

6 30 Автор еф.
Одесский технологический институт пищевой промышленности
имени М.В. Ломоносова

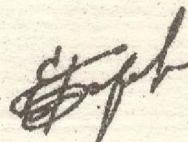
На правах рукописи

Для служебного пользования

экз. №

00099

ЕГОРОВ Богдан Викторович



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ТЕХНОЛОГИИ КОМБИКОРМОВ

Специальность 05.18.02 - технология зерновых, бобовых,
крупяных продуктов и комбикормов

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

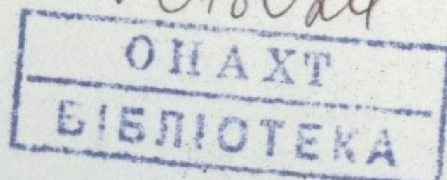
Одесса - 1990

8

20 июля 90

Работа выполнена на кафедре технологии комбикормов
Одесского технологического института пищевой промышленности
имени М.В.Ломоносова

Официальные оппоненты - доктор технических наук,
профессор Мельников Е.М.
- доктор технических наук,
профессор Мерко И.Т.
- доктор биологических наук,
ст.науч.сотр. Вовчук С.В.



Ведущая организация - Украинский филиал Всесоюзного научно-исследовательского института комбикормовой промышленности ВНИО "Комбикорм" /г.Киев /

Защита состоится "22" декабря 1990 г. в 10³⁰ ч.
на заседании специализированного совета Д 068.35.01 при Одес-
ском технологическом институте пищевой промышленности имени
М.В.Ломоносова по адресу: 270039, г.Одесса, ул.Свердлова, 112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского
технологического института пищевой промышленности имени М.В.Ло-
моносова.

Автореферат разослан "21" ноября 1990 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,

ОНАХТ 26.09.11
Научно-технические о



v018024

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Необходимость существенного повышения качества комбикормов и снижения затрат электроэнергии в промышленном производстве обусловили появление ряда научно-технических проблем в комбикормовой промышленности, развитию которой в нашей стране уделялось недостаточное внимание. Например, лишь незначительная часть зернового сырья, используемого при производстве комбикормов, подвергается тепловой обработке. Низкая эффективность использования необработанного зерна приводит к росту его дефицита. В связи с этим важное значение приобретает развитие технологий специальной обработки зерна, позволяющих повысить его кормовую ценность, и использование нетрадиционных источников растительного белка и углеводов. Это привело к увеличению доли в составе комбикормового сырья зерна сои, белок которой отличается высокой кормовой ценностью и сравнительно низкой стоимостью, а также других районированных в нашей стране высокоурожайных злаковых культур, в частности зерна сорго. Однако использование зерна сои и сорго в составе комбикормов без специальной обработки приводит к снижению продуктивности сельскохозяйственных животных и птицы из-за наличия целого ряда антипитательных веществ, разрушающихся в процессе тепловой обработки. Выбор способа и режимов тепловой обработки вызывают затруднения, обусловленные недостаточной информацией об эффективности и кинетических закономерностях разрушения антипитательных соединений, а также об изменении состава и усвояемости питательных веществ.

Повышение кормовой ценности комбикормов достигается также путем ввода жидких компонентов и, в первую очередь, мелассы, широкое использование которой ограничено неудовлетворительными физическими свойствами, что вызывает необходимость совершенствования технологического процесса ее подготовки. Кроме того, в совершенствовании нуждается весь технологический процесс производства комбикормов, так как существующая последовательность технологических операций не позволяет резко увеличить производство комбикормов, например, в виде крупки, потребность которой для птицеводства удовлетворяется лишь на 10 %, а также уменьшить удельный расход электроэнергии на получение комбикормовой продукции. Однако существующие методы оценки эффективности и расчета технологических схем не позволяют создавать эффективные технологические

процессы производства комбикормов. Очень мало работ посвящено вопросам оценки развития технологических процессов и их прогнозирования. Развитие современных методов исследования обуславливает возможность системного обобщения ранее полученных результатов и разработки научно-технических основ совершенствования технологии комбикормов. В связи с этим в основу работы была положена концепция системного решения комплекса взаимосвязанных научно-технических проблем:

- совершенствования анализа, синтеза и прогнозирования развития технологических процессов производства комбикормов;
- совершенствования технологических процессов повышения кормовой ценности зерна, повышения эффективности ввода жидких компонентов в состав комбикормов;
- совершенствования технологического процесса производства комбикормов повышенной кормовой ценности.

Решение вышеизложенных проблем приобретает народнохозяйственную значимость и является актуальным. Работа выполнялась в соответствии с координационным планом научно-исследовательских и опытных работ Министерства хлебопродуктов СССР на период 1987...1990 г. (разделы I.01.75-02 и I.01.76-21), планом важнейших научно-исследовательских и конструкторских работ Министерства хлебопродуктов Украинской ССР и является одной из ведущих в направлении научных исследований в институте (регистрационный номер 01.86.0084168).

Цель и задачи исследования. Целью диссертации является анализ и синтез новых технологических процессов производства комбикормов повышенной кормовой ценности. При достижении поставленной цели решены следующие задачи:

- разработать научно-технические основы анализа и синтеза новых энергосберегающих технологических процессов производства комбикормов повышенной кормовой ценности;
- изучить особенности развития технологических процессов производства комбикормов, обосновать метод прогнозирования развития новых технологий;
- обосновать показатель стабильности технологических процессов, разработать методику его определения и пути повышения стабильности технологического процесса измельчения зернового сырья;
- усовершенствовать расчет схем комбикормовых заводов на основе квазиоптимального подбора технологического оборудования;

- изучить особенности изменения биохимических и технологических свойств зерна в процессе его тепловой обработки, обосновать оптимальные режимы, усовершенствовать аппаратное оформление технологического процесса;

- разработать технологические основы повышения эффективности ввода жидких компонентов в состав комбикормов;

- разработать и обосновать технологии производства комбикормов в виде хлопьев, в виде смеси круп и в гранулированном виде без измельчения зерна, обеспечивающие снижение удельного расхода электроэнергии не менее, чем на 10 % и выпуск комбикормов повышенной кормовой ценности.

Научная новизна. Теоретически обобщены и решены научно-технические проблемы совершенствования технологии комбикормов. Обоснован метод прогнозирования развития технологических процессов производства комбикормов, усовершенствована оценка их эффективности. Обоснован показатель стабильности и методика его определения. Установлена количественная взаимосвязь между стабильностью и однородностью технологических потоков, предложены пути стабилизации технологических процессов производства комбикормов. Обоснован показатель технологической целостности и усовершенствован метод расчета схем комбикормовых заводов.

Показана наибольшая эффективность влаготепловой обработки зерна в сравнении с другими способами тепловой обработки. Выявлены и математически описаны закономерности, характеризующие процесс разрушения основных антипитательных веществ зерна сои и сорго, впервые установлена взаимосвязь сортовых особенностей зерна и режимов влаготепловой обработки, изучено ее влияние на биохимические, физические, санитарные свойства и микроструктуру зерна. Показано преимущество влаготепловой обработки в подвижном зерновом слое, разработаны конструкции пропаривателей нового типа. Исследованы биохимические свойства новых жидких добавок для производства комбикормов: жидкого концентрата растительного белка и суспензии пшеничных зародышевых хлопьев. Доказана возможность повышения эффективности ввода в состав комбикормов пенообразной мелассы, изучены ее свойства и условия получения.

Теоретически обоснована и экспериментально подтверждена возможность получения комбикормов в виде хлопьев, в виде смеси круп и в гранулированном виде без измельчения зерна. Разработана физическая модель взаимодействия компонентов прессуемого комбикор-

ма. Изучены физические, биохимические и санитарные свойства новых видов комбикормов, условия их получения и эффективность хранения. Доказана высокая кормовая ценность комбикормов, разработанных по разработанным технологиям.

Новизна предложенных технических решений, полученных в результате выполненных исследований, подтверждена 14 авторскими свидетельствами и 5 заявками, на которые получены положительные решения ВНИИГПЭ, две из них, описывающие технологии производства комбикормов без измельчения зерна, закрыты Госкомизобретений СССР и имеют грифы "не подлежит опубликованию в открытой печати" в связи с предполагаемой продажей лицензий и патентованием за рубежом.

Практическая ценность. Разработан метод прогнозирования развития технологических процессов производства комбикормов, разработаны технологические основы повышения их стабильности. Разработан метод и алгоритм расчета технологических схем комбикормовых заводов, предложен состав технологических модулей и разработан комбикормовый компакт-завод на их основе.

Разработаны оптимальные режимы влаготепловой обработки зерна, схема технологического процесса и усовершенствовано его аппаратурное оформление. Разработаны технологические основы и схемы технологических процессов подготовки и ввода в состав комбикормов жидкого концентрата растительного белка, суспензии пшеничных зародышевых хлопьев и вспененной мелассы.

Разработаны технологические основы производства комбикормов в виде хлопьев, в виде смеси крупок и в гранулированном виде без измельчения зерна, определена оптимальная последовательность технологических операций и разработаны схемы технологических процессов производства новых видов комбикормов. Проведена зоотехническая оценка кормовой ценности обработанного зерна и новых комбикормов.

Основные результаты работы внедрены на Добельском КХП Латвийской ССР, Кировоградском КХП № 2 и Новоукраинском КХП Украинской ССР. Экономический эффект от внедрения разработок в промышленности за 1987...1990 гг. составил 477,9 тыс. руб.

Апробация работы. Основные материалы диссертации докладывались и обсуждались на Всесоюзных научно-технических конференциях (Москва, 1984; Грозный, 1986; Москва, 1988, 1989), Всесоюзных научно-технических совещаниях (Краснодар, 1987; Запорожье, 1988), Республиканских научно-технических конференциях (Тбилиси, 1982; Киев, 1989), Республиканских научно-технических совещаниях (Киев, 1989,

1990), ученых и научно-технических советах ВНИИП (Воронеж, 1986), Украинского филиала ВНИИП ВПО "Комбикорм" (Киев, 1987), Минхлебопродуктов Латвийской ССР (Рига, 1987), Минхлебопродуктов Украинской ССР (Киев, 1987, 1989), межвузовских научно-практических конференциях (Одесса, 1989; Куйбышев, 1989), научных конференциях преподавательского состава ОТИП им. М.В. Ломоносова (1982...1990).

Публикация результатов. По результатам исследований опубликовано 2 брошюры, 45 научных статей, получено 14 авторских свидетельств СССР на изобретения и 5 положительных решений ВНИИП на выдачу авторских свидетельств.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка литературы и приложений. Содержание диссертации изложено на 300 стр. машинописного текста, 211 рисунках и 68 таблицах.

На защиту выносятся: теоретическое и экспериментальное обоснование прогнозирования развития технологических процессов производства комбикормов, оценки и повышения их стабильности; кинетические закономерности процесса влаготепловой обработки зерна, его оптимальные режимы, аппаратное оформление и комплексные показатели эффективности; теоретическое и экспериментальное обоснование повышения эффективности ввода жидких компонентов в состав комбикормов; принципиально новые научно-технические основы энергоэкономного производства комбикормов повышенной кормовой ценности; результаты экспериментальных исследований и промышленных испытаний технологических процессов производства комбикормов в виде хлопьев, в виде смеси крупок и в гранулированном виде без измельчения зерна.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность направлений исследований, выполненных в настоящей диссертационной работе. Сформулированы цель и задачи работы.

