

Авторсер.
426

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
им. М. В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

ЧАУСОВСКИЙ Григорий Александрович

УДК 636.085.55:658.56

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ
КОМБИКОРМОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

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
кандидата технических наук

Переучет 1987

Одесса — 1985

000

Авторсер.
426

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
им. М. В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

ЧАУСОВСКИЙ Григорий Александрович

УДК 636.085.55:658.56

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ
КОМБИКОРМОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

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
кандидата технических наук

Переучет 1987

Одесса — 1985

000

Работа выполнена в Одесском технологическом институте пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова

Научный руководитель — кандидат технических наук,
доцент И. К. ЧАЙКА

Официальные оппоненты — доктор сельскохозяйственных наук, профессор В. Я. МАКСАКОВ
— доктор технических наук, профессор Н. В. ОСТАПЧУК

Ведущая организация — Украинский филиал ВНИИ комбикормовой промышленности (г. Киев).

Защита состоится 25 мая 1985 г. в 10³⁰ час. на заседании специализированного совета Д 068.35.01. при Одесском технологическом институте пищевой промышленности имени М. В. Ломоносова, 270039, г. Одесса, ул. Свердлова, 112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского технологического института пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова

Автореферат разослан 17 апреля 1985 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат технических наук,
доцент


А. Ф. ЗАГИБАЛОВ

к. в. 15039
Одесский технологический
институт пищевой промышлен-
ности им. М. В. Ломоносова
БИБЛИОТЕКА

Актуальность работы. Решение задач, поставленных Продовольственной программой, требует для создания устойчивой кормовой базы животноводства дальнейшего наращивания мощностей комбикормовых заводов, расширения ассортимента и повышения качества производимых комбикормов. Претворение в жизнь поставленных задач вызывает необходимость и дальнейшего совершенствования технологического контроля комбикормового производства.

На основании литературных данных установлено, что технологический контроль комбикормового производства базируется на методах и средствах, не всегда обеспечивающих возможность получения оперативной информации о показателях качества комбикормового сырья и готовой продукции, качества функционирования технологических процессов.

Несоответствие между существующим высоким уровнем механизации и поточным характером основных технологических процессов комбикормового производства и необходимыми затратами времени на получение данных технологического контроля химическими методами обуславливает запаздывание получения информации, необходимой для оперативного и целенаправленного воздействия на факторы, определяющие эффективность технологических процессов и качество готовой продукции.

Для обеспечения технологов оперативной и достоверной информацией о качестве сырья и готовой продукции и качестве функционирования технологических процессов необходимо дальнейшее совершенствование существующих и разработка новых экспресс-методов технологического контроля комбикормового производства, исключение необходимости применения дорогостоящих химических реактивов, увеличение количества определяемых показателей, улучшение качества анализов при снижении затрат времени на их проведение.

Важность и актуальность решения указанной проблемы определили выбор темы диссертационной работы.

Цель работы. Целью работы является совершенствование технологического контроля качества комбикормового сырья и некоторых процессов

комбикормового производства на основе разработки новых экспресс-методов анализа.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

определить возможности совершенствования технологического контроля качества комбикормового сырья по показателям органолептической оценки, зараженности вредителями хлебных запасов, влажности, засоренности металлопримесями, бактериальной обсемененности;

разработать методы оперативного технологического контроля эффективности процессов смешивания компонентов комбикормов на основе использования в качестве контрольных-ключевых компонентов, входящих в рецепты комбикормов;

технологически обосновать выбор комплексного показателя эффективности процесса экструзии зернового сырья и разработать метод его оперативного контроля;

разработать методы комплексной оценки водостойкости гранулированных комбикормов для рыб;

обосновать возможность регистрации в системе технологического контроля начальных стадий развития отрицательных и потенциально опасных процессов комбикормового производства.

Научная новизна. Научно обосновано комплексное совершенствование технологического контроля качества комбикормового сырья по показателям органолептической оценки (А.с.895394), санитарного состояния (А.с.935788, А.с.993873), критической влажности (А.с.1086401, А.с.1140021) и засоренности металлопримесями (А.с.895928, А.с.920501); теоретически и экспериментально подтверждена возможность экспресс-оценки качественного состояния комбикормового сырья на основе использования зависимостей между биохимическими показателями анализируемых продуктов и их гальванометрическими и дифференциально-термическими параметрами; получены математические модели смешивания компонентов комбикормов с побочными продуктами масложировой промышлен-

ности (концентратом кальциевых солей жирных кислот и бентонитовым отбеливателем жиров) и разработан метод экспрессной оценки эффективности этих процессов (А.с.893202); установлена степень взаимосвязи между биохимическими и структурно-механическими превращениями зернового сырья в процессе обработки его способом экструзии и разработан метод экспресс-контроля эффективности этого процесса (А.с.951114, А.с.993057); изучено влияние активной реакции водной среды на водостойкость комбикормов для рыб и разработаны методы комплексной оценки их показателей качества (А.с.680700, А.с.743652, А.с.942642, А.с.1041928); впервые на основе экспериментальных исследований и использования математических методов распознавания образов разработана система комплексного технологического контроля проявления начальных стадий развития отрицательных и потенциально опасных процессов комбикормового производства.

Практическая ценность работы. Экспериментально доказана возможность комплексного совершенствования технологического контроля комбикормового производства на стадиях контроля качества сырья, контроля ведения технологического процесса и контроля качества вырабатываемой продукции. Для внедрения в комбикормовую промышленность рекомендованы методы экспресс-оценки качественного состояния комбикормового сырья; методы оперативного контроля эффективности процессов смешивания компонентов комбикормов и обработки зернового сырья способом экструзии; разработки по комплексной оценке водостойкости комбикормов для рыб; методы комплексного технологического контроля начальных стадий развития отрицательных и потенциально опасных процессов комбикормового производства.

Практическая реализация основных результатов диссертационной работы подтверждена актами внедрений на 40 государственных, межгосударственных комбикормовых заводах и специализированных НИИ РСФСР, УССР и Литовской ССР.

Апробация работы. Основные материалы диссертации доложены на Всесоюзной конференции "Технология и механизация кормоприготовления на фермах и комплексах" (г. Запорожье, 1979г.), VI Всесоюзной конференции "Механика сыпучих материалов" (г. Одесса, 1980г.), Всесоюзной конференции "Технология приготовления протеиновых концентратов" (г. Запорожье, 1980г.), III Всесоюзной научно-технической конференции "Применение электронно-ионной технологии в народном хозяйстве" (г. Тбилиси, 1981г.), Всесоюзной конференции "Основные результаты и направления развития научно-технического прогресса в кормопроизводстве и кормоприготовлении" (г. Запорожье, 1981г.), Всесоюзном координационном совещании ВАСХНИЛ (г. Запорожье, 1983г.).

Разработки, отраженные в диссертации, отмечены премией Всесоюзного конкурса "На лучшую разработку по созданию технических средств в кормопроизводстве" (постановление центрального правления НТО сельского хозяйства №12 от 17.10.80г.), призом ЦК ВЛКСМ (1981г.). На республиканском смотре "На лучшую научную работу в области сельскохозяйственного производства" диссертационным разработкам присуждено I^{ое} место (постановление Украинского республиканского правления НТО сельского хозяйства, протокол №12 от 18.10.80г.).

