

Известно, что если

$$u_0 \gg u_n, \quad (6)$$

т.е. если скорость струи горючей смеси существенно превышает скорость нормального горения, то

$$l_\phi \cong \frac{d_0 u_0}{u_i}, \quad (7)$$

иначе говоря

$$\bar{l}_\phi \cong \frac{u_0}{u_i}, \quad (8)$$

где  $\bar{l}_\phi \equiv \frac{l_\phi}{d_0}$  – безразмерная высота (длина) факела.

При известной величине  $l_\phi$  длина  $\Lambda$  образующей конуса ламинарного пламени может быть элементарно вычислена по формуле

$$\Lambda = \sqrt{l_\phi^2 + \frac{d_0^2}{4}}. \quad (9)$$

Отметим, что при несоблюдении неравенства (6), – что нечасто имеет место на практике, – формулы (7) и (9) для высоты факела  $l_\phi$  и длины  $\Lambda$  образующей конуса пламени имеют более сложный полуэмпирический характер [1,4], что не влияет, однако, на последующие рассуждения.

Возможность развития неустойчивости и перехода процесса факельного горения к турбулентности определяется соотношением между длиной волны  $\lambda_m$  максимально быстро нарастающего со временем возмущения, алгоритм определения которой приведен в работах [12,13], и длиной  $\Lambda$  образующей конуса пламени. Возможны три принципиально различные ситуации.

Если

$$\lambda_m > \Lambda, \quad (10)$$

то неустойчивость не имеет места (возмущения с неустойчивыми длинами волн не могут реализоваться из-за ограниченности длины фронта пламени) и автотурбулизация горения не происходит.

Если

$$\lambda_m \approx \Lambda, \quad (11)$$

то неустойчивость, скорее всего, проявляется не в автотурбулизация пламени, а в искажении геометрической формы его фронта. Фронт пламени в плоском сечении принимает дугообразные формы (Рис. 4), – при этом геометрические параметры дуг определяются длиной волны  $\lambda_m$ , – однако само пламя остается ламинарным. «Холодный конус» в этом случае принимает тюльпановидную форму, причем максимальный поперечный размер «тюльпана» ненамного превосходит диаметр насадка  $d_0$ .

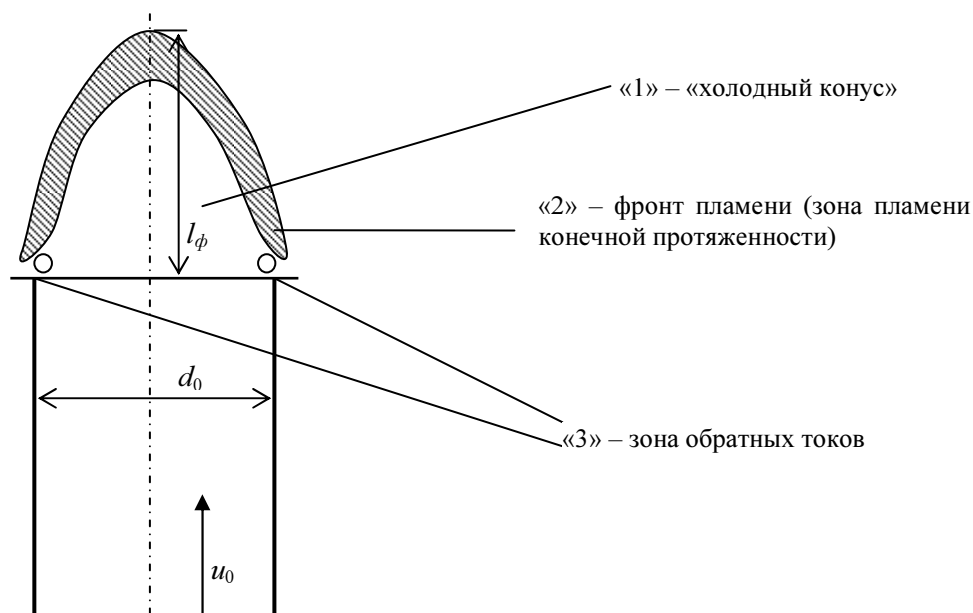


Рис. 4 – Ламинарный факел с искаженной (тюльпановидной) формой фронта пламени

И, наконец, если

$$\lambda_m \gg \Lambda, \quad (12)$$

то пламя неустойчиво и факел становится турбулентным, принимая форму, подобную изображенной на Рис.3. Максимальный поперечный размер турбулентного факела может существенно превосходить диаметр  $d_0$ .

Отметим, что (максимальный) поперечный размер турбулентного факела и его геометрическая форма определяются, в первую очередь, степенью (масштабом) турбулентности [1,4], т.е. параметром, который напрямую зависит от длины волны  $\lambda_m$  максимально быстро нарастающего со временем возмущения фронта пламени. Если турбулентность слабая и мелкомасштабная, то форма турбулентного факела напоминает тюльпановидный фронт пламени (Рис. 4) с «размытыми» границами. В противном случае форма факела примерно такова, как на рис. 3, но факел может быть существенно вытянут в высоту (в длину).

Предположим, что все горелки на передней стенке камеры сгорания одинаковы с точки зрения их геометрии и одновременно функционируют в одном и том же режиме турбулентного горения, т.е. образующиеся факелы абсолютно идентичны. Тогда, если максимальный поперечный размер факела превосходит расстояние между соседними горелками (или очень близок к этому расстоянию), то имеет место режим сомкнутого горения, т.е. образуется составной факел. Если горелки распределены по передней стенке топки неравномерно, то единый составной факел может и не возникнуть, но возможно появление составных факелов (режимы сомкнутого горения) между отдельными группами горелок.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Составной факел может быть только турбулентным факелом.
2. Одной из причин автотурбулизации газового факела является внутренняя гидродинамическая неустойчивость нормального плоского пламени.
3. Развитие неустойчивости факельного горения имеет место только в том случае, если длина волны  $\lambda_m$  максимально быстро нарастающего со временем экспоненциального возмущения [10-13] фронта пламени заметно меньше длины образующей конуса пламени  $\Lambda$ . Соответственно и турбулизация пламени возможна именно при таком условии.
4. Для факельного горения можно пренебречь влиянием сжимаемости среды на развитие неустойчивости ламинарного пламени, так как на начальных этапах проявления неустойчивости это влияние незначительно по сравнению с эффектами вязкости, конечной протяженности зоны пламени и изменением протяженности зоны пламени под влиянием возмущений [12-14].

В заключение отметим, что при рассмотрении вопроса об устойчивости и автотурбулизации факельного пламени нами не были учтены эффекты, связанные с процессами в зоне обратных токов и в вершине пламенного конуса. Эти эффекты должны быть отражены в граничных условиях классической краевой задачи о развитии малых возмущений пламени [10-13], что может служить предметом дальнейших исследований.