В первой главе "Научно-технические проблемы совершенствования технологии производства комбикормов" рассмотрены теоретические основы анализа и синтеза технологических процессов, показан недостаточный уровень разработок в этой области. На основе работ Н.П. Бусленко, В.Е. Власова, А.А. Воронова, В.П. Захарова, В.А. Панфилова и др. обобщены сведения по оценке стабильности технологических процессов.

Рассмотрены современное состояние и особенности технологии производства комбикормов. По объему производства комбикормов СССР занимает 2-е место в мире, а по производству комбикормов в расчете на одного жителя страны - всего лишь 9-е, что указывает на необходимость совершенствования сложившихся технологических структур. Проанализирован ассортимент продукции комбикормовой промышленности и приведена классификация комбикормов по физическому состоянию. Рассмотрены научно-технические проблемы повышения кормовой ценности зерна и комбикормов. Совершенствованию технологии производства комбикормов посвящены работы О.Т. Балацкого, Л.А. Глебова, Л.Р. Дударева, Г.А. Егорова, Л.И. Кроппа, Г.М. Кукты, В.И. Левченко, Я.Ф. Мартыненко, Е.М. Мельникова, И.Т. Мерко, А.И. Орлова, В.И. Сыроватки, И.К. Чуйки, Н.П. Чернышева, *K. Behnke, Z. Katic, L. Kojic, K. Larrison, R. Leaver, I. Lien, D. Maier, M. Morgan, D. Pfost, N. Simmons, F. Wagner* и многих других. Анализ и обобщение рассмотренных работ показали, что дальнейшее развитие технологии комбикормов связано с разработкой энергосберегающих технологических процессов и повышением кормовой ценности выпускаемой продукции.

Глава вторая посвящена выбору объектов и методов исследования. Объектам исследования служили основные виды зерна, жидкие компоненты, рассыпные и гранулированные комбикорма для сельскохозяйственной птицы, свиней и крупного рогатого скота, а также технологические процессы их получения. При проведении экспериментальных исследований широко использовались современные методы исследований: фотосколориметрия, газожидкостная хроматография, электронно-сканирующая микроскопия и др. Дано краткое описание и перечень применяемых стандартных, общеизвестных и оригинальных методов исследований. Схема проведения исследований, иллюстрирующая взаимосвязь между теоретическими и экспериментальными этапами, представлена на рис. 1. Экспериментальные данные обрабатывали с помощью стандартных программ, а также программ, разработанных автором на ПЭВМ "Epson" "HX-20", ПЭВМ "Искра" и ЕС 1033.

Третья глава "Анализ и синтез технологических процессов производства комбикормов" посвящена разработке комплексных показателей оценки эффективности и совершенствованию метода расчета схем комбикормовых заводов. Разработан показатель стабильности технологического процесса, определяемый по формуле:

для непрерывной случайной величины:

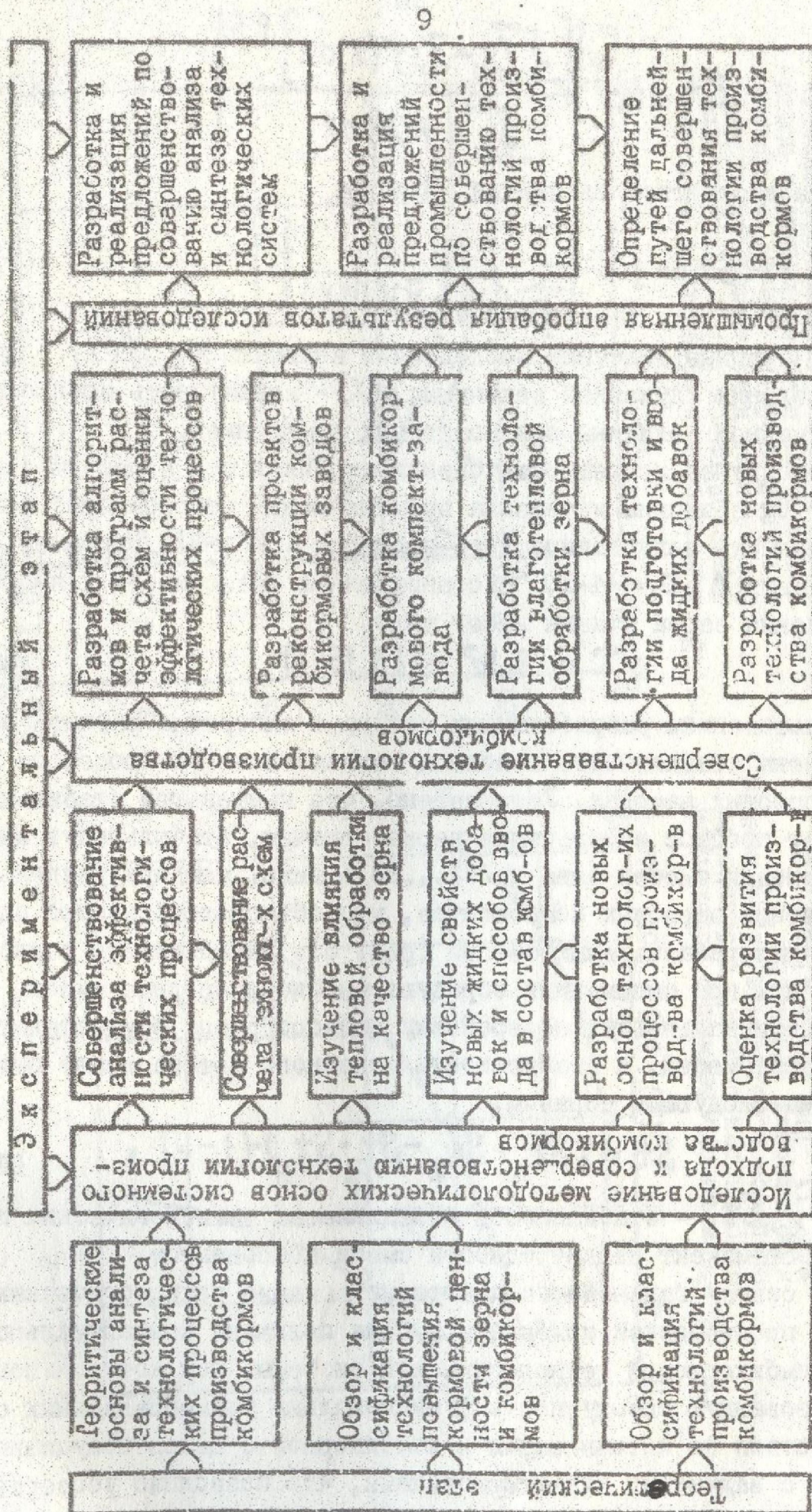


Рис. 1. Программа исследований по совершенствованию технологий производства комбикорм. в

$$St = 1 - \left| \frac{\left[\int_{-\infty}^{\infty} (x_i - \bar{x})^2 \varphi(x) dx \right]^{0,5}}{\int_{-\infty}^{\infty} x \varphi(x) dx} \right|, \quad (1)$$

для дискретной случайной величины

$$St = 1 - \left| \frac{\sigma_x}{\sum_x (x_i - \bar{x})^2 p(x)} \right|, \quad (2)$$

где $\bar{x}$ - среднее значение исследуемой величины x_i ; $\varphi(x)$ - функция распределения случайной величины; $p(x)$ - вероятность воспроизведения случайной величины при повторных измерениях.

Абсолютная погрешность оценки стабильности в первую очередь зависит от величины интервала времени между отбором проб и производительности технологического процесса (рис. 2). Например, при обеспечении $\Delta St = \pm 4 \cdot 10^{-2}$ установленная зависимость для процесса измельчения зерна ячменя имеет вид:

$$\Delta T = 6,97 + 23,16 \cdot Q \quad (3)$$

С использованием разработанных метода и алгоритма расчета на ЭВМ определена стабильность основных технологических процессов на 11 комбикормовых заводах. Установлено, что наименьшей стабильностью обладает процесс измельчения зерна, причем, стабильность измельчения зерновых смесей была на 12...23 % ниже, чем при раздельном измельчении зерновых компонентов, что объяснялось низкой однородностью перерабатываемых смесей (рис. 3). Измельченные зерновые компоненты при смешивании образуют высокооднородные смеси, их производство и дальнейшую переработку целесообразно осуществлять в составе смесей, а стабильность конечного потока может быть определена следующим образом:

$$St = (St_1 + St_2 - St_1 \cdot St_2) \cdot (1 - \theta), \quad (4)$$

где St_1, St_2 - стабильность объединяемых технологических потоков; θ - коэффициент неоднородности смеси компонентов.

В основу дальнейшего совершенствования технологических процессов производства комбикормов была положена концептуальная модель комбикормовой технологической системы, под которой понимали организованную совокупность функционально взаимосвязанных средств взаимодействия на потоки сырья и комбикормов с целью получения продукции с заданными характеристиками, что позволило усовершенствовать расчет схем комбикормовых заводов путем введения коэффициен-

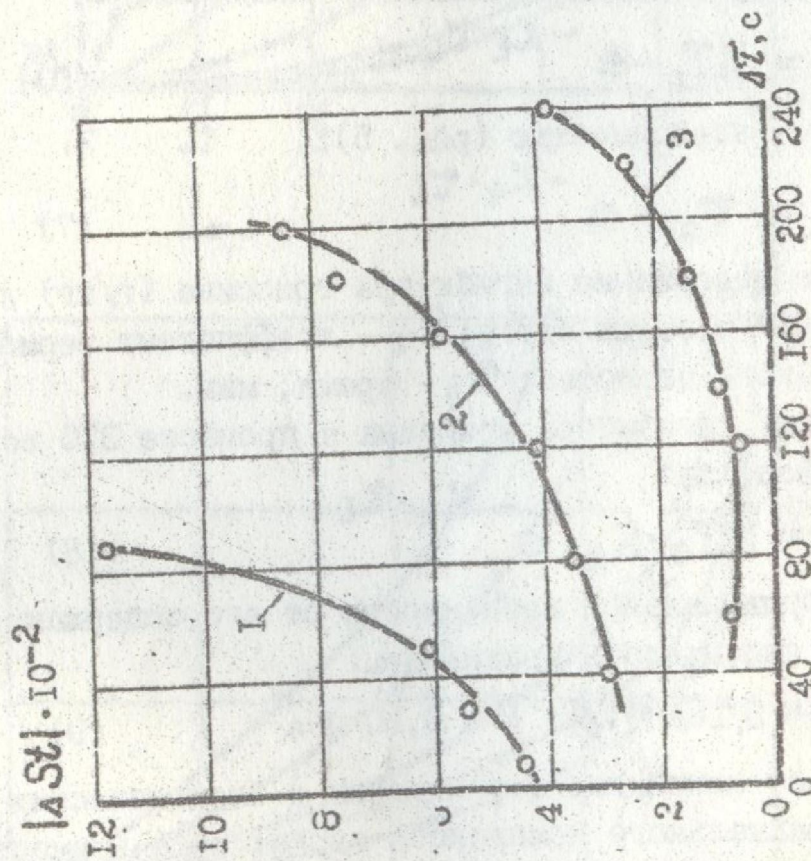


Рис. 2. Зависимость величины абсолютной погрешности оценки стабильности процесса измельчения зерна ячменя в молотковых дробилках типа ДДЖ (1), ДДМ (2), и АИ-ДДР (3) от величины интервала времени между отбором проб