Созданные в рамках диссертации разработки по технологическому контролю комбикормового производства утверждены участниками показа ВДН СССР и ВДН УССР.

Публикация результатов. По теме диссертационной работы опубликовано 24 статьи и получено 18 авторских свидетельств на изобретения.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 144 страницах машинописного текста, иллюстрируется 43 рисунками, 27 таблицами и состоит из введения, 5 глав, общих выводов, списка литературы из 281 наименования и приложения, содержащего расчет экономической эффективности, 40 актов о внедрении диссертационных разработок в народном хозяйстве, программу построения на ЭВМ прогнози -

ческих областей развития начальных стадий отрицательных и потенциально опасных процессов комбикормового производства.

На защиту выносятся:

разработки по комплексной экспресс-оценке качественного состояния комбикормового сырья;

результаты исследования влияния технологических факторов на качество смешивания компонентов комбикормов с побочными продуктами масложировой промышленности и разработки по оперативной оценке эффективности смесеобразования;

технологическое обоснование экспресс-контроля эффективности обработки зернового сырья способом экструзии;

результаты исследований по разработке методов комплексной оценки водостойкости комбикормов для рыб;

методы технологического контроля начальных стадий развития отрицательных и потенциально опасных процессов комбикормового производства.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе выполнен анализ литературных данных, относящихся к технологическому контролю комбикормового производства, который позволил установить, что методы и средства контроля качества комбикормового сырья с точки зрения их информативных возможностей и затрат времени на получение данных анализов требует дальнейшего совершенствования; контроль технологических процессов производства комбикормов должен базироваться на методах раннего предупреждения об изменениях качественных характеристик процессов и готовой продукции; применение для этих целей химических методов обуславливает запаздывание получения требуемой информации и ограничивает практические возможности своевременного и целенаправленного воздействия на контролируемые технологические процессы; специфика комбикормового производства требует наделения технологического контроля и такой еще не достаточно разработанной функцией, как комплексной регистрацией начальных стадий развития отрицательных и потенциально опасных про-

цессов. В заключении главы сформулированы цель и задачи исследований.

Во второй главе приведена методика исследования, описывается экспериментальная база.

Выбор объектов исследования охватывал две основные, в значительной мере определяющие качество готовой продукции, стадии технологического контроля комбикормового производства: контроль качества сырья, поступающего на предприятия по производству комбикормов; контроль технологического процесса производства комбикормов. Программа экспериментальных работ предусматривала следующие взаимосвязанные этапы постановки исследований: изучение технологических процессов комбикормового производства с целью выбора определяющих контролируемых параметров; исследование и разработка методов оперативного контроля этих параметров.

Обработку и анализ экспериментальных данных осуществляли методами математической статистики согласно ГОСТов: 8.207-76; II.002-73; II.004-74. При постановке многофакторных экспериментов для поиска оптимального сочетания действующих факторов и выяснения их относительной силы влияния на контролируемые показатели качества использовали методы математического планирования экспериментов. Для получения математических моделей прогноза развития начальных стадий отрицательных и потенциально опасных процессов комбикормового производства использовали математические методы распознавания образов.

Визуальный анализ сырья и комбикормов в барьерном разряде осуществляли с помощью специально разработанной для этих целей установки (А.с.953538), состоящей из портативного импульсного генератора (IкВ, 4кГц) и оптически прозрачной параллельной электродной системы. Прочностные характеристики и расплываемость комбикормов, эффективность систем магнитной защиты контролировали специально разработанными для этих целей в рамках диссертационной работы методами регистрации сил сцепления на разрыв (А.с.94772I), весового контроля накопления аэрозвесей и аэрогелей (А.с.603880, А.с.94948I), дистанцион-

ной регистрации силовых характеристик элементов магнитной защиты (А.с.862086).

Достоверность оценки качественного состояния сырья и комбикормов разработанными экспресс-методами контролировали гостированными методами.

В третьей главе приведены результаты экспериментальных исследований по совершенствованию технологического контроля качества комбикормового сырья. Для получения количественных критериев органолептически регистрируемых показателей качества комбикормового сырья были разработаны методы замещения. При этом органолептически регистрируемые показатели запаха и вкуса анализируемых проб замещались известными, управляемыми по величине воспроизводимыми мерами: расходом дезодоратора (А.с.895394), электрическим маскирующим воздействием вкусового ощущения. Приведены экспериментальные данные практической реализации разработанных методов при органолептическом определении интенсивности запаха различных видов комбикормового сырья и вкусовых показателей экструдированного зернового сырья, обогащенного белковым коагулятом соея люцерны. Разработанные методы не устраняют субъективный характер органолептической оценки качественного состояния комбикормового сырья. Однако результаты органолептической оценки представляется возможным получить не только в весьма приближенной словесно-описательной форме, но и в конкретном числовом выражении, что обеспечивает возможность их документальной регистрации и идентификации. Это имеет существенное практическое значение, т.к. способности человека запоминать различные интенсивности органолептических показателей ограничены.

Для устранения субъективных факторов органолептической оценки качества комбикормового сырья по запаху исследовали возможность применения методов газожидкостной хроматографии. Экспериментально было установлено, что экспресс-информацию об изменениях в качественном состоянии комбикормового сырья можно получить путем сравне-

ния хроматограмм паровой фазы, анализируемых и принятых за стандарт проб. В диссертации приведены экспериментальные результаты по выбору оптимальных условий хроматографического разделения для получения хроматограмм паровой фазы различных видов комбикормового сырья. Установлено, что прямой экспресс-анализ летучих компонентов комбикормового сырья представляется возможным реализовать хроматографированием 3...7мл паровой фазы анализируемых проб в условиях моделирования процесса их "заварки" в водной среде при температуре 80-90°C.

Для экспресс-индикации бактериологического состояния комбикормового сырья животного происхождения исследовали возможность использования данных инструментального контроля изменений физико-химических свойств питательной среды, обусловленных появлением специфических и приспособительных процессов уже в первые часы культивирования в ней микроорганизмов анализируемых проб сырья. На основании полученных экспериментальных зависимостей между показателем общей бактериальной обсемененности проб мясокостной муки и гальванометрическим параметром питательной среды показано, что затраты времени на получение информации о санитарном состоянии сырья представляется возможным сократить, по сравнению с методом посева на питательные среды и последующего подсчета выросших колоний, более чем в 6 раз.

С целью совершенствования контроля явной зараженности комбикормового сырья вредителями хлебных запасов (насекомыми-вредителями) теоретически и экспериментально обоснована разработка метода, основанного на селективной электробиолюминесценции насекомых-вредителей в барьерном разряде (А.с.993873). Разработанный метод позволяет оперативно и дифференцировано регистрировать число жизнеспособных насекомых-вредителей в пробах комбикормового сырья без их предварительной обработки.

На основании данных экспериментальных исследований показано, что визуальный анализ проб комбикормового сырья в барьерном разряде од-

новременно позволяет экспрессно регистрировать и степень его засоренности металлопримесями (А.с.895928). Теоретической предпосылкой для разработки метода служили данные, характеризующие отличие электрофизических свойств металлопримесей от остальных компонентов комбикормов. Положенный в основу метода визуальный контроль коронирования металлопримесей является более информативным по сравнению с методом магнитной сепарации, т.к. обеспечивает регистрацию наличия в пробах сырья и комбикормов не только металломагнитных, но и немагнитных примесей.