### Литература

1. Вулис Л.А., Ярин Л.П. Аэродинамика факела. – Л.: Энергия. – 1978. – 216 с.
2. Натанзон М.С. Неустойчивость горения. – М.: Машиностроение, 1984. – 526 с.
3. Раушенбах Б.В. Вибрационное горение. – М: ГИФМЛ, 1961. – 500 с.
4. Крыжановский Ю.В., Крыжановский В.Н. Структура и расчет газового факела. – К.: «Освіта України», 2012. – 96 с.
5. Щелкин К.И., Трошин Я.К. Газодинамика горения. – М.: Изд-во АН СССР. – 1963. – 256 с.
6. Зверев И.Н., Смирнов Н.Н. Газодинамика горения. – М.: Изд-во МГУ. – 1987. – 307 с.
7. Щетинков Е.С. Физика горения газов. – М: Наука, 1965. – 739 с.
8. Кузнецов В.Р., Сабельников В.А. Турбулентность и горение. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 288 с.
9. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: ГИТТЛ, 1957. – 785 с.
10. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. В 10 т.: Т. VI. Гидродинамика. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. – 1986. – 736 с.
11. Ландау Л.Д. К теории медленного горения // Журнал экспериментальной и теоретической физики, 1944. – Т.14, № 6. – С. 240-244.
12. Асланов С.К., Волков В.Э. Интегральный метод анализа устойчивости ламинарного пламени. – Физика горения и взрыва, 1991, № 5. – С. 160-166.
13. Aslanov S., Volkov V. On the Instability and Cell Structure of Flames. – Archivum combustionis, 1992, Vol.12, Nr. 1-4. – P. 81-90.
14. 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.
15. Трошин Я.К., Щелкин К.И. Структура фронта шаровых пламен и неустойчивость нормального горения // Изв. АН СССР. ОН, 1955. – № 9. – С. 160-166.
16. 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.



РОЗДІЛ 4

**СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ**

**ЗЕРНОПЕРЕРОБНОЇ ГАЛУЗІ**

## АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЗЕРНОВОЙ И МАСЛИЧНОЙ ОТРАСЛЕЙ УКРАИНЫ

Трач А.Р., магистр, Тришин Ф.А., канд. техн. наук, доцент  
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

*В работе исследуется современное состояние зерновой и масличной отраслей Украины и анализируются перспективы их развития на основе статистических данных.*

*In the article the current state of Grain and Oilseeds sector of the economy of the Ukraine and the prospects for their development on the basis of statistical data are explored.*

Ключевые слова: зерновая отрасль, масличная отрасль, зерновые культуры

Зерновая отрасль Украины – стратегическая отрасль экономики государства, определяет уровень предложения и стоимость основных видов продовольствия для населения, формирует существенную долю доходов сельскохозяйственных производителей, определяет состояние и тенденции развития сельских территорий, формирует валютные доходы государства за счет экспорта. Она также является базой и источником устойчивого развития большинства отраслей агропромышленного комплекса и основой аграрного экспорта. По данным государственной службы статистики Украины в 2012 году общая площадь посевов составляла 25,5 млн га [1]. Доминирующую позицию в структуре занимают зерновые культуры, а затем технические. Существует тенденция увеличения их доли, тогда как доля кормовых – уменьшается.



Рис. 1 – Структура посевных площадей

В соответствии с существующими стандартами зерно разделяют на два основных класса (в соответствии с его использованием): продовольственное и фуражное. По данным Государственного комитета статистики Украины на долю фуражного зерна приходится 50...55 % выращенной продукции, продовольственного – 50...45 % соответственно [1].

Исследуя рынок зерна можно сделать вывод, что сокращение посевов под кормовыми культурами негативно влияет на развитие животноводства, поэтому пополнение кормов для этой отрасли сельского хозяйства возможно, в основном, за счет увеличения производства концентрированных кормов, сырьем для которых должно служить зерно. В данном контексте зерновое хозяйство требует повышенного внимания, а также сбалансированной устремленности на внутренний и внешний рынки. Вместе с этим, долгосрочная ситуация с реформированием сельского хозяйства, которая охватила АПК, особенно остро поразила зерновое хозяйство. Вследствие значительного уменьшения количества внесенных минеральных и органических удобрений, резко снизилась урожайность зерновых культур, что повлияло на неустойчивую динамику валовых сборов зерновых культур. По данным исследований, за 1990 – 2007 гг. урожайность зерновых культур характеризовалась устойчивой тенденцией к снижению с 35,1 до 21,8 ц/га, или на 37,9 % [3]. Однако следует отметить, что средняя урожайность с 2008 по 2012 год составила 31,8 ц/га, то есть наблюдается некоторый рост.

В 2011 г. был получен рекордный, за годы независимости, урожай зерновых и зернобобовых культур – 53,3 млн т, преимущественно за счет повышения их урожайности до среднемирового уровня. Такой показатель обусловлен, в первую очередь, значительным ростом производства зерновой кукурузы, удельный вес которой достиг 40 % в общем валовом сборе зерна (при среднем показателе за десять лет

21 %). Зерна продовольственных культур собрано 23,7 млн т (42 % общего объема), что на 34 % больше, чем в 2010 г. [2].

Как следствие, уровень самообеспеченности Украины зерном в 2011 г. (отношение производства к внутреннему использованию в Украине выраженное в процентах) составил 192,9 %.

Масложировая отрасль пищевой промышленности играет значительную роль в экономике Украины. В 2010 г. ее доля составляла 8,4 % всей производимой пищевой продукции. Сырьем для масложировой отрасли являются семена подсолнечника, рапса, сои, льна, однако в нашей стране более 90 % масла производят в первую очередь из подсолнечника. Украина является одним из крупнейших производителей подсолнечного масла, в 2010 г. ей принадлежало почти 20 % мирового производства семян подсолнечника и подсолнечного масла. Рынок подсолнечника и подсолнечного масла является стратегически важным для Украины, поскольку по данным 2010 года в структуре экспорта аграрного сектора продукция масложировой отрасли занимала 24,8 % [4].

Наблюдается тенденция к увеличению посевных площадей под подсолнечник. Он занимает не менее 12 % в структуре посевных площадей с устойчивой тенденцией к росту и занимает по этому показателю второе место.

В последние годы объем рынка подсолнечника повышается, это обусловлено ростом объемов переработки подсолнечника, что стало основным фактором стимулирования спроса. На долю переработки приходится почти 90 % от общего спроса. Экспортный спрос на подсолнечник, не учитывая подсолнечное масло, формируется в основном по остаточному признаку. Существует мнение о дефиците производства подсолнечника, учитывая объемы переработки и экспорта данной культуры. Однако, до 2008 г. показатели запасов и движения подсолнечника не отслеживались, поэтому оценить дефицит производства было фактически невозможно. Существуют значительные расхождения в данных различных источников о размере этого дефицита, причины их заключаются в методологии учета сельскохозяйственной деятельности хозяйств населения, а также не всегда объективных данных об объемах производства, в основном в мелких сельскохозяйственных предприятиях и фермерских хозяйствах.

Потребности Украины в подсолнечнике составляют около 1,5 млн тонн в год. Каждый сезон этот показатель изменяется в зависимости от общего использования всех масел и структуры потребления. Весь объем, превышающий средний уровень потребления (1,1 – 1,2 млн тонн в год), за исключением других потребностей внутреннего рынка (около 200 тыс. тонн в год), должен быть экспортирован в виде семян или продукции переработки [5].

Тенденции и перспективы развития зерновой отрасли Украины изложены в программе Министерства аграрной политики и продовольствия Украины «Зерно – 2015» [6]. Цель и задачи ее заключаются в том, чтобы в последующие годы увеличить валовое производство зерна и улучшить качество, поддерживать развитие других отраслей аграрного сектора экономики, способствовать дальнейшему повышению культуры земледелия.

Основной фактор, освещенный в программе, благодаря которому реально возрастет состояние хозяйственной деятельности зернозаготовительных хозяйств, это повышение качества зерна. Это возможно при условии соблюдения новейших технологий выращивания зерновых культур. Нарастание объемов производства зерна и повышения его качества неразрывно связано с внедрением организационных мероприятий, которые можно представить следующим перечнем:

- повышение технического уровня зернопроизводства;
- обеспечения предприятий современными приборами и внедрение новейших методик определения качественных показателей зерна;
- повышение требований к хранению хлебопродуктов на хлебоприемных и зерноперерабатывающих предприятиях;
- совершенствование действующей нормативно-технической документации.