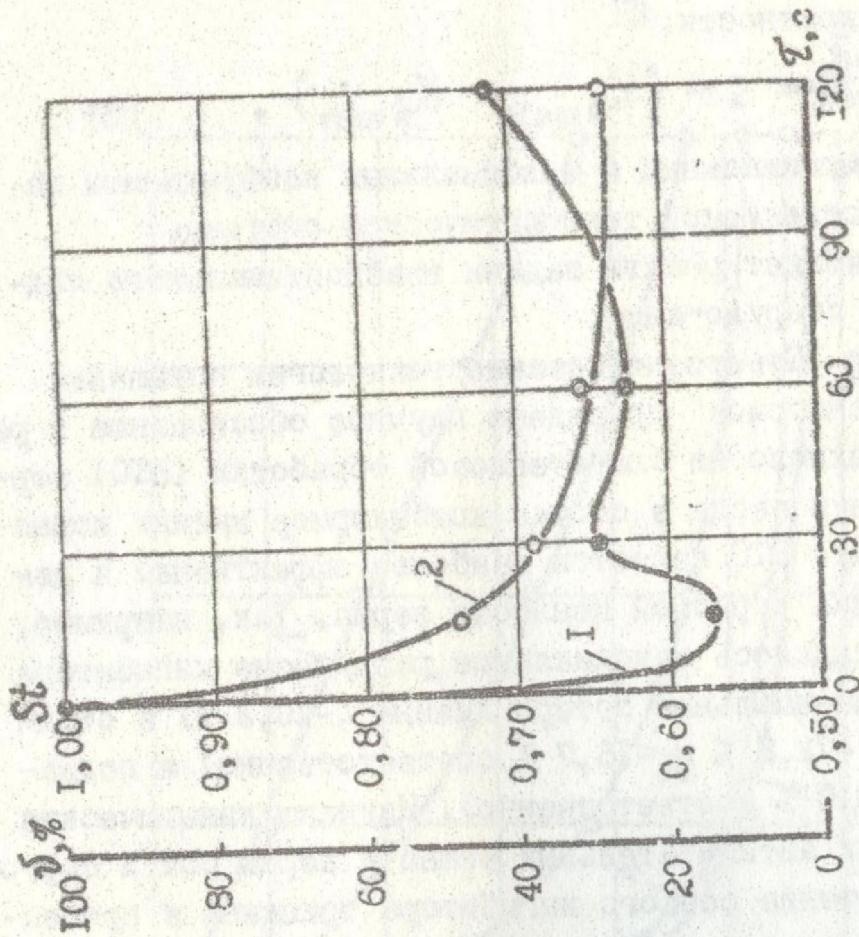


Рис. 3. Зависимость коэффициента вариации зерновой смеси (1) и стабильности процесса ее измельчения (2) в молотковой дробилке АИ-ДДР от продолжительности предварительного смешивания зерновых компонентов рецепта комбикорма ПК 1-25(226)/13
Состав зерновой смеси: пшеница - 60,4%;
кукуруза - 15,8%; ячмень - 23,8%

та технологической целостности:

$$Q_2 = 1 - (K_{3\max} - K_{3\min}), \quad (5)$$

где $K_{3\min}$, $K_{3\max}$ - минимальный и максимальный коэффициенты загрузки оборудования исследуемой технологической системы.

Такой подход позволяет решать задачи квазиоптимального подбора технологического оборудования.

В четвертой главе "Совершенствование технологии повышения кормовой ценности комбикормов" приведены научное обоснование и результаты разработки технологии влаготепловой обработки (ВТО) зерна, а также подготовки и ввода в состав комбикормов жидких компонентов. Установлено, что ВТО является наиболее эффективным и дешевым способом повышения кормовой ценности зерна. Так, например, при ВТО зерна сои наблюдалось максимальное разрушение ингибитора трипсина (-96,3 %) и минимальные потери лизина (-10,3 %) в отличие от СВЧ-обработки (-72,8 % и -16,7 % соответственно) и поджаривания (-55,2 % и -38,0 % соответственно). Изучены кинетические закономерности основных антипитательных веществ зерна сои и сорго. Установлено, что разрушение соевого ингибитора трипсина в процессе ВТО описывается зависимостью (рис. 4):

$$ИТ = ИТ_0 \cdot e^{-K_t \cdot \tau_i} \quad (6)$$

а танины зерна сорго - зависимостью (рис. 5):

$$Т = Т_0 \cdot e^{-K_t \cdot \tau_i} \quad (7)$$

где $ИТ_0$, $Т_0$ - исходное содержание ингибитора трипсина (г/кг) в зерне сои и танинов (%) в зерне сорго; K_t - коэффициент термостабильности антипитательного вещества; τ_i - время, мин.

Скорость разрушения ингибитора трипсина в процессе ВТО зерна сои, определяемая по формуле:

$$V_{ИТ} = ИТ_0 \cdot K_t \cdot e^{-K_t \cdot \tau_i} \quad (8)$$

оказалась в прямопропорциональной зависимости от его содержания в исходном зерне, что описывалось уравнением:

$$V_{ИТ\max} = 0,214 + 0,163 \cdot ИТ_0; \quad p = 0,20 \text{ МПа} \quad (9)$$

Кроме того, ВТО вызывает изменение структурных и биохимических свойств белкового и крахмального комплексов зерна: переваримость белков первоначально возрастает, а деструкция крахмала приводит к образованию декстринов и простых сахаров, что было подтверждено

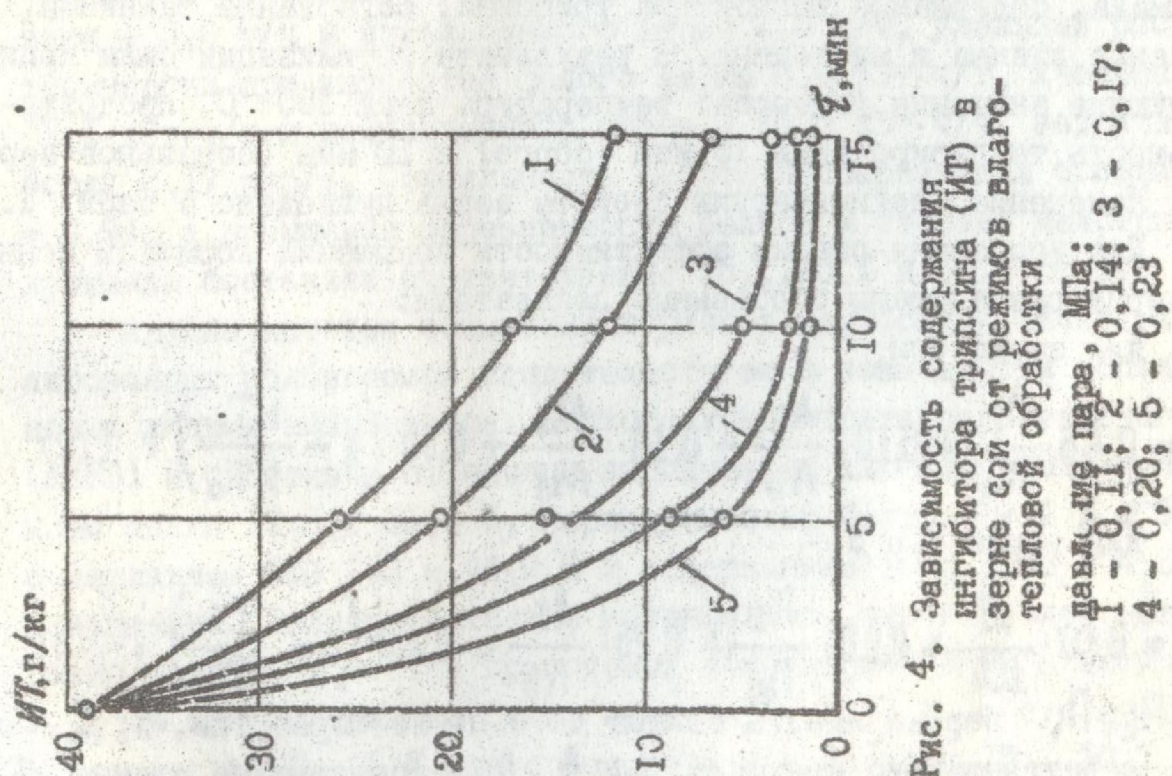


Рис. 4. Зависимость содержания ингибитора трипсина (ИТ) в зерне сои от режимов влаготепловой обработки

давление пара, МПа: 1 - 0,11; 2 - 0,14; 3 - 0,17; 4 - 0,20; 5 - 0,23

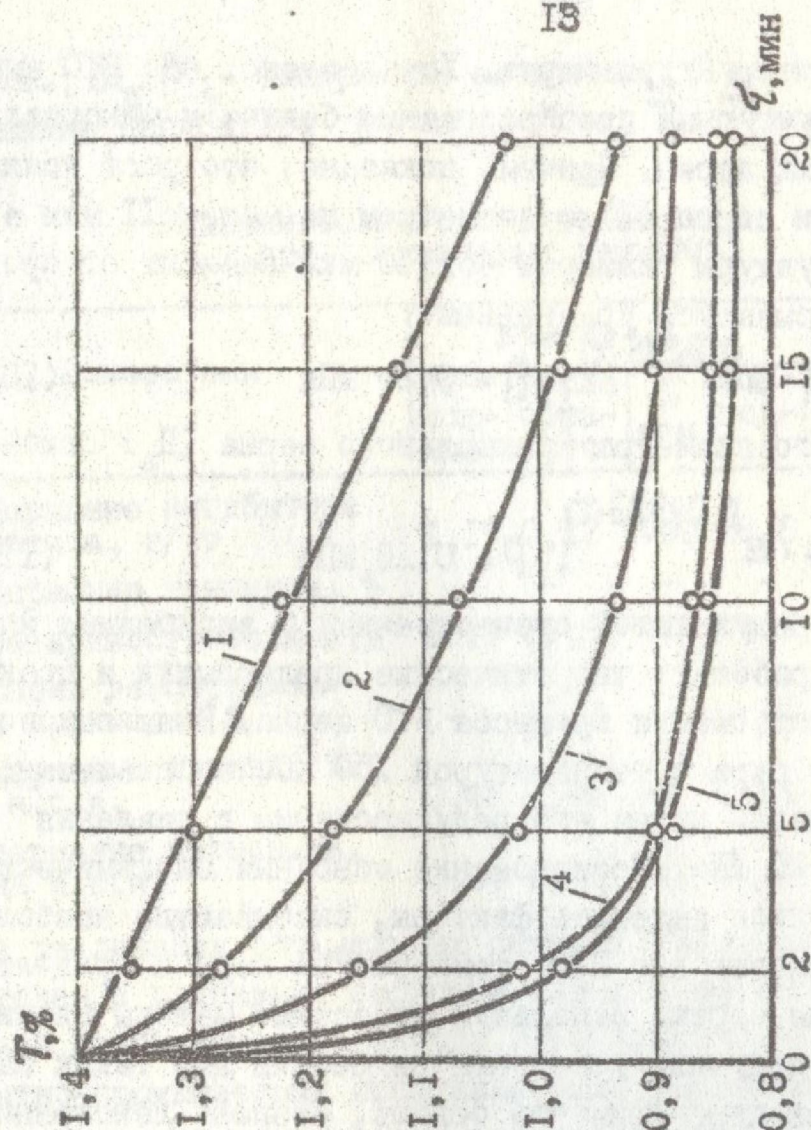


Рис. 5. Зависимость содержания танинов (Т) в зерне сорго от режимов влаготепловой обработки

давление пара, МПа: 1 - 0,05; 2 - 0,10; 3 - 0,15; 4 - 0,20; 5 - 0,25

исследованиями микроструктуры зерна. Установлено, что ВТО вызывает наибольшие структурные преобразования белков и максимальное набухание крахмальных зерен. Причем, показано, что рост количества крахмальных зерен сорго (3) с диаметром не менее 11 мкм в фрагменте клеточной структуры размером 45x110 мкм зависит от продолжительности ВТО и описывается уравнением:

$$Z = 14,9 \cdot e^{0,0235 \cdot \tau_i}; \quad p = 0,20 \text{ МПа} \quad (10)$$

а увеличение среднего диаметра крахмального зерна (D_3) описывалось уравнением:

$$D_3 = 11,34 \cdot e^{0,01383 \cdot \tau_i}; \quad p = 0,20 \text{ МПа} \quad (11)$$

Анализ и обобщение результатов отечественных и зарубежных исследований позволили разработать теоретические предпосылки и практические основы совершенствования процесса ВТО зерна. Выявлена возможность использования пара с температурой 150 °С, но пониженного давления, что достигали путем его редуцирования с давления 0,7...0,8 МПа до 0,20 МПа. Исследование основных биохимических свойств зерна позволило выделить факторы, оказывающие наибольшее влияние на эффективность его ВТО: температура пара и продолжительность темперирования зерна. Используя известные методы планирования экспериментов, получили уравнения регрессии для таких параметров, оптимизации, как переваримость белков, степень декстринизации крахмала, содержание ингибитора трипсина, содержание танинов, содержание лизина и метионина. В результате оптимизации были приняты следующие значения факторов: температура пара 150 °С, продолжительность темперирования 15 мин (сорго) и 10 мин (остальное зерно). Изменение биохимических свойств зерна приведено в табл. I.