В диссертации приведены полученные контактным методом фотографии, характеризующие визуально регистрируемые на основе разработанных методов внешние проявления коронирования металлопримесей и электробиолюминесценции насекомых-вредителей в пробах комбикормового сырья растительного и животного происхождения.

Для экспресс-регистрации скрытой зараженности зернового сырья насекомыми-вредителями разработан гальванометрический метод (А.с.935788, А.с.987519), основанный на регистрации тока электрохимической э.д.с., генерируемой при механической деструкции зараженных зерновок между рифленными электродами с различными стандартными электродными потенциалами. Рассмотрены теоретические предпосылки разработки метода, а также приведены экспериментальные данные по его практической реализации (Табл. I).

Таблица I

Регистрация скрытой зараженности зернового сырья насекомыми-вредителями гальванометрическим методом

Вид скрытой зараженности *	: Величина тока электрохимической э.д.с., мкА	
	: Зерновая моль	: Амбарный долгоносик
Зерно незараженное, влажность 12-14%	: I	: I
Наличие внутри зерна личинки	: 67	: 24
Наличие внутри зерна взрослой особи	: 58	: 18

Экспериментально подтверждена также возможность экспресс-индикации критической влажности зернового сырья методом регистрации тока электрохимической э.д.с. при механической деструкции анализируемых проб между электродами с различными стандартными электродными потенциалами (А.с.1086401). Показано, что получаемая при этом экспресс-информация носит целевой характер и не требует дополнительной обработки, т.к. отчетливое генерирование электрического сигнала наблюдается лишь при достижении контролируемым показателем влажности критических для зернового сырья значений. Приведены результаты исследований по разработке универсального метода экспресс-индикации критической влажности комбикормового сырья в системе технологического контроля на основе дифференциальной регистрации экзотермических эффектов при одновременной термической деструкции анализируемых и контрольных проб (А.с.1140021). Статистическая обработка результатов регистрации влажности различных видов комбикормового сырья подтвердила метрологическую приемлемость разработанного метода для экспресс-оценки контролируемого показателя качества в процессе приемки и хранения сырья.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований по совершенствованию технологического контроля некоторых процессов комбикормового производства. На примере разработанной в рамках диссертационной работы технологии ввода в комбикорма побочных продуктов масложировой промышленности, в частности концентрата кальциевых солей жирных кислот (ККСЖК) и бентонитового отбеливателя жиров (БОЖ), показана целесообразность разработки универсального экспресс-метода контроля равномерности распределения вводимых компонентов.

Ввод ККСЖК в комбикорма осуществляли согласно разработанной технологической схемы, представленной на рис.1.

Экспериментальные исследования выполнялись при следующих управляемых факторах: T -продолжительность смешивания, c -концентрация ККСЖК, x ; W -влажность ККСЖК, %.

Обработка данных на ЭВМ позволила получить уравнение регрессии, отражающее относительную силу влияния технологических факторов на равномерность распределения вводимого в комбикорм побочного продукта масложировой промышленности:

$$Y = 14,64 - 5,58X_1 - 1,2xX_2 + 0,80X_3 - 0,54X_2X_3 + 0,64X_1X_2X_3 \quad (I)$$

X_1, X_2, X_3 - кодированные значения факторов соответственно T, c, W ;

$$X_1 = (T - 600) / 300; \quad X_2 = (c - 7) / 3; \quad X_3 = (W - 55) / 5.$$

Уравнение справедливо для следующей области определения факторов:

$$300 \leq T \leq 900 \text{ с}; \quad 4 \leq c \leq 10 \%; \quad 50 \leq W \leq 60 \%.$$

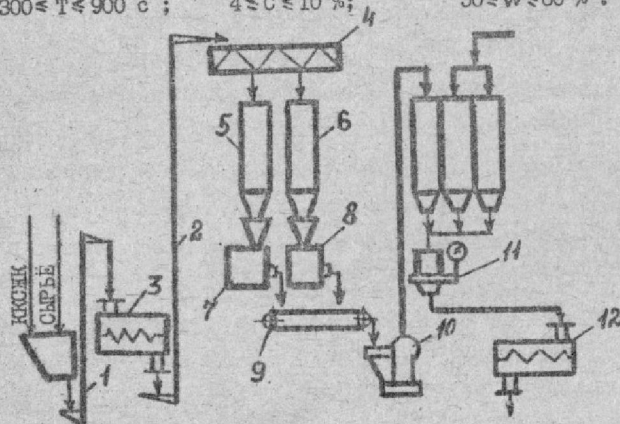


Рис. 1. Технологическая схема ввода ККСЖК в комбикорма
1, 2 - нория, 3 - смеситель, 4 - шнек, 5, 6 - бункера,
7, 8 - экструдеры, 9 - транспортер, 10 - дробилка,
11 - многокомпонентные весы, 12 - смеситель.

Разработан метод экспресс-контроля равномерности распределения вводимых в комбикорма побочных продуктов масложировой промышленности, в основу которого положен принцип селективной регистрации термических параметров контрольных компонентов (А.с. 893202). На основе экспериментально полученных термограмм контрольных компонентов (ККСЖК, БОЖ), а также установленных зависимостей между концентрацией конт -

рольных компонентов и величинами площадей пиков термограмм (термических эффектов) показана практическая целесообразность использования метода в системе технологического контроля для экспресс-индикации эффективности смесеобразования.

Согласно статистической обработке результатов определения содержания ККСЖК и ВОЖ в пробах комбикормов разработанным методом, относительная погрешность измерений составляет 7...9%, а затраты времени на получение данных контроля по сравнению с химическим (экстракционным) методом сокращаются более чем в 10 раз.

Экспериментально подтверждена возможность осуществления экспресс-контроля эффективности смешивания компонентов комбикормов на основе использования в качестве индикаторов равномерности распределения контрольных минеральных компонентов ионоселективных электродов. Приведены данные статистической обработки результатов контроля за равномерностью распределения в комбикормах поваренной соли (относительная погрешность измерений составляет 5...9%, а затраты времени на получение данных по сравнению с химическими методами сокращаются в 3 раза).

Разработан метод визуального контроля за равномерностью распределения в комбикормах кормового фосфата на основе экспериментально установленной его селективной люминесценции в барьерном разряде. В диссертации приведены фотографии, отражающие внешнее проявление селективной люминесценции контрольных компонентов в анализируемых пробах комбикормов. Приведены теоретические предпосылки разработки метода, основанные на положениях электронной теории хемосорбции.