В связи с этим, Программой дополнительно предлагается провести следующие мероприятия:

- введение лицензирования деятельности по приему, хранению, переработке и реализации зерна и продуктов его переработки;
- внесение изменений и дополнений в действующие стандарты с целью их совершенствования и адаптации государственных стандартов Украины на основные сельскохозяйственные культуры к стандартам Европейского Союза.

Актуальным направлением работы является проведения сертификации зерновых складов. Она должна проверить соответствие требуемому качеству предоставляемых услуг по хранению зерна.

Утвержден Технический регламент зернового склада, который устанавливает требования к зерновому складу, регламентированы услуги, которые могут им предоставляться, установлен перечень складских документов и порядок их обращения, сформулированы требования к проведению зачистки зернохранилищ и порядок проведения сертификации зерновых складов.

Организация и проведение сертификации зерновых складов на соответствие требуемому качеству услуг по хранению зерна и продуктов его переработки возложены на Государственную инспекцию по контролю качества сельскохозяйственной продукции и мониторинга ее рынка, созданную по решению Правительства как правительственный орган государственного управления, который действует в составе Министерства аграрной политики и продовольствия Украины.

Выполнение Программы даст возможность получить валовой сбор зерна в 2015 г. в объеме 71 млн т. Такое производство полностью обеспечит потребность государства в продовольственном и фуражном зерне, а также в сырье для промышленной переработки. Значительная часть зерна (35 млн т) будет использоваться для экспортных поставок.

Таким образом, общий экономический эффект будет зависеть от конъюнктуры рынка, действенности рычагов государственной политики в регулировании развития зерновой отрасли, структуры и качества продукции. Декларируемые Программой объемы производства зерна при существующих темпах инфляции смогут обеспечить рентабельность на уровне 42 %, за счет чего будут созданы условия расширения производства в отрасли и ликвидирован дефицит оборотных средств на производство зерна.

Выводы. Украина за счет естественного плодородия, улучшения технологий, увеличения количества внесенных удобрений, современного уровня агротехники имеет реальные возможности получать урожайность не менее 50 ц/га. Таким образом, можно сократить площади под зерновыми до 10 млн га и довести валовой сбор зерна до 70 млн т. Зерновой комплекс Украины сейчас обеспечивает потребности внутреннего потребления и в хорошие по урожайности годы способен экспортировать не менее 10 – 15 млн т зерновых культур, прежде всего, пшеницы.

Сравнительно невысокая численность населения Украины и существующая тенденция к его уменьшению ограничивают объемы внутреннего потребления зерна на продовольственные нужды и лишают аграриев экономического стимула увеличения производства. Следовательно, для развития зернового сектора страны и обеспечения его конкурентоспособности необходимо наращивать объемы экспорта зерна, которые не зависят от численности населения. Эксперты считают, что вступление Украины в ВТО дает возможность экспортировать около 20 млн т зерна, что восстановит статус Украины как «житницы» не только для Европы, но и многих других стран Ближнего Востока, Африки и Латинской Америки.

Потребность Украины в альтернативных источниках биоэнергии (в основном это жидкое биотопливо) может быть полностью удовлетворена без угрозы для продовольственной безопасности. Из 34 млн га обрабатываемых посевных площадей достаточно всего 8 млн га для выращивания сырьевых культур (рапса, сои, горчицы, сорго, свеклы, кукурузы и др.), чтобы решить проблему обеспечения ряда отраслей горючим. Для аграрного сектора – это дополнительная мотивация для дальнейшего развития. Расчеты экспертов показывают, что в 2020 году объем производства биотоплива в Украине может достичь 6 млн т. При этом животноводство может получить около 13 млн т шрота.

В нашей стране существует угроза бесконтрольного роста мощностей для переработки подсолнечника. Это связано, прежде всего, с высокой рентабельностью этой культуры по сравнению с другими. С начала 2004 года внутренние цены на семена подсолнечника превышают мировые. Согласно данным Ассоциации «Укролиапром», в ближайшие три маркетинговых сезона предприятиями масложирового комплекса планируется увеличение перерабатывающих мощностей еще на 14 %, т.е. до 9,7 млн т. С учетом прогнозируемого увеличения перерабатывающих мощностей, дополнительный необходимый объем производства подсолнечника может составить в диапазоне от 0,9 до 1,5 млн тонн. Учитывая среднюю урожайность подсолнечника, такое наращивание производства потребует расширения посевных площадей на 650 – 1085 тыс. га, что практически невозможно с учетом уже имеющегося перенасыщения подсолнечником посевных площадей.

### Література

1. Держкомстат України: Експрес-випуски, статистична інформація, методики [електронний ресурс]. – режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>
  2. Майстро С.В., Хірамагомедов М.Г. Ринок зерна в Україні: сучасний стан та напрямки державного регулювання // Державне будівництво – 2012. – №2 – С. 1–8
  3. Чмирь С. М. Ефективність ринку зерна / С.М. Чмирь // Економіка АПК : Міжнародний науково-виробничий журнал. – 2009. – № 4(174). – С. 117–120
  4. Кузьмінська Н. Л. Особливості функціонування олійно-жирової галузі України / Н. Л. Кузьмінська // Економіка АПК. – 2011. – № 12. – С. 161–165
  5. Тимошенко Л.М., Пирог О.В., Кухаренко А.П. Розвиток світового ринку рослинних олій та перспективи участі на ньому України // Економічний простір. – 2008. – №13. – С. 26–37
- Програма «Зерно України –2015». –К. : ДІА, 2011. – 48 с.

УДК 658.512.2: 005. 936. 33: [005. 961: 005. 336.1]

## К ПРОБЛЕМЕ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИЗАЙНА И ЭРГОНОМИЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Иванова Л.А., д-р техн. наук, профессор, Малых С.В., канд. экон. наук, доцент,  
Смирнова С.А., канд. пед. наук, доцент  
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

*Предложены методические подходы для количественного оценивания уровня технического дизайна и эргономичности технологического оборудования. На примере молотковых дробилок отечественного и импортного производства проведено оценивание дизайна и эргономичности интегрального технического уровня.*

*Technical approaches for quantitative estimation of the technical design and ergonomics of technologic equipment were proposed.*

*On the example of the domestic and import hammer mills, the estimation of the technical design and ergonomics of the integral technical level were produced.*

Ключевые слова: технический дизайн, эргономика, оценивание, пищевое оборудование, показатели.

Становление технического (индустриального, промышленного) дизайна в начале XX века обусловлено массовым производством товаров бытового назначения и формированием острой конкуренции на мировом рынке между производителями. Во второй половине XX века в дизайне стал формироваться новый подход, как к глобальному явлению, как к третьей проектной культуре наряду с ранее известными материальной и духовной культурами [1]. Поэтому его деятельность распространилась на проектирование предметно-пространственной среды в целом и ее различных компонентов, включая различные технические средства и промышленную среду с целью придания результатам проектирования высоких потребительских свойств, эстетических качеств, оптимизации и гармонизации их воздействия с человеком, естественно природной средой и обществом [1, 2]. Так как при эксплуатации технических средств (машин, оборудования, приборов пультов управления и др.) в производстве человек работает в системе «человек – машина – окружающая среда», которую изучает эргономика. Практическая задача эргономики является создание условий безопасного и комфортного труда в указанной системе с учетом анатомических, физиологических и психических изменений, которым подвергается человек в период работы или управления машинно-техническим объектом. Таким образом, эргономика наряду с принципами формирования эстетической формы и композиции машинно-технического объекта должна являться научной основой современного технического дизайна.