Для упрощения оценки эффективности повышения кормовой ценности зерна разработаны обобщенные показатели:

для зерна сои

$$P_1 = 0,45 \cdot \frac{P_i}{P_0} + 0,10 \cdot \frac{A_i}{A_0} + 0,10 \cdot \frac{M_i}{M_0} + 0,35 \cdot \left(1 - \frac{IT_i}{IT_0}\right), \quad (12)$$

для зерна сорго

$$P_2 = 0,10 \cdot \frac{D}{100} + 0,25 \cdot \frac{P_i}{P_0} + 0,25 \cdot \frac{A_i}{A_0} + 0,40 \cdot \left(1 - \frac{T_i}{T_0}\right), \quad (13)$$

где P_0, P_i - переваримость белков до и после обработки, %; D - степень декстринизации крахмала, %; A_0, A_i - содержание лизина, % на

а.с.в.: M_0, M_i — содержание метионина, % на а.с.в.; IT_0, IT_i — содержание ингибитора трипсина, г/кг; T_0, T_i — содержание таннинов, %.

Таблица I

Биохимические свойства зерна до и после ВТО
при оптимальных режимах

Показатели	ячмень			соя			сорго		
	ис-ход-ный	после обра-ботки	% изм	ис-ход-ная	после обра-ботки	% изм	ис-ход-ное	после обра-ботки	% изм
Содержание ингибитора трипсина, г/кг	1,17	0,12	-90	38,8	1,07	-97	-	-	-
Содержание таннинов, %	-	-	-	-	-	-	1,40	0,84	-40
Переваримость белков, %	50,9	59,8	+17	74,1	79,9	+7	52,4	72,9	+39
Степень декстринизации крахмала, %	-	71,2	-	-	-	-	-	76,1	-
Содержание лизина, % на а.с.в.	0,48	0,46	-4	2,68	2,59	-3	0,23	0,19	-17
Содержание метионина, % на а.с.в.	0,24	0,25	+4	0,36	0,61	+88	0,11	0,12	+9

Для реализации оптимальных режимов ВТО разработана серия пропаривателей с подвижным зерновым слоем и технологическая линия в составе комбикормового завода Новоукраинского КХП (рис. 6). В ходе опытно-промышленных испытаний были установлены основные параметры линии: производительность при выработке целого зерна 3,5 т/ч, хлопьев — 3,0 т/ч и измельченного зерна 2,5 т/ч, удельный расход электроэнергии при выработке целого зерна 6,4 кВт.ч/т, хлопьев — 2,1 кВт.ч/т и измельченного зерна — 16,5 кВт.ч/т, затраты на обработку 2,17 руб/т. Стабильность работы пропаривателя составила $St = 0,94$, а повышение переваримости белков и степень декстринизации крахмала составили соответственно 15...25 % и 50...80 %.

Анализ методов повышения кормовой ценности и качества гранулированных комбикормов свидетельствует о возможности использования новых жидких компонентов: жидкого концентрата растительного белка (ЖКРБ) и суспензии пшеничных зародышевых хлопьев (ПЗХ) с содержанием белка 11,5 и 31,6 %, переваримостью белков 79,4 % и 94,1 %, содержанием БЭВ 2,3 и 44,9 % и содержанием золы 1,38 и 4,66 % соответственно. Экспериментально установлено, что наиболее целесообразно вводить в состав прессуемых комбикормов ЖКРБ в количестве 2...4 % при содержании сухих веществ 10...15 %, а суспензию ПЗХ — в количестве 3...5 % при содержании в суспензии 15...30 % ПЗХ.

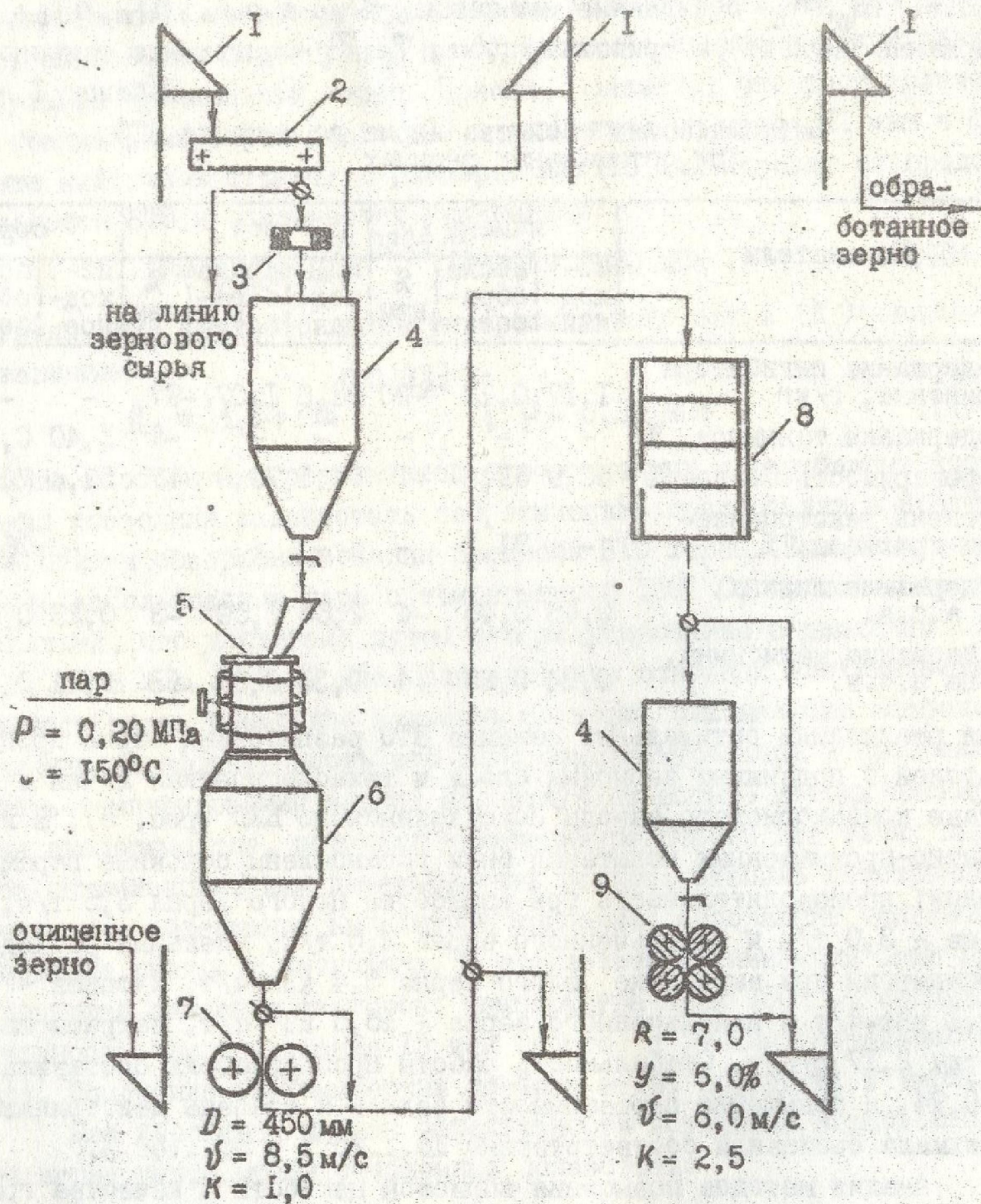


Рис. 6. Схема технологической линии влаготепловой обработки зерна на комбикормовом заводе Новоукраинского комбината хлебопродуктов:

- 1 - нория Н11-20; 2 - цепной транспортер;
3 - магнитная колонка У1-БМЗ; 4 - бункер;
5 - прспариватель по а.с. №1412715; 6 -
- бункер для темперирования; 7 - плющиль-
ный станок ПЗ-ЗБ; 8 - охладитель ДГ-11;
9 - вальцовый станок БВ-2

При подготовке и вводе в состав комбикормов вязких жидких компонентов, например, мелассы, возникает ряд проблем. Известно, что ввод мелассы в капельном виде приводит к ее неравномерному распределению в прессуемой смеси из-за того, что мучнистые частицы комбикорма покрывают поверхность капель мелассы, препятствуя их контакту с остальными компонентами комбикорма. Установлено, что увеличение площади межфазного контакта может быть достигнуто путем вспенивания мелассы с помощью механической мешалки. Ввод пенообразной мелассы повышал эффективность процесса прессования комбикормов (табл. 2).

Таблица 2.

Эффективность ввода пенообразной мелассы в комбикорм

Показатели	Обычная меласса 4 %	Вспененная меласса, %				
		2,0	3,0	3,5	4,0	5,0
Коэффициент неоднородности распределения мелассы	0,278	0,206	0,152	0,118	0,110	0,105
Удельные энергос затраты на прессование комбикорма, кВт.ч/т	14,9	14,2	13,4	12,5	11,9	11,7
Крошимость гранул, %	16,7	16,5	13,7	9,4	9,7	8,2

Обобщение и систематизация сведений, изложенных в данной главе, позволили в дальнейшем выдвинуть ряд теоретических предпосылок и сформулировать рабочие гипотезы по созданию новых технологических процессов производства комбикормов повышенной кормовой ценности.