С целью разработки общедоступного метода экспресс-контроля эффективности процесса экструзии исследовали взаимосвязь между биохимическими и структурно-механическими превращениями экструдированного зернового сырья. На основе экспериментальных данных получено уравнение регрессии, характеризующее взаимосвязь между общим содержанием сахаров и декстринов (Y) и коэффициентом "взорванности" (X)

экструдированной зерновой смеси (50% пшеницы, 50% овса), обогащенной

$$\text{ККСЖК: } Y = 3,57 + 0,51X \quad (2)$$

Методом многофакторного планирования экспериментов получены математические модели, описывающие процессы экструзии различных видов зернового сырья с использованием в качестве параметра оптимизации коэффициента его "взорванности". При исследовании в качестве варьируемых были изучены следующие факторы: температура в зоне сжатия (Тсж.), температура в зоне гомогенизации (Тгом.), влажность сырья (W).

Для исследуемого процесса экструзии пшеницы с использованием в качестве параметра оптимизации коэффициента "взорванности" получено следующее уравнение регрессии:

$$Y = 6,67 - 0,20X_1 + 0,33X_2 + 1,01X_3 - 0,18X_2X_3 \quad (3)$$

X_1, X_2, X_3 - кодированные значения факторов, соответственно Тсж., Тгом., W ;

$$X_1 = (T_{сж.} - 145)/5; \quad X_2 = (T_{гом.} - 175)/15; \quad X_3 = (W - 15)/3.$$

Уравнение справедливо для следующей области определения факторов:

$$140 \leq T_{сж.} \leq 150^\circ\text{C}; \quad 160 \leq T_{гом.} \leq 190^\circ\text{C}; \quad 12 \leq W \leq 18\%.$$

Разработаны методы оперативного технологического контроля эффективности процесса экструзии на основе механотронной (А.с. 951114) и гальванометрической (А.с. 993057) экспресс-регистрации коэффициента взорванности обрабатываемого комбикормового сырья. На основании экспериментально установленной зависимости между выходным сигналом механотрона и коэффициентом "взорванности" анализируемых проб экструдированного зернового сырья (Рис. 2), а также результатов статистической обработки данных определения контролируемого показателя качества (относительная погрешность измерений $\approx 4\%$), показана целесообразность использования разработанного метода для технологического экспресс-контроля эффективности процесса экструзии. При этом реализуется возможность осуществления экспресс-контроля непосредственно в цеховых условиях, а затраты времени на получение информативных данных по сравнению с химическим методом снижаются в 12 раз.

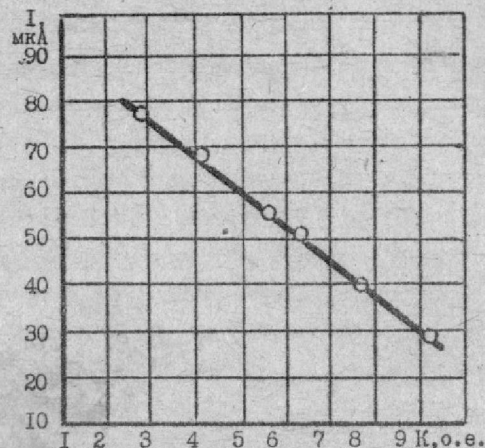


Рис.2. Зависимость между выходным сигналом (I) механотрона и коэффициентом "взорванности" (K) анализируемых проб экструдированного зернового сырья (механотрон -6МХ1С; экструдированный продукт - кукуруза).

Разработан метод оперативной оценки сорбционных свойств экструдированного зернового сырья, заключающийся в автоматической фотоэлектрической регистрации кинетики процесса поглощения экструдированным зерновым сырьем жидких питательных компонентов. Показана практическая целесообразность использования разработанного метода для прогнозирования эффективности обогащения экструдированного зернового сырья жидким протеиновым концентратом из сока люцерны (Рис.3).

Создание возможностей получения в системе технологического контроля экспресс-данных о величине коэффициента "взорванности" зернового сырья в процессе обработки его способом экструзии и оперативной информации о сорбционных свойствах экструдированного продукта имеет существенное практическое значение. Получаемая информация позволяет более эффективно использовать технологические возможности повышения питательных достоинств экструдированного зернового сырья.

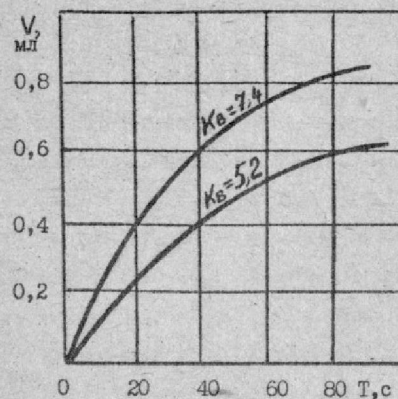


Рис.3

Так, как видно из полученных с помощью разработанного экспресс-метода данных (Рис.3.), кинетика процесса поглощения экструдированной зерновой смесью (пшеница-85%, горох-15%) жидкого протеинового концентрата из сока люцерны подвержена влиянию коэффициента ее "взорванности" (K_B). Таким образом, только при достижении требуемых структурно-механических превращений в процессе обработки зернового сырья способом экструзии можно обеспечить последующую эффективность его обогащения жидкими питательными компонентами.

Для комплексной оценки водостойкости комбикормов для рыб разработаны методы, обеспечивающие получение данных, характеризующих кинетику процессов одновременного как механического (А.с.680700), так и химического (А.с.713652, А.с.942642) разрушающего воздействия водной среды на анализируемый продукт. В основу методов положен автоматический контроль массы частиц механического распада гранул и динамики процесса их размягчения в водной среде, инструментальный ионоселективный контроль интенсивности процесса экстрагирования питательных компонентов и фотоэлектрическая регистрация показателя плавучести комбикормов (А.с.1041928). Экспериментально установлено влияние активной реакции водной среды на интенсивность водопоглощения гранул комбикормов и на основе униполярной обработки среды предложено моделирование изменения гидрохимических свойств реальных водоемов в лабораторных условиях испытания кормов на водостойкость. Приведены сравнительные результаты комплексной оценки разработанными методами рыбководных характеристик, в том числе и плавучести комбикормов

Одесский технологический институт пищевой промышленности им. акад. В. В. Яковлева

БИБЛИОТЕКА

к.б. 15039

для рыб, полученных различными технологическими приемами.

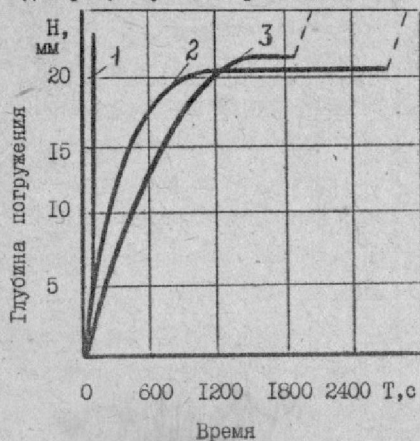


Рис. 4

Как видно из рис. 4, получаемые с помощью разработанного метода автоматической регистрации показатели плавучести комбикормов данные расширяют практические возможности выбора технологических приемов для производства кормов с требуемой рыбоводной характеристикой (I-сухое прессование; 2-экструдированная зерновая смесь без ввода ККСЖК; 3-с 4%-ным вводом ККСЖК; - - - начало разрушения корма). Практическая

целесообразность разработки метода подтверждена и тем фактом, что способом экструзии можно получить гранулы, способные находиться на поверхности воды до 24 часов и, естественно, непрерывный визуальный контроль в ходе их испытания на плавучесть является неприемлемым.