В промышленно развитых странах основные подходы к техническому дизайну как части метода конструирования машинно-технических объектов промышленного и бытового назначения сложились еще в середине XX века [3]. Использование эргономики в проектировании машин началось в 1938 году, а как прикладная наука эргономика сформировалась в 1965 г.[4]. При этом первые стандарты по эргономике, например в США, появились и стали использоваться в 1985-1990 гг. в проектировании.

В работе [5] вопрос повышения конкурентоспособности машинотехнического оборудования с использованием количественных показателей уровня эстетичности изделия рассматривается с использованием количественных значений отечественного базового образца и модернизированного в результате НИОКР. Объектом оценивания служит бытовой холодильник и пять показателей его технического уровня: объем холодильной камеры (л), объем морозильной камеры (л), средний срок службы (лет), эргономические баллы и эстетические баллы. Суммарное количественное значение показателей в модернизированном холодильнике приняты на уровне 188 баллов при этом эргономические и эстетические баллы в сумме составили 10 баллов или 5,3 %. Коэффициент весомости ( $m_i$ ) отдельных показателей суммарно составляет единицу при оценивании технического уровня базового и модернизированного холодильника. Коэффициент весомости показателей эргономичности и эстетичности приняты равными по 0,15 ед.каждый. Посредством пересчета значений единичных относительных показателей в работе [5] технический уровень (К) базового холодильника принят за единицу, а модернизированного составил 1,228. В работе [6] интегральный технический уровень ( $K_{\text{ИТ}}$ ) с использованием в качестве одного из его показателей ( $\alpha_3$ ) уровня эргономичности технологического оборудования в виде автоматизированной машины, выполнен для группы лучших импортных аналогов. Наряду с показателем эргономичности машин литья под давлением использовались показатель назначения ( $\alpha_1$ ), технологичности ( $\alpha_2$ ) и энергопотребления

( $\alpha_4$ ). Определение интегрального технического уровня и лучшей в группе из пяти импортных машин литья под давлением проводилось с использованием расчетных характеристик гипотетического инновационного образца (ГИО) [6]. Коэффициент весомости каждого из показателей  $K_{ИТ}$  в гипотетическом инновационном образце принят равным единице, а показатель эргономичности -  $\alpha_3 = 0,1$  ед. Показатель эстетичности в работе [6] не использовался, так как метод его количественного оценивания применительно к технологическому оборудованию пока находится в стадии научного поиска [2].

Задачей исследования является разработка методологического подхода к количественному оцениванию энергодизайна технологического оборудования для пищевого производства на примере дробилок ударного действия отечественного и импортного производства.

Анализ технических показателей различных видов технологического оборудования используемых в пищевой промышленности позволяет предложить следующие показатели для количественного оценивания его интегрального технического уровня: производительность, т/ч (кг/ч); установленная мощность, кВт; материалоемкость, т (кг); технический дизайн, ед.; эргономичность, ед.

Информация о производительности, установленной мощности и материалоемкости доступна из различных источников технической информации: рекламных проспектов, технического паспорта оборудования, интернет-ресурса и др.

Для определения количественных показателей уровня технического дизайна и эргономичности технологического оборудования применяем следующие методологические подходы.

Для проведения оценивания  $K_{ИТ}$  с использованием в качестве базы для сравнения лучшего образца технологического оборудования из группы зарубежных аналогов принимаем, что его суммарный показатель равен 1,0. В этом случае остальные показатели технического уровня, включая уровень дизайна и эргономичности для лучшего зарубежного аналога, предлагается принять следующими:

- показатель производительности – 0,35 ед.;
- показатель установленной мощности – 0,2 ед.;
- показатель материалоемкости – 0,15 ед.;
- показатель технического дизайна – 0,15 ед.;
- показатель эргономичности – 0,15 ед.

Если вышеуказанные показатели обозначить через  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ ,  $\alpha_4$  и  $\alpha_5$  соответственно, тогда значение  $K_{ИТ}$  составит:

$$K_{ИТ} = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 = 0,35 + 0,2 + 0,15 + 0,15 + 0,15 = 1,0$$

Единичные показатели для оценивания интегрального уровня показателя дизайна технологического оборудования приведены в табл. 1

**Таблица 1 – Единичные показатели интегрального уровня технического дизайна технологического оборудования**

| Наименование единичного показателя                                                                                   | Обозначение показателя | Количественное значение показателя |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------|
| Эстетическая выразительность формы и композиции оборудования                                                         | $\beta_1$              | 0,02-0,04                          |
| Рациональность и комфортность компоновки средств управления и контроля работы оборудования                           | $\beta_2$              | 0,02-0,04                          |
| Эстетичность внешнего вида оборудования по форме и цветовой гамме благоприятствующей работе оборудования и оператора | $\beta_3$              | 0,02-0,04                          |
| Наличие патента на промышленный образец оборудования                                                                 | $\beta_4$              | 0-0,03                             |

Количественный интервал 0,02-0,04 принят для возможности перевода качественной оценки уровня технического дизайна экспертами в количественные (табл.2). При этом максимальное значение показателя интегрального уровня дизайна для лучшего зарубежного аналога составит:

$$\alpha_4 = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 = 0,04 + 0,04 + 0,04 + 0,03 = 0,15$$

При отсутствии патента на промышленный образец оборудования значение показателя  $\beta_4$  (табл.1) принимается равным нулю. В случае наличия патента действующего внутри Украины,  $\beta_4 = 0,15$  ед., а при действии патента в группе промышленно развитых стран  $\beta_4 = 0,03$  ед. Наличие патента подтверждает, что художественно-эстетическая выразительность дизайнерского решения обладает существенными признаками, новизной, оригинальностью и промышленной применимостью.

**Таблица 2 – Перевод качественных значений показателей при оценивании уровня технического дизайна оборудования в количественные**

| Качественные показатели               | Высокий уровень<br>$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ | Средний уровень<br>$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ | Низкий уровень<br>$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ |
|---------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Количественное значение, ед. (табл.1) | 0,04                                           | 0,03                                           | 0,02                                          |

Единичные показатели для оценивания интегрального уровня показателя эргономичности технологического оборудования приведены в табл.3.

**Таблица 3 – Единичные показатели интегрального уровня эргономичности технологического оборудования**

| Наименование единичного показателя                                            | Обозначение показателя | Количественное значение показателя |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------|
| Соответствие оборудования европейским нормам или стандартам по эргономичности | $\gamma_1$             | 0,1                                |
| Соответствие оборудования европейским стандартам по безопасности              | $\gamma_2$             | 0,05                               |
| Соответствие оборудования рекомендациям по эргономичности в Украине           | $\gamma_3$             | 0,05                               |
| Соответствие оборудования нормам (требованиям) техники безопасности в Украине | $\gamma_4$             | 0,025                              |

Таким образом, максимальное значение интегрального уровня эргономичности для лучшего зарубежного аналога составит:

$$\alpha_5 = \gamma_1 + \gamma_2 = 0,1 + 0,05 = 0,15$$

Для случая соответствия оборудования рекомендациям по эргономичности или нормам техники безопасности в Украине их единичные показатели  $\gamma_3$  и  $\gamma_4$  (табл.3) рекомендуется принимать в два раза более низкими. Это обусловлено тем обстоятельством, что государственных стандартов по эргономичности для технологического оборудования в Украине нет, а по технике безопасности допускается работа оборудования в зоне предельно допустимых значений тех или иных факторов среды, отрицательно влияющих на здоровье обслуживающего персонала (табл.4).