В пятой главе "Разработка новых технологий производства комбикормов" выявлен характер развития технологических процессов, разработан метод прогнозирования, теоретически и экспериментально обоснованы новые технологии производства комбикормов. Разработанная модель замещения технологий имеет вид:

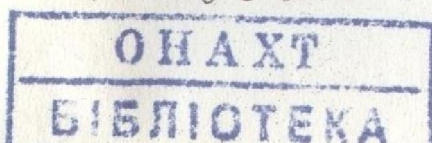
$$\ln\left(\frac{f(t)}{1-f(t)}\right) = \alpha + \beta \cdot \Delta t; \Delta t = t_L - t_0 \quad (14)$$

где $f(t)$ - коэффициент относительного внедрения новой технологии в момент времени t :

$$f(t) = \frac{X(t)}{X(t) + Y(t)} \quad (15)$$

α - коэффициент, определяющий начальные условия внедрения; β - коэффициент, характеризующий скорость развития технологии; $Y(t)$ - мера использования традиционной технологии. Анализ данных Минхле-

v 018024



бопродуктов Молдовы позволил определить коэффициент замещения в следующем виде:

$$f(t) = \frac{e^m}{1 + e^m} \cdot \frac{1}{1 - \bar{St}(f)} \cdot K_2 \quad (16)$$

г.е

$$m = 1,51 - 3,33 \cdot \bar{St}(f) + [2,21 - 2,41 \cdot \bar{St}(f)] \cdot \Delta t \quad (17)$$

$\bar{St}(f)$ – средняя стабильность $f(t)$ за период Δt ; $K_2 = 0,128$ для технологии производства гранулированных комбикормов; $K_2 = 0,11$ для технологии производства комбикормов для сельскохозяйственной птицы; $K_2 = 0,1$ для технологии производства комбикормовой крупки.

Таблица 3

Результаты прогнозирования развития технологий производства комбикормов ($t_0 = 1976$ г.)

Технология	Время прогноза, год	Коэффициенты замещения		
		фактический $f(t)_ф$	расчетный $f(t)_р$	$\Delta f(t)$, %
производства гранулированных комбикормов	1986	0,388	0,402	3,84
	1990	-	0,501	-
производства комбикормов для с.-х. птицы	1986	0,327	0,322	1,67
	1990	-	0,390	-
производства комбикормов в виде крупки	1987	0,441	0,426	3,35
	1990	-	0,453	-

Анализ развития способов производства комбикормов показал, что достичь высокого качества продукции и снижения затрат электроэнергии на ее производство можно путем оптимизации состава и последовательности технологических операций. Сегодня широкое распространение получила технология производства комбикормов для крупного рогатого скота в виде смеси хлопьев и незерновых компонентов (США, Канада и др.). Однако получаемая смесь неустойчива и самосортируется при перемещении. С целью устранения этого недостатка нами разработана технология производства комбикормов в виде хлопьев, представляющих собой агрегированные частицы незерновых компонентов и зерновых хлопьев (рис. 7). Технология предполагает ВТО зерна при установленных ранее режимах и последующее приклеивание, разделение смеси хлопьев на два равнопроизводительных потока, первый из которых поступает на ленточный транспортер шириной 800 мм.

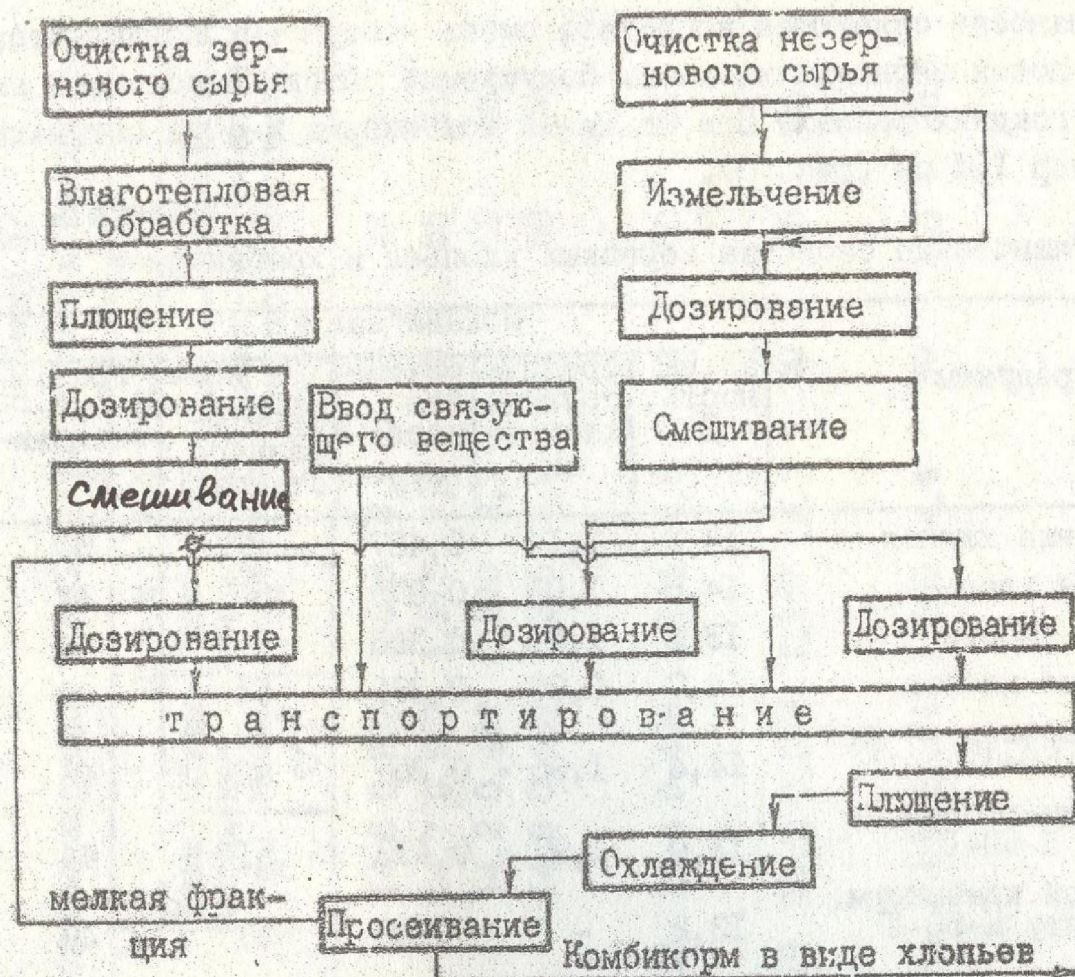


Рис. 7. Поэтапная схема технологического процесса производства комбикормов в виде хлопьев

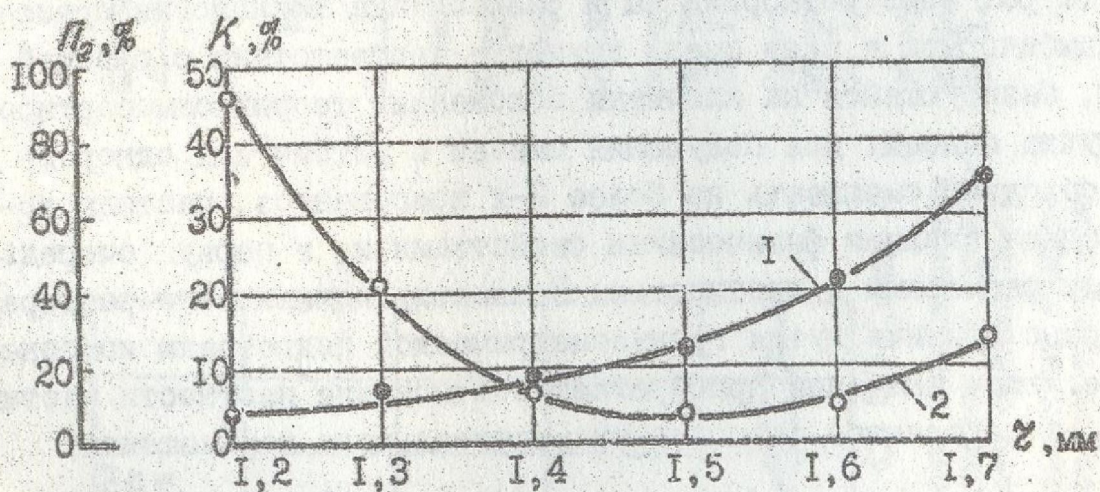


Рис. 8. Зависимость коэффициента крошимости комбикорма (I) и количества фракции комбикорма, получаемой проходом через сито с диаметром отверстий 2,0 мм от величины межвалкового зазора плющильного станка

Далее наносят связующее вещество, смесь незерновых компонентов и второй поток зерновых хлопьев. Получаемый поток компонентов плющат на гладких валках. При плавлении комбикорма К-60-1 оптимальным был зазор 1,4 мм (рис. 8).

Таблица 4

Физические свойства зерновых хлопьев и комбикормов

Продукты	Показатели				
	влаж- ность, %	средняя толщина хлопьев мм	объем- ная масса т/м ³	угол, град.	
				естест- венного откоса	скольже- ния
Кукурузные хлопья	14,3	1,14	0,487	57	50
Ячменные хлопья	14,5	1,01	0,376	50	47
Овсяные хлопья	13,8	1,09	0,308	49	44
Пшеничные хлопья	14,7	0,96	0,398	54	42
Смесь хлопьев по ре- цепту К-60-1	14,4	1,05	0,357	52	46
Ко. Бикорм-хлопья по рецепту К-60-1	13,0	1,97	0,493	51	44
Рассыпной комбикорм по рецепту К-60-1	13,2	-	0,449	53	49

При производстве комбикормов для сельскохозяйственной птицы выход крупки, как правило, не превышает 55...60 %. С целью повышения выхода крупки, увеличения объемов ее производства и снижения удельных затрат электроэнергии на и разработана технология производства комбикормов в виде смеси крупок в соответствии с рабочей гипотезой, базирующейся на ключевых положениях теории самосортирования сыпучих смесей: для получения смесей с устойчивой однородностью необходимо смешивать не более 2-х компонентов, частицы которых обладают схожими физическими свойствами и, в первую очередь, одинаковыми размерами и плотностью. Поскольку одинакового размера частицы можно достичь путем гранулометрической подготовки компонен- тов, то решающее значение приобретает соотношение плотности частиц

$\Delta = \rho_i / \rho_o$, определяющее скорость их вертикального перемещения:

$$\omega_{\Sigma 0} = r \cdot \omega \cdot \frac{m_o \cdot (\Delta - 1) \cdot g}{F_v} \left[\left(\frac{m_o \cdot (\Delta - 1)}{m_1 \cdot (1 - m_o \cdot (\Delta - 1) \cdot g / F_v)^{0,5}} \right)^2 - \left(\frac{F_h}{m_1 \cdot r \cdot \omega^2} \right) \right]^{0,5} \quad (18)$$

где r - радиус траектории движения частицы; ω - частота колебаний; m_o - масса объема среды, равная массе частицы; m_1 - масса частицы; F_v - сила сопротивления и ее горизонтальная проекция - F_h .

Таблица 5.