В пятой главе описаны разработанные методы технологического контроля начальных стадий развития отрицательных и потенциально опасных процессов комбикормового производства. Приведены результаты экспериментальных исследований по разработке методов оперативного технологического контроля эффективности магнитной защиты и работы ловушек молотковых дробилок, прогнозирования сводобразий в бункерах и интенсивности популяции насекомых-вредителей в комбикормах. На основе использования математических методов распознавания образов и статистического обучающего материала получено следующее каноническое уравнение области стойкого хранения комбикормов в течение 30^{ти} суток, справедливое для наиболее затруднительного в прогностическом отношении диапазона положительных значений температур и величин влажности хранящихся комбикормов ниже критических:

$$П = (X_1^F / 0,37)^2 + (X_2^F / 0,48)^2 \quad (4)$$

где $X_1^F = 0,90X_1 + 0,45X_2$; $X_2^F = -0,45X_1 + 0,90X_2$; $X_1 = (T - 15) / 15$; $X_2 = (W - 12) / 12$; $T, ^\circ C$ и $W, \%$ -соответственно температура и влажность комбикорма. Положительный прогноз стойкого хранения комбикормов в течение 30-ти суток справедлив при $П \leq 1$. Достоверность прогноза согласно полученной математической модели подтверждена приведенными в диссертации экспериментальными данными комплексной оценки качественного состояния комбикормов стандартизованными методами.

Реализацией аналогичного алгоритма на ЭВМ получена также математическая модель для оперативного прогноза в системе технологического контроля комбикормового производства начальных стадий развития потенциально опасных (предаварийных) процессов с использованием в качестве входных параметров модели комплекса контролируемых с помощью разработанных методов факторов: массовой концентрации аэрозвесей и уровня накопления аэрогелей (А.с. 603880, А.с. 949481), интенсивности генерации статического электричества (А.с. по заявке № 3647023/24 - 21), относительной влажности воздуха в производственных помещениях, содержания в комбикормовом сырье остаточного растворителя и металлопримесей, температуры нагрева поверхностей технологического оборудования и амплитуды его механических вибраций.

Полученные прогностические модели в сочетании с разработанными методами оперативного контроля их входных параметров расширяют практические возможности получения своевременной информации о начальных стадиях развития отрицательных и потенциально опасных процессов в комбикормовом производстве.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Экспериментально подтверждена принципиальная возможность совершенствования технологического контроля качества комбикормового сырья по показателям органолептической оценки, санитарного состояния, критической влажности и засоренности металлопримесями.
2. Установлена взаимосвязь между биохимическими показателями комбикормового сырья и его гальванометрическими и дифференциально-тер-

мическими параметрами. Разработаны методы контроля этих параметров для получения оперативной информации о качественном состоянии комбикормового сырья непосредственно в ходе процессов его приемки и хранения.

3. Выявлены наиболее значимые факторы, определяющие качество смешивания компонентов комбикормов с побочными продуктами масложировой промышленности, и технологически обоснован метод экспресс-контроля эффективности смесеобразования.

4. Разработаны методы технологического экспресс-контроля за равномерностью распределения в комбикормах контрольных компонентов на основе визуальной регистрации эффектов их селективной люминесценции, использования ионоселективных электродов и дифференциальной регистрации параметров термической деструкции анализируемых и контрольных проб.

5. Установлена степень взаимосвязи между биохимическими и структурно-механическими превращениями зернового сырья в процессе обработки его способом экструзии. Экспериментально подтверждена целесообразность использования этой взаимосвязи для оперативного технологического контроля эффективности процесса экструзии.

6. Разработаны экспресс-методы определения качества экструдированного зернового сырья по показателю степени его взорванности.

7. Обоснован выбор подлежащих контролю информативных показателей водостойкости гранулированных комбикормов для рно и разработаны объективные методы их определения на основе инструментальной регистрации интенсивности процессов механического и химического разрушающего воздействия водной среды на анализируемые гранулы, их водопоглощательной способности и плавучести.

8. Разработаны методы комплексного технологического контроля начальных стадий развития отрицательных и потенциально опасных процессов комбикормового производства.

9. Годовой экономический эффект, подтвержденный актами внедрения результатов исследования на предприятиях по производству комбикормов Запорожского агропромышленного комплекса, составляет 58,1 тыс. руб. Внедрение разработок обеспечивает также достижение существенного социального эффекта, выражающегося в расширении практических возможностей предотвращения возникновения аварийных ситуаций, гибели людей, выхода из строя технологического оборудования, порчи сырья и готовой продукции на предприятиях по производству комбикормов.

10. Для реализации результатов работы в промышленности рекомендуются: методы экспресс-оценки качественного состояния комбикормового сырья; методы оперативного технологического контроля эффективнос-

ти процессов смешивания компонентов комбикормов и обработки зернового сырья способом экструзии; разработки по комплексной оценке водостойкости комбикормов для рыб; методы комплексного технологического контроля начальных стадий развития отрицательных и потенциально опасных процессов комбикормового производства.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Чаусовский Г.А. Использование метода газожидкостной хроматографии для определения качества кормов. - Висн. с.-г. науки, 1979, №2, с. 82-83.

2. А.с. 680700 (СССР). Устройство для определения водостойкости гранулированных комбикормов для рыб/Г.А. Чаусовский, И.К. Чайка. - Оpubл. в В.И., 1979, №31.

3. Чаусовский Г.А. Инструментальный метод получения сравнительных характеристик смачиваемости комбикормов. - Вестн. с.-х. науки, 1980, №2, с. 132-134.

4. Чаусовский Г.А. Инструментальный экспресс-метод контроля качества смешивания кормов. - Висн. с.-г. науки, 1980, №1, с. 81-83.

5. Чаусовский Г.А. Инструментальный экспресс-метод контроля содержания животного кормового жира в обогащенном комбикорме. - Висн. с.-г. науки, 1980, №7, с. 46-49.

6. Чаусовский Г.А. Регистратор качества смешивания комбикормов. - Техника в сел. хоз. - ве, 1980, №4, с. 63.

7. Чаусовский Г.А. Разработка инструментальных экспресс-методов определения некоторых показателей качества и физико-химических характеристик комбикормов. - Науч.-техн. бiлл. по механизации и электрификации животноводства/ЦНИИПТИМЭЖ. Запорожье, 1980, №13, с. 47-51.

8. А.с. 743652 (СССР). Способ определения водоустойчивости гранулированных комбикормов для рыб/ Г.А. Чаусовский, И.К. Чайка. - Оpubл. в В.И., 1980, №24.

9. Чаусовский Г.А. Инструментальный экспресс-метод контроля качества обработки кормосмесей жидкими добавками. - Висн. с.-г. науки, 1981, №3, с. 36-37.

10. Чаусовский Г.А. Радикалолюминесцентный метод контроля качества смешивания комбикормов. - Науч.-техн. реф. сб./ЦНИИТЭИ Минзага. сер.: Комбикормовая пром-сть, 1981, вып. 5, с. 2-4.

11. Чаусовский Г.А. Прибор для ускоренного определения качества экструдированных кормов. - Кормопроизводство, 1981, №2, с. 33-34.