**Таблица 4 – Параметры некоторых факторов среды, действующих в системе «человек-машина-окружающая среда» в Украине**

| Факторы среды, влияющие на человека | Зона комфортных значений | Зона предельно допустимых значений |
|-------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| Температура (в помещении)           | $+18 \div +20$ °C        | $\geq 38$ °C $\leq +12$ °C         |
| Освещенность                        | 200-1000 лк              | 100000 лк                          |
| Влажность                           | 30-70 %                  | $\geq 90$ % $\leq 10$ %            |
| Шум                                 | $\geq 0 \div \leq 80$ дБ | $\geq 94$ дБ                       |
| Концентрация CO <sub>2</sub>        | 0 - 0,1 %                | 0,5 $\div$ 10 %                    |
| Концентрация СО                     | 0                        | 0,01 – 0,03 %                      |
| Вибрация с амплитудой               | 0 – 0,1 мм               | 0,2 $\div$ 1,3 мм                  |

Для каждого типа технологического оборудования в пищевом производстве те или иные вредности являются основными: в моечных машинах – влаговыделение и влагосодержание в рабочей зоне; в дробилках – вибрация и шум; в мельницах – образование аэрозвеси пожароопасной пыли и др.

С использованием разработанных подходов выполнено оценивание интегрального технического уровня лучшего из группы иностранных аналогов молотковых дробилок и дробилки, изготавливаемой в Украине. В табл.5 приведены исходные технические характеристики указанных дробилок.

Интегральный технический уровень молотковой дробилки от украинского производителя (табл.5) в относительных единицах составит:

$$K_{\text{ИТ}} = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 = 0,189 + 0,046 + 0,083 + 0,06 + 0,075 = 0,453 \text{ ед.}$$

Таблица 5 – Технические показатели молотковых дробилок импортного и отечественного производства

| Показатели                              | Дробилка импортная | Дробилка от украинского производителя |
|-----------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| Производительность:                     |                    |                                       |
| — т/час                                 | 37                 | 20                                    |
| — относительных единицах ( $\alpha_1$ ) | 0,35               | $0,35 \cdot 20 / 37 = 0,189$          |
| Установленная мощность:                 |                    |                                       |
| — кВт                                   | 37                 | 160                                   |
| — относительных единицах                | 0,2                | $0,2 \cdot 37 / 160 = 0,046$          |
| Масса:                                  |                    |                                       |
| — кг                                    | 1945               | 3500                                  |
| — относительных единицах                | 0,15               | $0,15 \cdot 1945 / 3500 = 0,083$      |
| Технический дизайн:                     |                    |                                       |
| — качественный показатель               | высокий            | низкий                                |
| — относительных единицах                | 0,15               | $0,02 + 0,02 + 0,02 + 0 = 0,06$       |
| Эргономичность:                         |                    |                                       |
| — качественный показатель               | высокая            |                                       |
| — относительных единицах                | 0,15               | $0,05 + 0,025 = 0,075$                |

В сравнении с лучшим импортным аналогом (табл.5), который имеет  $K_{ит} = 1,0$ , показатели отечественного аналога ниже на 0,547 ед. или на 54,7 %.

Для повышения объективности количественного оценивания показателей как интегрального технического уровня оборудования для пищевого производства, так и показателей уровня по дизайну и эргономичности необходимо комплектование банка визуальной и технической информации по видам технологического оборудования, европейским стандартам по эргономике и безопасности.

#### Выводы

Разработаны методические подходы количественного оценивания показателей уровня технического дизайна и эргономичности технологического оборудования для пищевого производства.

С использованием предлагаемых подходов проведено оценивание интегрального технического уровня лучшей молотковой дробилки из группы зарубежных аналогов и дробилок от украинского производителя.

#### Литература

1. Рунге В.Ф. История дизайна, науки и техники. – М.: Архитектура – С. – 2008. – 368.
2. Егоров Б.В., Иванова Л.А., Котлик С.В. Технический дизайн. – Львов: Магнолия. – 2013. – 345 с.
3. Eskill Tyalve. A Short Course in Industrial Design New Nes Butterworths. London. – 1984. – 192 p.
4. Зинченко В.П., Мунипов В.М. Основы эргономики Интернет-ресурс доступ <http://www.myword.ru>, – 241 с.
5. Даниляк В.И., Мунипов В.М., Федоров М.В. Эргодизайн: качество, конкурентоспособность. – М.: Изд. стандартов. – 1990. – 197 с.
6. Малых С.В. Формирование инновационного процесса в машиностроении и металлообработке. – Одесса: Полиграф. – 2007. – 372 с.

УДК 658.512.2

## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭСТЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДИЗАЙНА

Григорова Т.М., канд. техн. наук, ст. преподаватель, Сагач Л.Н., преподаватель  
Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса

*Статья посвящена вопросам изучения факторов, границы которых определяют степень взаимодействия, доли влияния двух сфер человеческой деятельности, направленных на создание качественного, функционального и по – настоящему новаторского продукта, а именно деятельности дизайнера и ин-*



женера. Проанализированы их специфика их работы, задачи которые должны быть решены, определены приоритетные позиции при проектировании того или иного продукта.

*The article is devoted to the study of the factors that determines the qualitative degree of interaction, the influence of the proportion of the two spheres of human activity aimed at creating high-quality, functional and truly innovative products, namely of a designer and engineer. Analyzed their specificity, the tasks that need to be addressed, identifies priority position in the design of a product.*

Ключевые слова: дизайн, инженер, эстетизм, функционализм.

Наука о том, как должна выглядеть окружающая человека искусственная среда, какими средствами она должна создаваться, называется технической эстетикой. На ее основе разворачивается важный вид современной практики – дизайн, задачей которого является создание эстетически значимых машин, приборов, сооружений, интерьера, предметов быта. С одной стороны, дизайнерские разработки для крупных промышленных предприятий воплощаются в огромных количествах и распространяются во всех регионах мира, а с другой – постиндустриальная технология, благодаря своей гибкости, позволяет создавать изделия для очень небольших потребительских групп, ориентируясь при этом на индивидуальные запросы.

Лозунг «полезное должно быть прекрасным», выдвинутый дизайном на заре своего становления, сменился убеждением: «прекрасное и есть полезное».

Цель проектируемого изделия это ответ на потребность человека. Разрабатываемый проект «приходит в жизнь» в конкретное время и в конкретном месте. Для достижения цели необходимо учитывать внешние и внутренние факторы: технические характеристики изделия, его экономичность, характер материалов и конструктивных элементов, технологичность, удобство транспортировки и хранения и т.д. В ходе разработки большую роль играет аналитическая деятельность самого дизайнера, критика профессионалов, мнение заказчика и потребителя.

Решать проблемы единства красоты и пользы взял на себя в 20 веке промышленный дизайнер. Не противопоставления красоты и пользы, не отождествление их друг с другом, а гармоничное единство этих качеств, вот как ставит вопрос современный дизайнер.

Целью исследования является выявление в объекте его функции (функций), реализуемой в конструкции (рассчитанной на определенные технологии изготовления и материалы) и способа использования объекта [1].

Предметом исследования является анализ проектной деятельности по созданию объектов дизайна с учетом эстетических и потребительских свойств.

Предметно-пространственная среда играет ответственную роль в формировании и организации процессов жизнедеятельности человека. Гармонично организованная среда обеспечивает необходимые удобства, комфорт и экологическую чистоту человеческой деятельности, а, следовательно, и достижение высоких конечных результатов. Мы противостоям возрастающему многообразию самых различных форм жизни, концепций знания; способов ориентации, но уже обнаружили законность и неоспоримость этого многообразия, и безоговорочно признаем и оцениваем это.

В этой статье мы рассмотрим, как в дизайне объединяются вопросы технической целесообразности и эстетического восприятия изделия.