Физические свойства зерновой и незерновой крупы и комбикормов

Вид крупы	Показатели					
	Влажность, %	Объемная масса, т/м ³	Плотность, г/см ³	Сыпучесть, см/с	Угол естественного откоса	Угол, град
Пшеничная	14,5	0,583	1,328	8,9	40	45
Кукурузная	14,7	0,567	1,215	7,8	40	55
Ячменная	14,2	0,492	1,270	3,7	43	59
Овсяная	14,9	0,489	1,375	3,9	42	58
Незерновая по рецепту ПК 1-25(226)/13	12,4	0,498	1,184	4,8	40	50
Омесь крупы по рецепту ПК 1-25(226)/13	12,9	0,559	1,167	4,2	40	55
Обычная крупа по рецепту ПК 1-25(226)/13	13,2	0,564	1,239	4,4	39	53

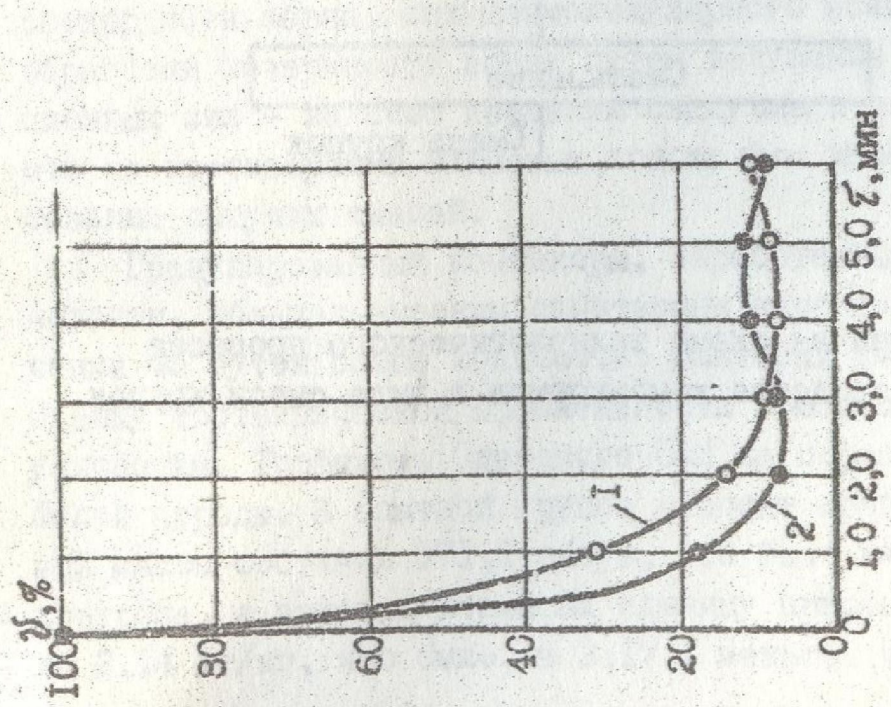


Рис. 9. Зависимость коэффициента неоднородности от продолжительности смешивания:

1 - измельченных компонентов по традиционной технологии;

2 - крупы зерновой и незерновой сырья

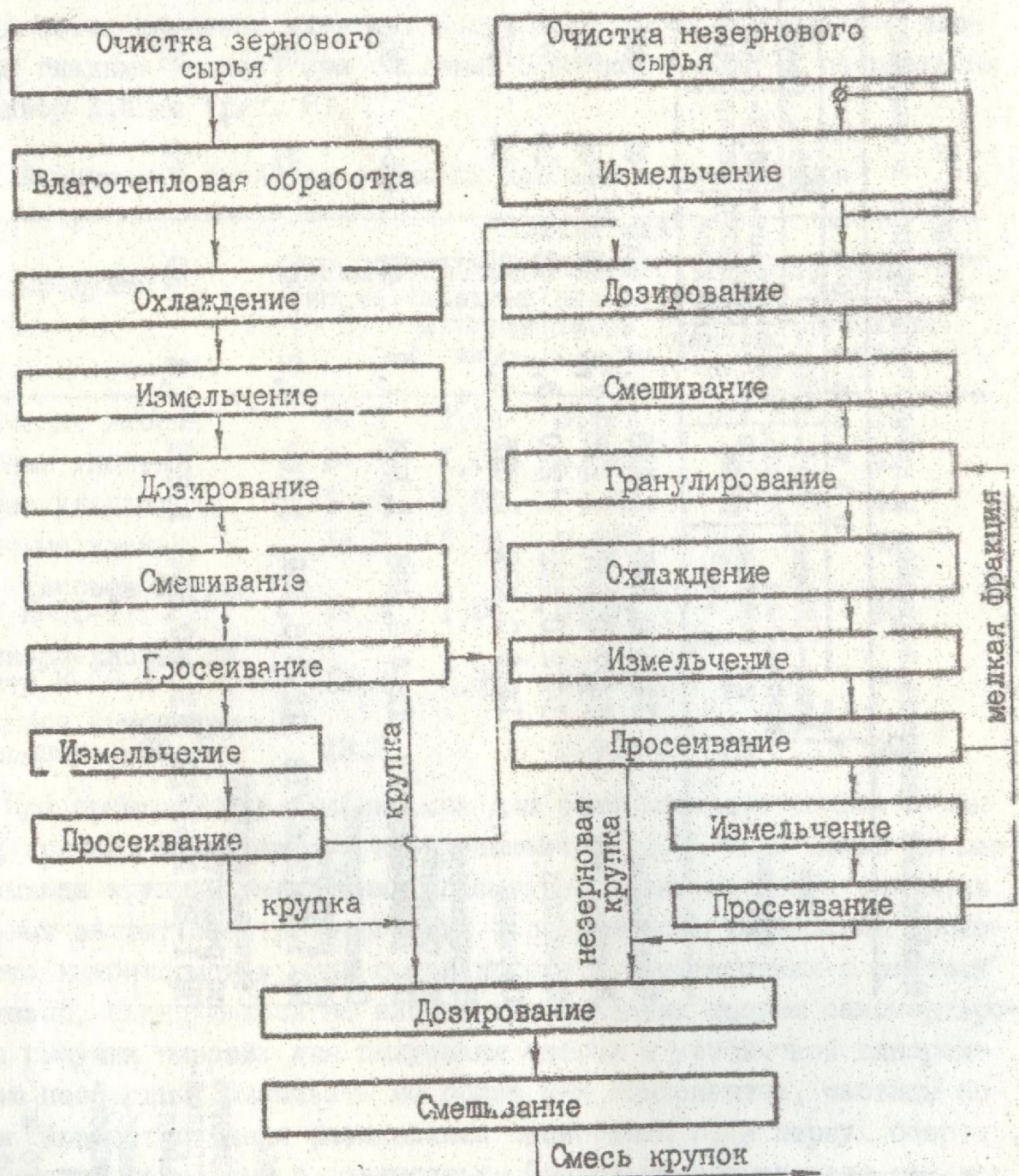


Рис. 10. Поэтапная схема технологического процесса производства комбикормов в виде смеси крупок

Установлено, что плотность частиц незерновой крупки меньше, чем зерновой. В результате ВТО плотность зерна снижалась (табл. 5). Это обеспечило возможность получения высокооднородной смеси крупок при смешивании их в течение 2 мин (рис. 9). Поэтапная схема разработанной технологии приведена на рис. 10. Технология позволяет увеличить объем производства крупки на 41 %, ее выход составляет более 70 %, общий удельный расход электроэнергии уменьшился на 17,6 %. По физическим свойствам смесь крупок не уступает традиционной крупке (табл. 5), а переваримость белков на 15,6 % выше. Начальная общая обсемененность комбикорма в виде смеси крупок была в 7,54 раза ниже, чем обычной крупки и в процессе хранения уменьшилась еще в 1,57 раза, а микромицеты вообще не были обнаружены.

В заключительном разделе 5-й главы рассмотрены практические и теоретические предпосылки создания технологии производства гранулированных комбикормов без измельчения зерна. В результате исследований установлена оптимальная последовательность технологических операций (рис. 11): шелушение зерна, его ВТО и ввод связующего вещества в зерносмесь непосредственно до ее смешивания с незерновыми компонентами перед прессованием, что обеспечило повышение удерживающей способности поверхности зерна (рис. 12) и снижение крошимости гранул (рис. 13). Общий удельный расход электроэнергии уменьшился на 14,5 %, при этом по физическим свойствам гранулы не уступали традиционным. Объясняется это тем, что предложенные технологические операции и их последовательность позволили повысить интенсивность проявления основных действующих сил процесса гранулообразования: силы внешнего давления – за счет ВТО и снижения микротвердости зерна, сил межмолекулярного взаимодействия – за счет обработки поверхности зерна путем шелушения и капиллярно-абсорбционных сил – за счет введения связующего вещества в зерносмесь, что не противоречит ключевым положениям классической теории прессования сыпучих смесей.

Гранулированный комбикорм, выработанный по предложенной технологии, обладал высоким санитарным качеством. При хранении в течение 45 суток общее количество бактерий уменьшилось в 1,5 раза. Оценку зоотехнической эффективности комбикормов проводили на базе учхоза им. Трофимова Одесского СХИ на поросятах-отъемышах крупной белой породы. В опытной группе поросят среднесуточный прирост живой массы составил 571,3 г/сут, что было на 3,75 % выше, чем в контроле, а затраты корма на единицу прироста живой массы составили 2,14 кг/кг, что было на 3,17 % меньше, чем в контроле.

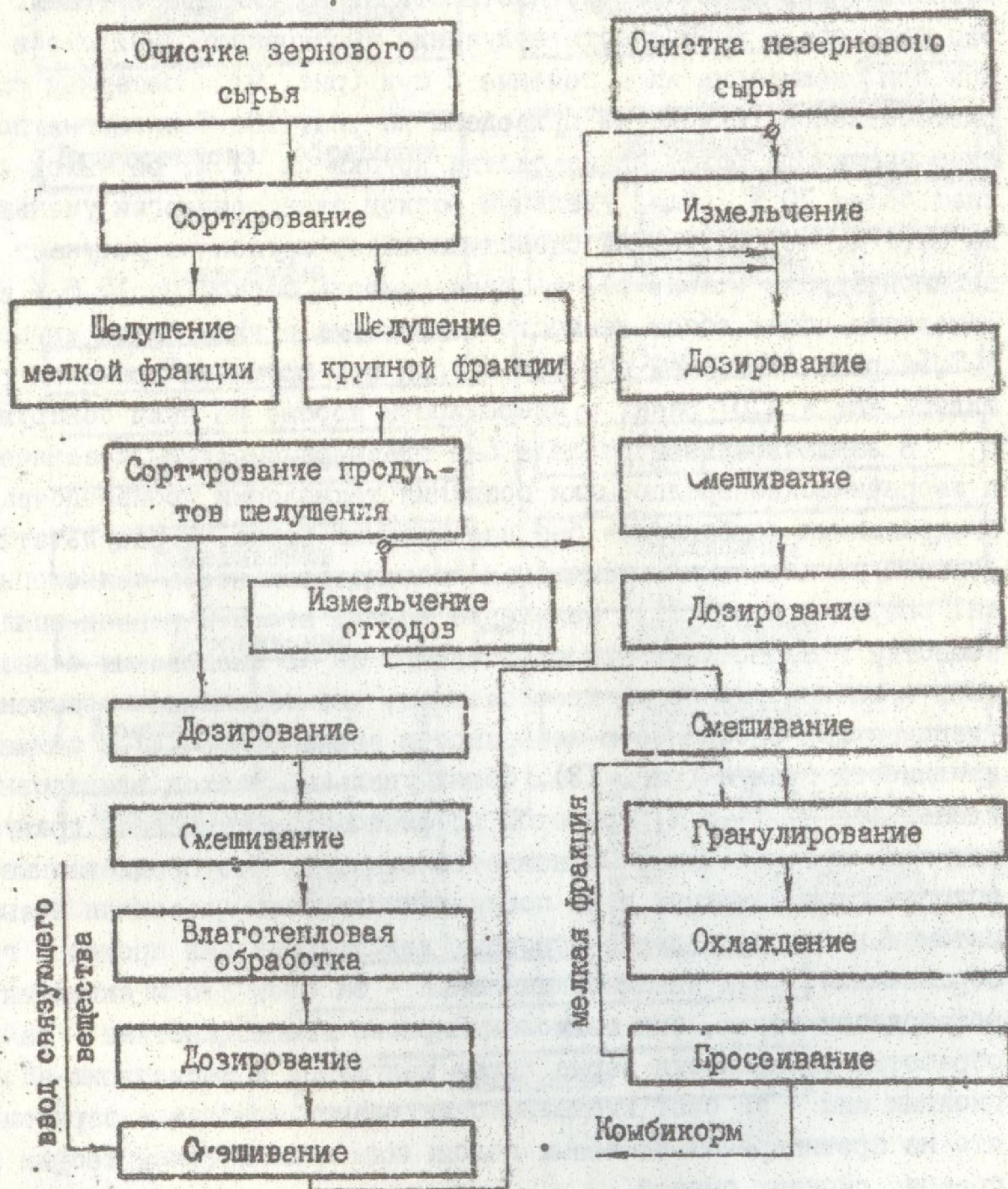


Рис. II. Поэтапная схема технологического процесса производства гранулированных комбикормов без измельчения зерна