12. Чаусовский Г.А. Система контроля взрыво- и пожароопасных факторов. - Мукомольно-элеваторная и комбикормовая пром-сть, 1981, №8, с. 31

Работа выполнена в Одесском технологическом институте пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова

Научный руководитель — кандидат технических наук,
доцент И. К. ЧАЙКА

Официальные оппоненты — доктор сельскохозяйственных наук, профессор В. Я. МАКСАКОВ
— доктор технических наук, профессор Н. В. ОСТАПЧУК


Ведущая организация — Украинский филиал ВНИИ комбикормовой промышленности (г. Киев).

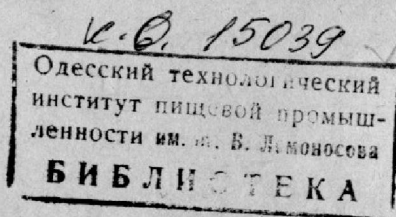
Защита состоится 25 мая 1985 г. в 10³⁰ час. на заседании специализированного совета Д 068.35.01. при Одесском технологическом институте пищевой промышленности имени М. В. Ломоносова, 270039, г. Одесса, ул. Свердлова, 112.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского технологического института пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова

Автореферат разослан 17 апреля 1985 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат технических наук,
доцент


А. Ф. ЗАГИБАЛОВ



Актуальность работы. Решение задач, поставленных Продовольственной программой, требует для создания устойчивой кормовой базы животноводства дальнейшего наращивания мощностей комбикормовых заводов, расширения ассортимента и повышения качества производимых комбикормов. Претворение в жизнь поставленных задач вызывает необходимость и дальнейшего совершенствования технологического контроля комбикормового производства.

На основании литературных данных установлено, что технологический контроль комбикормового производства базируется на методах и средствах, не всегда обеспечивающих возможность получения оперативной информации о показателях качества комбикормового сырья и готовой продукции, качества функционирования технологических процессов.

Несоответствие между существующим высоким уровнем механизации и поточным характером основных технологических процессов комбикормового производства и необходимыми затратами времени на получение данных технологического контроля химическими методами обуславливает запаздывание получения информации, необходимой для оперативного и целенаправленного воздействия на факторы, определяющие эффективность технологических процессов и качество готовой продукции.

Для обеспечения технологов оперативной и достоверной информацией о качестве сырья и готовой продукции и качестве функционирования технологических процессов необходимо дальнейшее совершенствование существующих и разработка новых экспресс-методов технологического контроля комбикормового производства, исключение необходимости применения дорогостоящих химических реактивов, увеличение количества определяемых показателей, улучшение качества анализов при снижении затрат времени на их проведение.

Важность и актуальность решения указанной проблемы определили выбор темы диссертационной работы.

Цель работы. Целью работы является совершенствование технологического контроля качества комбикормового сырья и некоторых процессов

комбикормового производства на основе разработки новых экспресс-методов анализа.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

определить возможности совершенствования технологического контроля качества комбикормового сырья по показателям органолептической оценки, зараженности вредителями хлебных запасов, влажности, засоренности металлопримесями, бактериальной обсемененности;

разработать методы оперативного технологического контроля эффективности процессов смешивания компонентов комбикормов на основе использования в качестве контрольных-ключевых компонентов, входящих в рецепты комбикормов;

технологически обосновать выбор комплексного показателя эффективности процесса экструзии зернового сырья и разработать метод его оперативного контроля;

разработать методы комплексной оценки водостойкости гранулированных комбикормов для рыб;

обосновать возможность регистрации в системе технологического контроля начальных стадий развития отрицательных и потенциально опасных процессов комбикормового производства.

Научная новизна. Научно обосновано комплексное совершенствование технологического контроля качества комбикормового сырья по показателям органолептической оценки (А.с.895394), санитарного состояния (А.с.935788, А.с.993873), критической влажности (А.с.1086401, А.с.1140021) и засоренности металлопримесями (А.с.895928, А.с.920501); теоретически и экспериментально подтверждена возможность экспресс-оценки качественного состояния комбикормового сырья на основе использования зависимостей между биохимическими показателями анализируемых продуктов и их гальванометрическими и дифференциально-термическими параметрами; получены математические модели смешивания компонентов комбикормов с побочными продуктами масложировой промышлен-

ности (концентратом кальциевых солей жирных кислот и бентонитовым отбеливателем жиров) и разработан метод экспрессной оценки эффективности этих процессов (А.с.893202); установлена степень взаимосвязи между биохимическими и структурно-механическими превращениями зернового сырья в процессе обработки его способом экструзии и разработан метод экспресс-контроля эффективности этого процесса (А.с.951114, А.с.993057); изучено влияние активной реакции водной среды на водостойкость комбикормов для рыб и разработаны методы комплексной оценки их показателей качества (А.с.680700, А.с.743652, А.с.942642, А.с.1041928); впервые на основе экспериментальных исследований и использования математических методов распознавания образов разработана система комплексного технологического контроля проявления начальных стадий развития отрицательных и потенциально опасных процессов комбикормового производства.

Практическая ценность работы. Экспериментально доказана возможность комплексного совершенствования технологического контроля комбикормового производства на стадиях контроля качества сырья, контроля ведения технологического процесса и контроля качества вырабатываемой продукции. Для внедрения в комбикормовую промышленность рекомендованы методы экспресс-оценки качественного состояния комбикормового сырья; методы оперативного контроля эффективности процессов смешивания компонентов комбикормов и обработки зернового сырья способом экструзии; разработки по комплексной оценке водостойкости комбикормов для рыб; методы комплексного технологического контроля начальных стадий развития отрицательных и потенциально опасных процессов комбикормового производства.

Практическая реализация основных результатов диссертационной работы подтверждена актами внедрений на 40 государственных, межгосударственных комбикормовых заводах и специализированных НИИ РСФСР, УССР и Литовской ССР.

Апробация работы. Основные материалы диссертации доложены на Всесоюзной конференции "Технология и механизация кормоприготовления на фермах и комплексах" (г. Запорожье, 1979г.), VI Всесоюзной конференции "Механика сыпучих материалов" (г. Одесса, 1980г.), Всесоюзной конференции "Технология приготовления протеиновых концентратов" (г. Запорожье, 1980г.), III Всесоюзной научно-технической конференции "Применение электронно-ионной технологии в народном хозяйстве" (г. Тбилиси, 1981г.), Всесоюзной конференции "Основные результаты и направления развития научно-технического прогресса в кормопроизводстве и кормоприготовлении" (г. Запорожье, 1981г.), Всесоюзном координационном совещании ВАСХНИЛ (г. Запорожье, 1983г.).

Разработки, отраженные в диссертации, отмечены премией Всесоюзного конкурса "На лучшую разработку по созданию технических средств в кормопроизводстве" (постановление центрального правления НТО сельского хозяйства №12 от 17.10.80г.), призом ЦК ВЛКСМ (1981г.). На республиканском смотре "На лучшую научную работу в области сельскохозяйственного производства" диссертационным разработкам присуждено I^{ое} место (постановление Украинского республиканского правления НТО сельского хозяйства, протокол №12 от 18.10.80г.).

Созданные в рамках диссертации разработки по технологическому контролю комбикормового производства утверждены участниками показа ВДН СССР и ВДН УССР.