#### **Научно-техническое и эстетическое начало в дизайне**

Дизайнер имеет особый класс задач, отличающихся от обычных задач традиционных проектировщиков. Этот особый класс задач является общим для проектирования самых различных объектов. Инженера призывают смотреть на машину как на относительно изолированную механическую систему. Таким образом для традиционного инженера объектом проектирования выступает не предметная среда, а некая замкнутая система, характеризующаяся набором четко определенных параметров. Инженер проектирует машину, которая будет отвечать всем требованиям технического задания. От него не требуют удовлетворения эстетических вкусов заказчиков. Художнику-оформителю раньше могли поручить внешнее оформление уже готовой машины. Например, окрасить ее в какой-нибудь цвет. Художник-оформитель не обязан был вникать в устройство этой машины. Нужен был специалист, который объединил бы художественное и техническое начало. Этим специалистом стал дизайнер. Он подходит к проектированию предмета с точки зрения технической функции и его эстетического начала [2].

Промышленный дизайн сосредоточен на улучшении всех потребительских свойств приборов, оборудования и машин, имея ввиду и рентабельность их массового производства и формально-эстетического достоинства. Стало быть объект дизайна это особенные формы дизайнерской продукции, характеристики размера, конфигурации, цвета, фактуры, ритма, которые должны быть преобразованы мастерством и интуицией автора в эстетической системе символики или образа.

Роль дизайнера как художника-творца применительно к изделию разного плана неодинаково. Так существуют объекты с преобладающими утилитарными требованиями к их оформлению [4].

Это станки, приборы, машины и т.д. При создании этих предметов возможности в разнообразии поиска дизайнера более ограничены. Тут форма изделия очень тесно связана с его технической конструкцией. В современной методике дизайна как неперемное условие достижения эстетической выразительности изделия технического назначения выделяется:

- обеспечение оптимального функционирования;
- применение технически прогрессивных материалов, конструкций, технологических процессов;
- наглядное выявление в форме закономерностей её функциональных и технологических процессов.



Рис. 1 – Смеситель конический



Рис.2 – Линия купажного сиропа для сыпучих продуктов

И вместе с тем дизайн городской среды предъявляет свои требования:

- multifunctionality, а вследствие этого высокий уровень мобильности и вариативности как дизайн-пространства в целом, так и формирующих его элементов;
- компактность и соразмерность человеку, его геометрические размеры определяются главным образом на основе эргономических требований при выполнении необходимых – в связи с предназначением дизайн-пространства – функциональных действий;
- высокий уровень комфорта (физиологического, эмоционально-психологического, эстетического) и технического оснащения, а, следовательно, интерактивность и интеллектуальность дизайн-пространства, способного реагировать на различные типы потребителя и подстраиваться под меняющиеся ситуации.



Рис.3 – Скамья-рекламный щит



Рис.4 – Скамья-светильник

### **Красота и польза в продукте дизайна**

Понятие красота это порождение сознания человека. Красота – это оценка каких-то предметов, совершенно не заинтересованная и обусловленная тем эстетическим чувством, которое этот предмет вызывает понятие красоты тесно связано с целесообразностью. С развитием профессионального искусства красота и польза все больше начинают сопоставляться и разделяться. Особенно отчетливо это проявилось в эпоху Возрождения. С развитием капитализма разделение красоты и пользы углубляется. Появляются изделия утилитарного назначения, которые отказываются быть красивыми. Декоративные формы и конструктивная основа механически накладываются друг на друга, более слабо связаны между собой. Решить проблему красоты и пользы взял на себя в 20 веке промышленный дизайн. Ведь успех конкретного изделия на рынке в немалой степени зависит от внешнего вида изделий и удобства их использования [3].

Дизайн отвергал противопоставление красоты и пользы, проповедовал их единство и качество. Функционализм – отождествлял красоту и пользу. Формула соответствия формы изделия его функции достаточно относительна. Функция абстрактна, а форма всегда конкретна. Приступая к проектированию какого-либо объекта, человек делает скачек от абстрактного к конкретному. Результаты этого процесса во многом зависят от самого человека. Следовательно, та конкретность, которую приобретает в форме предмета абстрактная функция, задается человеком – творцом, который и является критерием связи красоты и полезности изделия [5].

В современной методике дизайна как неперенные условия достижения эстетической выразительности изделия технического назначения выделяются:

- обеспечение оптимального функционирования;
- применение технически прогрессивных материалов, конструкции, технологических процессов;
- наглядное выявление в форме закономерностей ее функционального и технического строения, учет композиционно-стилистических требований.

Для изделий, создающихся с преобладанием эстетических требований, важнейшими условиями являются:

- следование стилю, моде, образному смыслу;
- совершенство композиционного решения;
- учет технических, конструктивных, технологических и прочих моментов формообразования.

Дизайн, как проектная деятельность особого рода, имеет определенную спецификацию, проявляющуюся в доминировании эстетически представленной практической функции. При проектировании изделий технического назначения, основными требованиями являются: функциональные, технологические, эстетические [6].

Формирование художественного образа объектов дизайнерского творчества ориентировано на выявление в их облике присущего им культурного смысла, той роли, которую они призваны играть в целостном социально-культурном контексте жизнедеятельности людей. Художественно-образное моделирование свойств объекта включает в себя выявление в объекте его функции (функций), реализуемой в конструкции (рассчитанной на определенные технологии изготовления и материалы), способа использования объекта, что находит отражение в его форме с учетом утилитарных и эстетических запросов и предпочтений тех или иных групп потребителей, а также ориентации на определенные ситуации и среду восприятия и использования изделия.

### **Литература**

1. Горнов А.О. Элементы технической эстетики и эргономики. М., 2002. – 247 с.
2. Ле Корбюзье. Архитектура XX века: Пер. с фр. М.: Прогресс, 1975. – 302 с.
3. Мельников К.С. Архитектура моей жизни. Творческая концепция. Творческая практика. М.: Искусство. – 1985. – 311 с.
4. Бхаскаран Л. Дизайн и время. Стил и направления в современном искусстве и архитектуре. М.: Арт-Родник. – 2006. – 258 с.
5. Грашин А.А. Методология дизайн-проектирования элементов предметной среды. Учеб. пос. М.: Архитектура. – 2004. – 232 с.
6. Harold Van Doren, Industrial Design, P. 15-16.