а



б



в



г

Рис. 12. Внешний вид поверхности зерна ячменя, подвергнутого гранулированию в составе модельной смеси ($\times 10$):

- а - контроль (необработанное зерно);
- б - шелушеное зерно;
- в - зерно после влаготепловой обработки и шелушения;
- г - зерно после шелушения и влаготепловой обработки

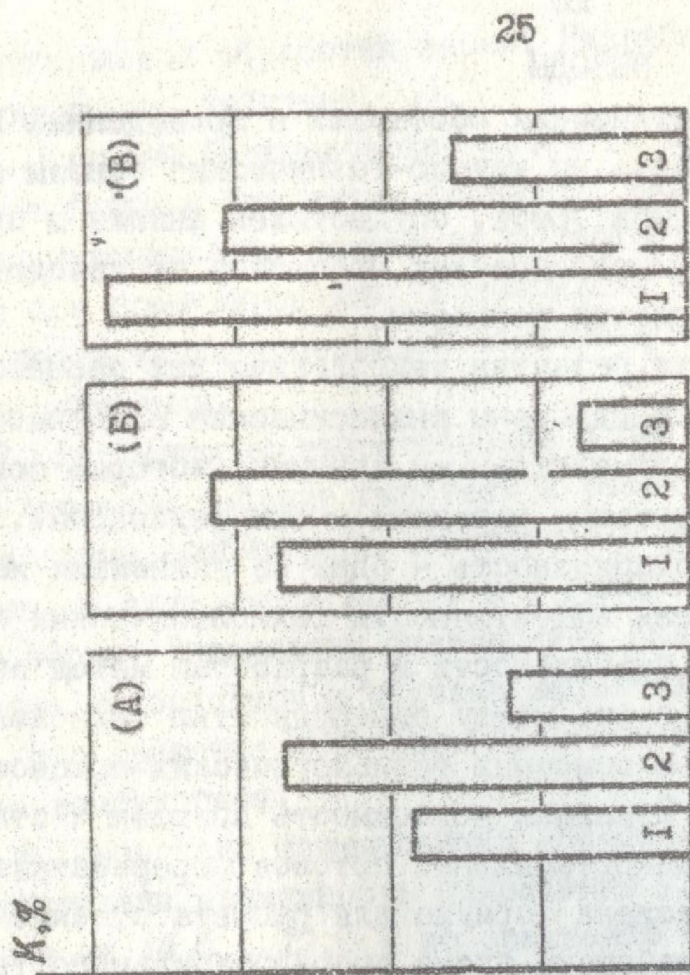


Рис. 13. Зависимость крошимости гранул комбикормов, содержащих зерно пшеницы (А), ячменя (Б) и овса (В) после шелушения и влаготепловой обработки от способа ввода мелассы:

- 1 - без мелассы (контроль);
- 2 - ввод мелассы в прессуемую смесь традиционным способом;
- 3 - ввод мелассы в зерновую часть рецепта перед смешиванием прессуемой смеси

ВЫВОДЫ

1. В результате теоретических обобщений и проведенных комплексных исследований разработаны научно-технические основы совершенствования технологии комбикормов, осуществлен анализ и синтез новых энергосберегающих технологических процессов производства комбикормов повышенной кормовой ценности.

2. Изучены особенности развития технологических процессов производства комбикормов, предложены аналитические зависимости, хорошо согласующиеся с экспериментальными данными, которые могут быть использованы для прогнозирования развития новых технологий.

3. Установлено, что стабильность — одна из важнейших характеристик, определяющих уровень эффективности технологических процессов. Обоснован показатель стабильности и разработан метод его определения; выявлена взаимосвязь между однородностью технологических потоков и стабильностью основных технологических процессов производства комбикормов. Показана возможность повышения стабильности путем объединения низкостабильных потоков перерабатываемого сырья и комбикормов, предложена формула для расчета стабильности объединяемых потоков. Разработана схема высокостабильного технологического процесса измельчения зернового сырья.

4. Разработана концептуальная модель высокоскоростного технологического процесса производства комбикормов и основные этапы его синтеза. Предложено для расчета схем использовать коэффициент технологической целостности. Разработан алгоритм квазиоптимального расчета схем и подбора технологического оборудования. Разработан комбикормовый компакт-завод модульного типа.

5. Научно обоснованы и экспериментально подтверждены пути совершенствования технологии повышения кормовой ценности комбикормов. Выявлены и математически описаны кинетические закономерности разрушения основных антипитательных веществ зерна сои (ингибиторов трипсина) и сорго (таннинов), изменения состава и качества питательных веществ. На базе ключевых положений теории квалиметрии разработаны комплексные показатели оценки эффективности технологических процессов тепловой обработки зерна и предложен метод количественной оценки изменения микроструктуры зерновок. Получены и систематизированы сведения об изменении физических и биохимических свойств зерна в процессе влаготепловой обработки путем его пропаривания и последующего темперирования. Разработана структурно-математическая модель и установлены оптимальные режимы процес-

са влаготепловой обработки зерна. Разработаны новые пропариватели непрерывного действия.

6. Изучены биохимические свойства жидкого концентрата растительного белка и суспензии пшеничных зародышевых хлопьев, разработаны технологические основы их подготовки и ввода в состав комбикормов при гранулировании. Установлена возможность повышения эффективности ввода вспененной мелассы в состав комбикормов и условия ее получения.

7. Рассмотрены теоретические и практические предпосылки, сформулированы рабочие гипотезы и разработаны новые технологии производства комбикормов повышенной кормовой ценности: в виде хлопьев, в виде смеси крупок и в гранулированном виде без измельчения зерна. Определены физические, санитарные и биохимические свойства комбикормов и изучена эффективность их хранения. Установлено, что хранение в течение 45 суток не приводит к ухудшению качества комбикормов.

8. Проведена промышленная апробация разработанных технологий и установлена возможность сокращения удельного расхода электроэнергии на 14,5...17,6 % по сравнению с традиционной технологией производства гранулированных комбикормов. Результатами зоотехнической оценки эффективности новых комбикормов подтверждена их повышенная кормовая ценность.

9. В результате выполненных теоретических и экспериментальных исследований предложен ряд технических решений, новизна которых подтверждена 14 авторскими свидетельствами СССР и 5 заявками на изобретения, на которые получены положительные решения ВНИИГПЭ. Экономический эффект от внедрения разработанных технологий на комбикормовых заводах страны за 1987...1990 гг. составил 477,9 тыс. руб.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Технологические способы повышения содержания белка в кормах /И.К.Чайка, А.С.Магопеп, Е.А.Фесенко, Б.В.Егоров // Производство и использование растительного белка: Тез. докл. Всесоюз. совещ. - Краснодар, 1981. - С. 291.

2. Чайка И.К., Егоров Б.В., Левицкий А.П. Влияние технологических способов обработки на содержание ингибиторов трипсина в семенах сои // Протеолитические ферменты и их ингибиторы в семенах зерновых и зернобобовых культур: Тр./ВСГН. - Одесса, 1982. - С.95-100.

3. Егоров Б.В., Шарстобитов В.В. Повышение питательной цен-

ности семян сои /Тез. докл. Респ. науч.-техн. конф. молодых ученых Закавказья по актуальным проблемам Продовольственной программы, посвящ. 60-летию образования СССР. - Тбилиси, 1982. - С. 32-33.

4. К вопросу определения однородности смешивания сыпучих материалов /Б.В.Егоров, В.В.Шерстобитов, В.Ю.Селецкая, С.И.Соловых // Пищ. пром-сть. - 1983. - № 3. - С. 44-45.

5. Влияние тепловой обработки на антиферментные свойства зерна /И.К.Чайка, А.П.Левицкий, А.С.Магопеп, Б.В.Егоров; ОТИП им. М.В. Ломоносова. - М., 1983. - 5 с. Деп. в ВНИИТЭИ СХ, № 50-83.

6. Егоров Б.В., Чайка И.К., Шерстобитов В.В. Выбор рецепта комбикорм в с учетом энергозатрат // Мукомольно-элеватор. и комбикорм. пром-сть. - 1983. - № 11. - С. 31.

7. Автосклавирование зерна сои /Б.В. Егоров, А.П.Левицкий, В.В.Шерстобитов, И.К.Чайка // Кормопроизводство. - 1984. - № 2. - С. 25-26.

8. Комплексная оценка качества влаготепловой обработки сои /Б.В.Егоров, В.В.Шерстобитов, А.П.Левицкий, И.К.Чайка // Пути совершенствования технологических процессов и оборудования для производства, хранения и транспортирования продуктов питания: Тез. докл. Всесоюз. науч. конф. - М., 1984. - С. 24.

9. Егоров Б.В., Шерстобитов В.В. Повышение эффективности шелушения и тепловой обработки сои // Изв. вузов. Пищ. технология. - 1984. - № 5. - С. 57-59.

10. Структурно-математическая модель влаготепловой обработки семян сои /Б.В.Егоров, А.П.Левицкий, В.В.Шерстобитов и др. // Пищ. пром-сть. - 1984. - № 4. - С. 55-56.

11. Влаготепловая обработка сои /Б.В.Егоров, В.В.Шерстобитов, И.К.Чайка, А.П.Левицкий // Техника в сел. хоз-ве. - 1985. - № 3. - С. 14-15.

12. Егоров Б.В., Шерстобитов В.В., Чайка И.К. Топологический анализ технологической системы влаготепловой обработки сои; ОТИП им. М.В. Ломоносова. - М., 1984. - 7 с. - Деп. в ЦНИИТЭИ Минзага СССР, № 4903 г-Д84.

13. Влияние влаготепловой обработки и СВЧ-обработки на питательные достоинства сои /Б.В.Егоров, А.П.Левицкий, В.М.Балаян и др. // Хлебопек. и кондитер. пром-сть. - 1985. - № 4. - С. 28-29.

14. Использование системного подхода для анализа и оптимизации схем технологического процесса производства комбикормов /А.Д. Винаров, Б.В.Егоров, В.В.Шерстобитов, И.К.Чайка /Под ред. В.А.Быкова // МЧ/ЦНИИТЭИ Минзага СССР. Сер.: Комбикорм. пром-сть. - 1985. - Вып. 13. - С. 26.

15. Оценка эффективности влаготепловой обработки сои /Б.В.Егоров, И.К.Чайка, В.В.Шерстобитов, А.П.Левицкий; ОТИПП им.М.В.Ломоносова. - М., 1985. - С. 6. - Деп. в ЦНИИТЭИминзага СССР, №5493 г-Д85.

16. Анализ технологии производства комбикормов /А.Ю.Винаров, А.П.Левицкий, Б.В.Егоров и др. // Муксмольно-элеватор. и комбикорм. пром-сть. - 1986. - № 2. - С. 36-38.