Публикация результатов. По теме диссертационной работы опубликовано 24 статьи и получено 18 авторских свидетельств на изобретения.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 144 страницах машинописного текста, иллюстрируется 43 рисунками, 27 таблицами и состоит из введения, 5 глав, общих выводов, списка литературы из 281 наименования и приложения, содержащего расчет экономической эффективности, 40 актов о внедрении диссертационных разработок в народном хозяйстве, программу построения на ЭВМ прогноза

ческих областей развития начальных стадий отрицательных и потенциально опасных процессов комбикормового производства.

На защиту выносятся:

разработки по комплексной экспресс-оценке качественного состояния комбикормового сырья;

результаты исследования влияния технологических факторов на качество смешивания компонентов комбикормов с побочными продуктами масложировой промышленности и разработки по оперативной оценке эффективности смесеобразования;

технологическое обоснование экспресс-контроля эффективности обработки зернового сырья способом экструзии;

результаты исследований по разработке методов комплексной оценки водостойкости комбикормов для рыб;

методы технологического контроля начальных стадий развития отрицательных и потенциально опасных процессов комбикормового производства.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе выполнен анализ литературных данных, относящихся к технологическому контролю комбикормового производства, который позволил установить, что методы и средства контроля качества комбикормового сырья с точки зрения их информативных возможностей и затрат времени на получение данных анализов требует дальнейшего совершенствования; контроль технологических процессов производства комбикормов должен базироваться на методах раннего предупреждения об изменениях качественных характеристик процессов и готовой продукции; применение для этих целей химических методов обуславливает запаздывание получения требуемой информации и ограничивает практические возможности своевременного и целенаправленного воздействия на контролируемые технологические процессы; специфика комбикормового производства требует наделения технологического контроля и такой еще не достаточно разработанной функцией, как комплексной регистрацией начальных стадий развития отрицательных и потенциально опасных про-

цессов. В заключении главы сформулированы цель и задачи исследований.

Во второй главе приведена методика исследования, описывается экспериментальная база.

Выбор объектов исследования охватывал две основные, в значительной мере определяющие качество готовой продукции, стадии технологического контроля комбикормового производства: контроль качества сырья, поступающего на предприятия по производству комбикормов; контроль технологического процесса производства комбикормов. Программа экспериментальных работ предусматривала следующие взаимосвязанные этапы постановки исследований: изучение технологических процессов комбикормового производства с целью выбора определяющих контролируемых параметров; исследование и разработка методов оперативного контроля этих параметров.

Обработку и анализ экспериментальных данных осуществляли методами математической статистики согласно ГОСТов: 8.207-76; II.002-73; II.004-74. При постановке многофакторных экспериментов для поиска оптимального сочетания действующих факторов и выяснения их относительной силы влияния на контролируемые показатели качества использовали методы математического планирования экспериментов. Для получения математических моделей прогноза развития начальных стадий отрицательных и потенциально опасных процессов комбикормового производства использовали математические методы распознавания образов.

Визуальный анализ сырья и комбикормов в барьерном разряде осуществляли с помощью специально разработанной для этих целей установки (А.с.953538), состоящей из портативного импульсного генератора (IкВ, 4кГц) и оптически прозрачной параллельной электродной системы. Прочностные характеристики и расплываемость комбикормов, эффективность систем магнитной защиты контролировали специально разработанными для этих целей в рамках диссертационной работы методами регистрации сил сцепления на разрыв (А.с.947721), весового контроля накопления аэрозвесей и аэрогелей (А.с.603880, А.с.949481), дистанцион-

ной регистрации силовых характеристик элементов магнитной защиты (А.с.862086).

Достоверность оценки качественного состояния сырья и комбикормов разработанными экспресс-методами контролировали гостированными методами.

В третьей главе приведены результаты экспериментальных исследований по совершенствованию технологического контроля качества комбикормового сырья. Для получения количественных критериев органолептически регистрируемых показателей качества комбикормового сырья были разработаны методы замещения. При этом органолептически регистрируемые показатели запаха и вкуса анализируемых проб замещались известными, управляемыми по величине воспроизводимыми мерами: расходом дезодоратора (А.с.895394), электрическим маскирующим воздействием вкусового ощущения. Приведены экспериментальные данные практической реализации разработанных методов при органолептическом определении интенсивности запаха различных видов комбикормового сырья и вкусовых показателей экструдированного зернового сырья, обогащенного белковым коагулятом соея люцерны. Разработанные методы не устраняют субъективный характер органолептической оценки качественного состояния комбикормового сырья. Однако результаты органолептической оценки представляется возможным получить не только в весьма приближенной словесно-описательной форме, но и в конкретном числовом выражении, что обеспечивает возможность их документальной регистрации и идентификации. Это имеет существенное практическое значение, т.к. способности человека запоминать различные интенсивности органолептических показателей ограничены.

Для устранения субъективных факторов органолептической оценки качества комбикормового сырья по запаху исследовали возможность применения методов газожидкостной хроматографии. Экспериментально было установлено, что экспресс-информацию об изменениях в качественном состоянии комбикормового сырья можно получить путем сравне-

ния хроматограмм паровой фазы, анализируемых и принятых за стандарт проб. В диссертации приведены экспериментальные результаты по выбору оптимальных условий хроматографического разделения для получения хроматограмм паровой фазы различных видов комбикормового сырья. Установлено, что прямой экспресс-анализ летучих компонентов комбикормового сырья представляется возможным реализовать хроматографированием 3...7мл паровой фазы анализируемых проб в условиях моделирования процесса их "заварки" в водной среде при температуре 80-90°C.

Для экспресс-индикации бактериологического состояния комбикормового сырья животного происхождения исследовали возможность использования данных инструментального контроля изменений физико-химических свойств питательной среды, обусловленных появлением специфических и приспособительных процессов уже в первые часы культивирования в ней микроорганизмов анализируемых проб сырья. На основании полученных экспериментальных зависимостей между показателем общей бактериальной обсемененности проб мясокостной муки и гальванометрическим параметром питательной среды показано, что затраты времени на получение информации о санитарном состоянии сырья представляется возможным сократить, по сравнению с методом посева на питательные среды и последующего подсчета выросших колоний, более чем в 6 раз.

С целью совершенствования контроля явной зараженности комбикормового сырья вредителями хлебных запасов (насекомыми-вредителями) теоретически и экспериментально обоснована разработка метода, основанного на селективной электробиолюминесценции насекомых-вредителей в барьерном разряде (А.с.993873). Разработанный метод позволяет оперативно и дифференцировано регистрировать число жизнеспособных насекомых-вредителей в пробах комбикормового сырья без их предварительной обработки.

На основании данных экспериментальных исследований показано, что визуальный анализ проб комбикормового сырья в барьерном разряде од-

новременно позволяет экспрессно регистрировать и степень его засоренности металлопримесями (А.с.895928). Теоретической предпосылкой для разработки метода служили данные, характеризующие отличие электрофизических свойств металлопримесей от остальных компонентов комбикормов. Положенный в основу метода визуальный контроль коронирования металлопримесей является более информативным по сравнению с методом магнитной сепарации, т.к. обеспечивает регистрацию наличия в пробах сырья и комбикормов не только металломагнитных, но и немагнитных примесей.