## ЗМІСТ

### РОЗДІЛ 1

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

|                                                                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕРОБКИ ПІДГОТОВЛЕНОГО ЗЕРНА НУТУ В КРУПИ<br>Шутенко Є.І., Москвіна Н.З.....                                                                                             | 4  |
| ВПЛИВ ВОДНОТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА НА ВИХІД І ЯКІСТЬ ЦІЛОЇ КРУПИ З ГОЛОЗЕРНОГО<br>ВІВСА<br>Соц С.М., Волошенко О.С., Кустов І.О.....                                                    | 7  |
| ВИВЧЕННЯ ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ ПЛАСТИВЦІВ ІЗ ПРОРОЩЕНОГО ЗЕРНА ПШЕНИЦІ<br>Фоміна І.М., канд. техн. наук, доцент, Івахненко О.О., аспірант.....                                             | 10 |
| ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ, КАК СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ<br>ПРОЦЕССОМ РАЗМОЛА ЗЕРНА<br>Афонасенко К.В., Панкратов Г.Н.....                                                   | 13 |
| ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ТВЕРДОЙ ПШЕНИЦЫ, ВЫРАЩЕННОЙ В<br>УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ<br>Кошак Ж.В., Минина Е.М., Кошак А.Э.....                                         | 16 |
| РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ФУНКЦІОНАЛЬНИХ КОРМОВИХ ДОБАВОК<br>Єгоров Б.В., Бордун Т.В., Шарова А.І., Михайлова В.П. ....                                                          | 20 |
| ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ЕКСТРУДОВАНОЇ<br>КОРМОВОЇ ДОБАВКИ<br>Єгоров Б.В., Ворона Н.В. ....                                                            | 26 |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ І ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ЕКСТРУДОВАНОЇ<br>КОРМОВОЇ СУМІШІ<br>Єгоров Б.В., Фігурська Л.В.....                                                               | 32 |
| АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ КАЛЬЦИЙСОДЕРЖАЩИХ<br>МИНЕРАЛЬНЫХ КОРМОВЫХ ДОБАВОК В КОРМЛЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПТИЦЫ<br>Єгоров Б.В., Малаки І.С.....                  | 38 |
| РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ВІТАМІННО-МІНЕРАЛЬНОЇ ДОБАВКИ ДЛЯ<br>СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПТИЦІ<br>Турпурова Т.М. ....                                                                | 41 |
| ПРОБЛЕМЫ ЗАМЕНЫ АНТИБИОТИКОВ В КОРМЛЕНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПТИЦЫ<br>Єгоров Б.В., Кузьменко Ю.Я. ....                                                                                | 46 |
| ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВЕГЕТАТИВНИХ ЧАСТИН СОЇ ПРИ<br>ВИРОБНИЦТВІ КОМБІКОРМІВ<br>Левицький А.П., Чайка І.К., Лапінська А.П., Цуркан Л.О.....                           | 50 |
| ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПИНАМБУРА КАК РЕГУЛЯТОРА КИШЕЧНОЙ<br>МИКРОФЛОРЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ<br>Левицкий А.П., Чайка И.К., Лапинская А.П., Воецкая Е.Е. .... | 53 |
| БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИКОРМОВ ДЛЯ ПОРОСЯТ С ВВОДОМ<br>ФЕРМЕНТНОГО ПРЕПАРАТА<br>Воецкая Е.Е., Лапинская А.П., Макаринская А.В. ....                                    | 59 |
| ОБОСНОВАНИЕ СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМБИКОРМОВ ДЛЯ ЛОШАДЕЙ<br>Єгоров Б.В., Цюндык А.Г.....                                                                                     | 63 |

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| КОМПЛЕКСНА ПЕРЕРОБКА ВІДХОДІВ ЗЕРНОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМПЛЕКСУ ГІДРОЛАЗ ДРІЖДЖІВ <i>S. CEREVISIAE</i> |    |
| Данилова О.І., Решта С.П. ....                                                                                     | 67 |
| КЛАСИФІКАЦІЯ І ХАРАКТЕРИСТИКА ТВЕРДИХ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВІДНОВЛЮВАНИХ ВИДІВ БІОЛОГІЧНОГО ПАЛИВА                       |    |
| Бордун Т.В. ....                                                                                                   | 71 |
| СПОСОБИ ПОЛІПШЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК БІОДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА                                                              |    |
| Осадчук П. І., Кудашев С. М. ....                                                                                  | 77 |
| ВИКОРИСТАННЯ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ ОЛІЇ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНЕ ПАЛИВО                                            |    |
| Осадчук П.І., Кудашев С.М. ....                                                                                    | 79 |
| КОМПЛЕКСНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ЗЕРНОПЕРЕРОБНОЇ ГАЛУЗІ                                                         |    |
| Браженко В.Є. ....                                                                                                 | 83 |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ПРИЙМАННЯ ЗЕРНА З АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ НА ПрАТ «УКРЕЛЕВАТОРПРОМ»             |    |
| Буценко І.М., Станкевич Г.М., Страхова Т.В., Будюк Л.Ф. ....                                                       | 87 |
| ХІМІЧНІ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ СВІЖОЗІБРАНОВОГО ЗЕРНА ПРОСА                                                  |    |
| Овсянникова Л.К., Євдокимова Г.Й., Калаянова В.В., Драч П.Л. ....                                                  | 91 |

## РОЗДІЛ 2

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

|                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ПРИМЕНЕНИЕ КИЗИЛОВОГО ПЮРЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЛУКУМА СБИВНОГО                                                             |     |
| Иоргачова Е.Г., Гордиенко Л.В., Толстых В.Ю., Аветисян К.В. ....                                                      | 97  |
| ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО–СТАТИСТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗЕФИРА С СИНБИОТИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ                             |     |
| Коркач А.В., Пшенишнюк Г.Ф., Пальчук С. ....                                                                          | 100 |
| РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ БОРОШНЯНИХ ДЕСЕРТНИХ ВИРОБІВ ІМУНОСТИМУЛЮВАЛЬНОЇ ДІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ АППРОДУКТІВ                  |     |
| Д’яконова А.К., Вікуль С.І., Салавеліс А.Д., Коновал М.П. ....                                                        | 103 |
| ВИЗНАЧЕННЯ $\beta$ -ГЛЮКАНІВ МЕТОДОМ БІЧ-СПЕКТРОСКОПІЇ                                                                |     |
| Капельянец Л.В., Шпирко Т.В., Шунько Г.С., Труфкаті Л.В., Щапін О.Ф. ....                                             | 108 |
| ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНОЇ СИРОВИНИ ТА НАПІВФАБРИКАТІВ В ТЕХНОЛОГІЇ ЖИТНЬО-ПШЕНИЧНОГО ХЛІБА                           |     |
| Пшенишнюк Г. Ф., Чабан А.Б. ....                                                                                      | 111 |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН ЯКОСТІ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ ІЗ ЗАМОРОЖЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ                                          |     |
| Солоницька І.В., Пшенишнюк Г.Ф., Іваненко В.О. ....                                                                   | 116 |
| ХМЕЛЕВІ ЕКСТРАКТИ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ МІКРОБІОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ ІЗ ПШЕНИЧНОГО БОРОШНА |     |
| Лебеденко Т.Є., Кананихіна О.М., Соколова Н.Ю., Кожевнікова В.О. ....                                                 | 122 |
| ВПЛИВ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ ІЗ ЗАРОДКІВ ПШЕНИЦІ НА СПОЖИВНІ ВЛАСТИВОСТІ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ                           |     |
| Олійник С.Г., Лисюк Г. М., Кравченко О.І. ....                                                                        | 128 |
| ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ПОДОВИХ ВИРОБІВ ЗІ СЛАБКОГО ПШЕНИЧНОГО БОРОШНА                                        |     |
| Шаніна О.М., Гавриш Т.В. ....                                                                                         | 132 |