17. Стабильность процесса сушки концентрата кормового протеина /С.Н.Кудашев, Б.В.Егоров, В.В.Шерстобитов и др. // Процессы и аппараты для микробиологического производства: Тез. докл. Всесоюз. науч. конф. - Грозный, 1986. - Ч. П. - С. 38-40.

18. Эффективность гранулирования комбикормов на основе растительного сырья /Б.В.Егоров, В.В.Шерстобитов, И.К.Чайка, Ю.Н.Плетухов; ОТИПП им. М.В. Ломоносова. - М., 1986. - С. 7. - Деп. в ВНИИТЭИАгропром, № 152 ВС-86.

19. Исследование оптимальных режимов влаготепловой обработки сои /Б.В.Егоров, А.П.Левицкий, И.К.Чайка и др.; ОТИПП им.М.В.Ломоносова. - М., 1986. - С. 6. - Деп. в АгроНИИТЭИпищепром, № 1339.

20. Эффективность влаготепловой обработки зерна сои в стационарном слое / Б.В.Егоров, В.В.Шерстобитов, И.К.Чайка, А.П.Левицкий // Пищ. пром-сть: Респ. межвед. науч.-техн. сб. - Киев, 1986. - Вып. 34. - С. 101-104.

21. Кинетические закономерности процесса тепловой обработки семян сои /Б.В.Егоров, В.В.Шерстобитов, А.П.Левицкий, И.К.Чайка // Изв. вузов. Пищ. технология. - 1986. - № 6. - С. 95-96.

22. Новое в технологии возделывания и обработки сои /А.П.Левицкий, Б.В.Егоров, В.В.Шерстобитов и др. - Одесса: Маяк, 1987. - 64 с.

23. Эффективность функционирования технологической линии получения высокобелкового растительного концентрата / С.Н.Кудашев, Б.В.Егоров, А.П.Левицкий и др. // Биотехнология. - 1987. - Т. 3. - № 1. - С. 107-112.

24. Тепловая обработка зерна сорго /Б.В.Егоров, В.В. Шерстобитов, И.К.Чайка и др. // Кормопроизводство. - 1987. - №12. - С.35.

25. Влияние СВЧ-сушки на санитарное состояние смесей, выработанных на основе обезвреженного рапсового шрота / Б.В.Егоров, А.Б.Паулина, Б.В. Гончаренко, Е.В.Лукашенко; ОТИПП им. М.В.Ломоносова. - М., 1987. - С. 7. - Деп. в НИИТЭИАгропром, №483 ВС-87.

26. Комплексная оценка качества процесса влаготепловой обработки зерна сорго /Б.В.Егоров, В.В.Шерстобитов, А.П.Левицкий и др.; ОТИПП им. М.В. Ломоносова. - М., 1988. - С. 7. - Деп. в ЦНИИТЭИмин-

хлебс. родуктов, № 923-ХЕ.

27. Егоров Б.Б. Совершенствование технологии производства комбикормов и оценка ее эффективности // Корма из отходов АПК. Техника и технология: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. совещ. - Запорожье, 1988. - С. 88.

28. Методика оценки стабильности технологических процессов производства комбикормов /Б.В.Егоров, И.Ч.Чайка, В.В.Гончаренко и др.; ОТИП им. М.В.Ломоносова. - М., 1988. - С. 14. - Деп. в ВНИИТЭИАгропром, № 427 ВС-88.

29. Егоров Б.В., Кузнецов М.В. Интенсификация технологических процессов производства комбикормов // Пути интенсификации технологических процессов и оборудования в отраслях агропромышленного комплекса: Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. молодых ученых и специалистов. - М., 1988. - С. 163. (ДСП).

30. Влияние тепловой обработки на биохимический состав и микроструктуру зерна сорго /В.Т.Гулавский, И.А.Давыдова, Б.В.Егоров, И.К.Чайка //Тр./ВНИИзерна. - 1988. - Вып. 113. - С. 77-83.

31. Егоров Б.В., Кузнецов М.В. Разработка высокоэффективных технологий производства комбикормов //Интенсификация технологий и совершенствование оборудования перерабатывающих отраслей АПК: Тез. докл. Респ. науч.-техн. конф. - Киев, 1989. - С. 30-31.

32. Разработка и апробация технологии производства комбикормов для молодняка свиней /А.Ф.Барабаш, Б.В.Егоров, М.В.Кузнецов, И.К.Чайка // Организация направленного выращивания молодняка свиней: Межвуз. сб. науч. тр. - Одесса, 1989. - С. 82-88.

33. Артеменко В.Т., Чайка И.К., Егоров Б.В. Квазиоптимальный подбор оборудования технологических систем //Социально-экономические проблемы агропромышленного комплекса: Тез. докл. межвуз. науч.-практ. конф. - Одесса, 1989. - С. 160.

34. Кузнецов М.В., Егоров Б.В., Чайка И.К. Совершенствование технологии производства комбикормов для сельскохозяйственных животных //Социально-экономические проблемы агропромышленного комплекса: Тез. докл. науч.-практ. конф. - Одесса, 1989. - С. 160.

35. Электрофизические методы обработки зернового сырья при производстве комбикормов /Б.В.Егоров, М.В.Кузнецов, С.Н.Кудашев, В.В.Гончаренко // Электрофизические методы обработки пищевых продуктов и сельскохозяйственного сырья: Тез. докл. 6-й Всесоюз. науч.-техн. конф. - М., 1989. - С. 7.

36. Егоров Б.В., Кузнецов М.В., Шерстобитов В.В. Энергосберегающие технологии производства комбикормов // Инф. сб. ЦНИИТЭИМинхлебпродуктов СССР. - 1989. - Вып. 10. - С. 1-4

37. Рациональное использование отходов зерноперерабатывающей промышленности /С.Н.Кудашев, В.В. Гончаренко, Б.В.Егоров, В.А.Лысенко; ОТИП им. М.В. Ломоносова. - М., 1989. - С. 8. - Деп. в ЦНИИТЭИминхлебопродуктов СССР, № 1050 ХБ-89.

38. Автоматизированный подбор оборудования технологических систем /Г.Е.Канавец, В.Т. Артеменко, И.К.Чайка, Б.В.Егоров // Хим. технология. - 1989. - № 6. - С. 50-55.

39. Егоров Б.В., Чайка И.К., Артеменко В.Т. Совершенствование расчета технологических систем // Комбикорм. пром-сть. - 1989. - № 6. - С. 36-38.

40. Комплексная оценка качества процессов ВТО зерна сорго /Б.В. Егоров, А.П.Левинский, В.Т.Гулавский, С.Н.Кудашев; ОТИП им.М.В.Ломоносова. - М., 1989. - С.7. Деп. в ЦНИИТЭИминхлебопродуктов, №1060 ХБ-89.

41. Кинетические закономерности ВТО зерна сорго /Б.В.Егоров, И.К.Чайка, В.Т.Гулавский, С.Н.Кудашев; ОТИП им. М.В.Ломоносова. - М., - С.6. Деп. в ЦНИИТЭИминхлебопродуктов, № 1058-ХБ.

42. Метод оценки зерна бобовых культур /Б.В.Егоров, А.В.Егорова, А.П.Левинский и др. // Кормовые культуры. - 1989. - № 6. - С. 41-42.

43. Егоров Б.В. Системный анализ и классификация технологических систем комбикормового производства // Технология и оборудование пищевой промышленности: Сб. науч. тр. /Краснодар. политех. ин-т. - Краснодар. - 1989. - С. 15-23.

44. Стабильность процесса измельчения зернового сырья /Б.В. Егоров, В.В. Гончаренко, И.К. Чайка и др. // Технология и оборудование пищевой промышленности: Сб. науч. тр. /Краснодар. политех. ин-т. - Краснодар. - 1989. - С. 63-69.

45. Егоров Б.В., Чайка И.К., Кузнецов М.В. Влияние тепловой обработки на микроструктуру и биохимические свойства зерна // Научно-технические проблемы развития АПК: Тез. докл. юбил. 50-й науч.-практ. конф. ОТИП им. М.В. Ломоносова. - Одесса, 1990. - С. 95.

46. Егоров Б.В. Научно-технические основы совершенствования технологии производства комбикормов // Научно-технические проблемы развития АПК: Тез. докл. юбил. 50-й науч.-практ. конф. ОТИП им. М.В. Ломоносова. - Одесса, 1990. - С. 119.

47. Комбикормовый компакт-завод на модульной основе /Б.В.Егоров, И.К.Чайка, М.В.Кузнецов и др. // Механиз. и электриф-я сел. хоз-ва. - 1990. - № 4. - С. 28-29.

48. А.э. 1026761 СССР: Кормозапарник /Б.В.Егоров, В.В.Шерстобитов. - 07.07.83. Б.И. 25.

49. А.с. 1037907 СССР. Устройство для пропаривания кормов /Б.В.Егоров, В.В.Шерстобитов, И.К.Чайка, А.П.Левицкий. - 30.08.83. Б.И. 32.

50. А.с. 1042728 СССР. Аппарат для пропаривания зерна /Б.В.Егоров, В.В.Шерстобитов. - 23.09.83. Б.И. 35.

51. А.с. 1068095 СССР. Запарник зерна /Б.В.Егоров, В.В.Шерстобитов, И.К.Чайка, А.П.Левицкий. - 23.01.84. Б.И. 3.

52. А.с. 1118334 СССР. Способ снижения содержания ингибитора трипсина в семенах сои /Б.В.Егоров, В.В.Шерстобитов, А.П.Левицкий, И.К.Чайка. - 15.10.84. Б.И. 38.

53. А.с. 1148604 СССР. Устройство для пропаривания кормов /Б.В.Егоров, В.В.Шерстобитов, И.К.Чайка, А.П.Левицкий. - 07.04.85. Б.И. 13.

54. А.с. 1161071 СССР. Аппарат для пропаривания зерна /Б.В.Егоров, В.В.Шерстобитов, Э.В.Кенигсберг и др. - 15.06.85. Б.И. 22.

55. А.с. 1161180 СССР. Устройство для пропаривания зерна крупных культур /В.В.Шерстобитов, Б.В.Егоров, А.В.Егорова, С.И.Соловых. - 15.06.85. Б.И. 22.

56. А.с. 1297789 СССР. Способ приготовления гранулированного корма для животных и рыб /С.Н.Кудашев, Б.В.Егоров, А.П.Левицкий. - 23.03.87. Б.И. 11.

57. А.с. 1327946 СССР. Смеситель /Б.В.Егоров, В.В.Шерстобитов, И.К.Чайка, С.Н.Кудашев. - 07.08.87. Б.И. 29.

58. А.с. 1354107 СССР. Способ оценки питательной ценности зерна бобовых культур /Б.В.Егоров, А.В.Егорова, А.П.Левицкий и др. - 23.11.87. Б.И. 43.

59. А.с. 1412715 СССР. Кормозапарник /Б.В.Егоров, В.В.Шерстобитов, С.Н.Кудашев и др. - 27.07.88. Б.И. 28.

60. А.с. 1517908 СССР. Способ получения гранулированного комбикорма для сельскохозяйственных животных /Б.В.Егоров, В.В.Шерстобитов, В.В.Гончаренко и др. - 30.10.89. Б.И. 40.

61. А.с. 1568963 СССР. Способ получения комбикорма для сельскохозяйственной птицы /Б.В.Егоров, В.В.Шерстобитов, В.В.Гончаренко и др. - 07.06.90. Б.И. 21.