|                                                                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ ФЕРМЕНТУ ТРАНСГЛЮТАМІНАЗИ НА КОНФІРМАЦІЙНИЙ СТАН БІЛКІВ БОРОШНЯНОГО ТІСТА<br>Шаніна О.М., Лобачова Н.Л. ....                                                                 | 135 |
| ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЗНИЖЕННЯ ЛАМКОСТІ БОРОШНЯНИХ ФОРМОВАНИХ ВИРОБІВ<br>Дугіна К.В., Шаніна О.М. ....                                                                                          | 139 |
| ВПЛИВ ОКРЕМИХ ІНГРЕДІЄНТІВ НА ЯКІСТЬ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ, ВИГОТОВЛЕНИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ПЛАЗМОХІМІЧНОАКТИВОВАНОЇ ВОДИ<br>Миколенко С.Ю. ....                                               | 142 |
| ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ХЛІБА НА ХМЕЛЬОВІЙ ЗАКВАСЦІ З ПРОРОСЛИМ ЗЕРНОМ ПШЕНИЦІ<br>Пересічна С.М., Пахомська О.В. ....                                                    | 147 |
| ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА БИСКВИТНОГО ТЕСТА С ПОЛИСАХАРИДАМИ<br>Клюкина О.Н., Куданович Л.А., Путятин К.В., Птичкина Н.М. ....                                                               | 150 |
| ВИКОРИСТАННЯ ЦУКРОЗАМІННИКІВ НОВОГО ПОКОЛІННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ БІСКВІТІВ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ<br>Дорохович В.В., Абрамова А.Г. ....                                                          | 153 |
| ВПЛИВ ПОЛІОЛУ ІЗОМАЛЬТИТОЛУ ТА МОНОСАХАРИДУ ФРУКТОЗИ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МАРШМЕЛОУ У ПРОЦЕСІ ЗБЕРІГАННЯ<br>Дорохович А.М., Фоменко В.В., Малиновський В.В., Бадрук В.В. .... | 158 |
| ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ТА ХАРЧОВОЇ ЦІННОСТІ МАФФІНІВ<br>Самохвалова О.В., Олійник С.Г., Касабова К.Р. ....                                                                                        | 163 |
| ВИЗНАЧЕННЯ АДГЕЗІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТІСТА БЕЗГЛЮТЕНОВИХ МАФФІНІВ<br>Лазоренко Н.П., Омелянченко І.С. ....                                                                                     | 167 |
| МАСЛЯНИЙ НАПІВФАБРИКАТ ДЛЯ БОРОШНЯНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ<br>Мирошник Ю.А., Гавриш А.В., Доценко В.Ф. ....                                                                                 | 170 |
| РИСОВЕ БОРОШНО – ПЕРСПЕКТИВНА СИРОВИНА ДЛЯ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ ПРОДУКТІВ<br>Кулініч В.І., Гавриш А. В., Доценко В.Ф. ....                                                                          | 175 |
| ПОВЫШЕНИЕ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ МАКАРОННЫХ ИЗДЕЛИЙ С ПОМОЩЬЮ ПОРОШКОВ ПЛОДОВ И ЯГОД<br>Кошак Ж.В., Покрашинская А.В. ....                                                                         | 179 |
| ПОЛІПШЕННЯ КУЛІНАРНИХ ДОСТОЇНСТВ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ФЕРМЕНТУ ТРАНСГЛЮТАМІНАЗА<br>Шаніна О.М., Зверев В.О., Теймурова А.Т. ....                                              | 184 |

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

|                                                                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ЗНЕВОДНЕННЯ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ В ЕЛЕКТРОМАГНІТНОМУ ПОЛІ<br>Бурдо О.Г., Терзієв С.Г., Яровий І.І., Борщ А.А. ....                                                 | 190 |
| РАЗРАБОТКА ВАЛЬЦЕДЕКОВОГО СТАНКА<br>Петров В.Н., Бабич М.Б., Колосовский С.В. ....                                                                              | 194 |
| ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И РАСЧЁТА ЭЛЕКТРОВИБРАТОРНОГО ПРИВОДА РАБОЧИХ ОРГАНОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН В ПОСТУПАТЕЛЬНО-ВОЗВРАТНОЕ ДВИЖЕНИЕ<br>Солдатенко Л.С. .... | 199 |

|                                                                                                                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ НА ТРАЕКТОРИЮ ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦЫ ПО ПОВЕРХНОСТИ РАБОЧЕГО ОРГАНА ВИБРАЦИОННОГО СЕПАРАТОРА<br>Батт А.В., Чумаченко Ю.Д. ....                                      | 202 |
| ПРОЕКТИРОВАНИЕ КРИВОШИПНО-ПОЛЗУННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ИМПУЛЬСНОГО РЕДУКТОРА ПРИВОДА ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН<br>Амбарцумянц Р.В., Аванесьянц Г.А. ....                                             | 207 |
| ОБ ОДНОЙ КОНСТРУКЦИИ СКРЕБКОВОГО КОНВЕЙЕРА С ПОДВИЖНЫМ ДНОМ ЖЕЛОБА<br>Амбарцумянц Р.В., Орлова С.С. ....                                                                                             | 211 |
| ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ПОРШНЕВИХ КІЛЕЦЬ З АЗОТОВАНИМ МОЛІБДЕНОВИМ ПОКРИТТЯМ<br>Соколов О.Д., Маннапова О.В. ....                                                                                             | 214 |
| ДОСЯГНЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРОЦЕСУ ХРОМУВАННЯ<br>Соколов О.Д. ....                                                                                                                               | 218 |
| МЕТОДОЛОГИЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ<br>Лищенко Н.В. ....                                                                                                                                  | 227 |
| РАЗРАБОТКА НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ БЫТОВЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРИБОРОВ АБСОРБЦИОННОГО ТИПА, СОВМЕЩАЮЩИХ ФУНКЦИИ ХОЛОДИЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ И ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ<br>Титлов А.С., Вольневич С.В., Козонова Ю.А. .... | 231 |
| МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НОРИИ КАК ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ С ИЗМЕНЯЮЩИМИСЯ СВОЙСТВАМИ. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ И СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ ЛЕНТЫ<br>Хобин В.А., Кирьязов И.Н. ....        | 241 |
| УПРАВЛЕНИЕ ПОТОЧНО-ТРАСПОРТНЫМИ ЛИНИЯМИ ПРИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ НАГРУЗКАХ В ПРЕДАВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ<br>Хобин В.А., Шестопапов С.В. ....                                                                      | 249 |
| УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ ЗЕРНА: КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ, ЗАПАСОВ, СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ<br>Свитый И.Н. ....                                                                                                 | 256 |
| МЕТОДЫ ВИДЕОКОНТРОЛЯ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ<br>Егоров В.Б. ....                                                                                           | 261 |
| ВИКОРИСТАННЯ КРИПТОГРАФІЧНИХ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ<br>Лобода Ю.Г., Орлова О.Ю. ....                                                                                                 | 266 |
| ВИЗНАЧЕННЯ ПРОФІЛІВ РЕФЛЕКТОРІВ СУШАРОК, ЯКІ ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ РІВНОМІРНЕ ОПРОМІНЮВАННЯ ПРОДУКТУ<br>Плевако В.П., Кіптела Л.В., Педорич І.П., Загорулько А.М. ....                                        | 271 |
| ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ ІНЕРЦІЙНО-ФІЛЬТРУВАЛЬНИХ СЕПАРАТОРІВ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ<br>Аль Раммахі Мустафа М.М., Логвин А.В., Ляпощенко О.О., Склабінський В.І. ....                | 277 |
| ЛАМИНАРНОЕ ТЕЧЕНИЕ ТОНКОГО СЛОЯ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ ПО НАКЛОННОЙ ПОВЕРХНОСТИ В КАНАЛЕ С ГАЗОВЫМ ПОТОКОМ<br>Кирилов В.Х., Худенко Н.П., ....                                                              | 281 |
| НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ФАКЕЛЬНОГО ГОРЕНИЯ<br>Бондаренко А.В., Волков В.Э., Максимов М.В. ....                                                                                                                | 287 |

РОЗДІЛ 4  
**СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ЗЕРНОПЕРЕРОБНОЇ ГАЛУЗІ**

**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЗЕРНОВОЙ И МАСЛИЧНОЙ ОТРАСЛЕЙ  
УКРАИНЫ**

Трач А.Р., Тришин Ф.А. ....294

**К ПРОБЛЕМЕ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ДИЗАЙНА И  
ЭРГОНОМИЧНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Иванова Л.А., Малых С.В., Смирнова С.А. ....297

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭСТЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДИЗАЙНА**

Григорова Т.М., Сагач Л.Н. ....300



Наукове видання

# НАУКОВІ ПРАЦІ

**В И П У С К 44, 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 12.09.2013 р. Формат 60×84/8. Папір офсетний.  
Ум. друк. арк. 35,92. Тираж 100 прим.