В диссертации приведены полученные контактным методом фотографии, характеризующие визуально регистрируемые на основе разработанных методов внешние проявления коронирования металлопримесей и электробиолюминесценции насекомых-вредителей в пробах комбикормового сырья растительного и животного происхождения.

Для экспресс-регистрации скрытой зараженности зернового сырья насекомыми-вредителями разработан гальванометрический метод (А.с.935788, А.с.987519), основанный на регистрации тока электрохимической э.д.с., генерируемой при механической деструкции зараженных зерновок между рифленными электродами с различными стандартными электродными потенциалами. Рассмотрены теоретические предпосылки разработки метода, а также приведены экспериментальные данные по его практической реализации (Табл. I).

Таблица I

Регистрация скрытой зараженности зернового сырья насекомыми-вредителями гальванометрическим методом

Вид скрытой зараженности *	: Величина тока электрохимической э.д.с., мкА	
	: Зерновая моль	: Амбарный долгоносик
Зерно незараженное, влажность 12-14%	: I	: I
Наличие внутри зерна личинки	: 67	: 24
Наличие внутри зерна взрослой особи	: 58	: 18

Экспериментально подтверждена также возможность экспресс-индикации критической влажности зернового сырья методом регистрации тока электрохимической э.д.с. при механической деструкции анализируемых проб между электродами с различными стандартными электродными потенциалами (А.с.1086401). Показано, что получаемая при этом экспресс-информация носит целевой характер и не требует дополнительной обработки, т.к. отчетливое генерирование электрического сигнала наблюдается лишь при достижении контролируемым показателем влажности критических для зернового сырья значений. Приведены результаты исследований по разработке универсального метода экспресс-индикации критической влажности комбикормового сырья в системе технологического контроля на основе дифференциальной регистрации экзотермических эффектов при одновременной термической деструкции анализируемых и контрольных проб (А.с.1140021). Статистическая обработка результатов регистрации влажности различных видов комбикормового сырья подтвердила метрологическую приемлемость разработанного метода для экспресс-оценки контролируемого показателя качества в процессе приемки и хранения сырья.

В четвертой главе приведены результаты экспериментальных исследований по совершенствованию технологического контроля некоторых процессов комбикормового производства. На примере разработанной в рамках диссертационной работы технологии ввода в комбикорма побочных продуктов масложировой промышленности, в частности концентрата кальциевых солей жирных кислот (ККСЖК) и бентонитового отбеливателя жиров (БОЖ), показана целесообразность разработки универсального экспресс-метода контроля равномерности распределения вводимых компонентов.

Ввод ККСЖК в комбикорма осуществляли согласно разработанной технологической схемы, представленной на рис.1.

Экспериментальные исследования выполнялись при следующих управляемых факторах: T -продолжительность смешивания, c -концентрация ККСЖК, x ; W -влажность ККСЖК, %.

Обработка данных на ЭВМ позволила получить уравнение регрессии, отражающее относительную силу влияния технологических факторов на равномерность распределения вводимого в комбикорм побочного продукта масложировой промышленности:

$$Y = 14,64 - 5,58X_1 - 1,2xX_2 + 0,80X_3 - 0,54X_2X_3 + 0,64X_1X_2X_3 \quad (I)$$

X_1, X_2, X_3 - кодированные значения факторов соответственно T, c, W ;

$$X_1 = (T - 600) / 300; \quad X_2 = (c - 7) / 3; \quad X_3 = (W - 55) / 5.$$

Уравнение справедливо для следующей области определения факторов:

$$300 \leq T \leq 900 \text{ с}; \quad 4 \leq c \leq 10 \%; \quad 50 \leq W \leq 60 \%.$$

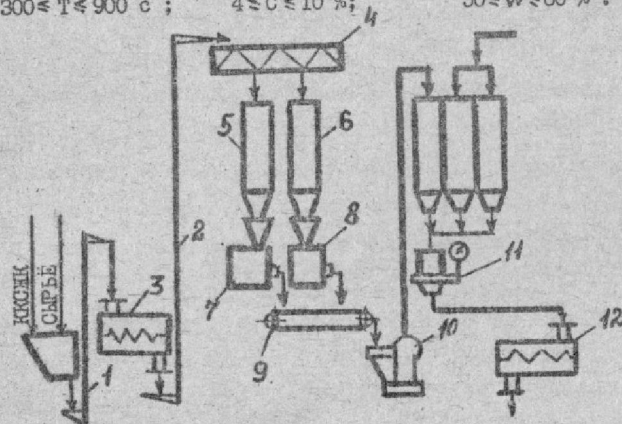


Рис. 1. Технологическая схема ввода ККСЖК в комбикорма
1, 2 - нория, 3 - смеситель, 4 - шнек, 5, 6 - бункера,
7, 8 - экструдеры, 9 - транспортер, 10 - дробилка,
11 - многокомпонентные весы, 12 - смеситель.

Разработан метод экспресс-контроля равномерности распределения вводимых в комбикорма побочных продуктов масложировой промышленности, в основу которого положен принцип селективной регистрации термических параметров контрольных компонентов (А.с. 893202). На основе экспериментально полученных термограмм контрольных компонентов (ККСЖК, БОЖ), а также установленных зависимостей между концентрацией конт -

рольных компонентов и величинами площадей пиков термограмм (термических эффектов) показана практическая целесообразность использования метода в системе технологического контроля для экспресс-индикации эффективности смесеобразования.

Согласно статистической обработке результатов определения содержания ККСЖК и ВОЖ в пробах комбикормов разработанным методом, относительная погрешность измерений составляет 7...9%, а затраты времени на получение данных контроля по сравнению с химическим (экстракционным) методом сокращаются более чем в 10 раз.

Экспериментально подтверждена возможность осуществления экспресс-контроля эффективности смешивания компонентов комбикормов на основе использования в качестве индикаторов равномерности распределения контрольных минеральных компонентов ионоселективных электродов. Приведены данные статистической обработки результатов контроля за равномерностью распределения в комбикормах поваренной соли (относительная погрешность измерений составляет 5...9%, а затраты времени на получение данных по сравнению с химическими методами сокращаются в 3 раза).

Разработан метод визуального контроля за равномерностью распределения в комбикормах кормового фосфата на основе экспериментально установленной его селективной люминесценции в барьерном разряде. В диссертации приведены фотографии, отражающие внешнее проявление селективной люминесценции контрольных компонентов в анализируемых пробах комбикормов. Приведены теоретические предпосылки разработки метода, основанные на положениях электронной теории хемосорбции.

С целью разработки общедоступного метода экспресс-контроля эффективности процесса экструзии исследовали взаимосвязь между биохимическими и структурно-механическими превращениями экструдированного зернового сырья. На основе экспериментальных данных получено уравнение регрессии, характеризующее взаимосвязь между общим содержанием сахаров и декстринов (Y) и коэффициентом "взорванности" (X)

экструдированной зерновой смеси (50% пшеницы, 50% овса), обогащенной

$$\text{ККСЖК: } Y = 3,57 + 0,51X \quad (2)$$

Методом многофакторного планирования экспериментов получены математические модели, описывающие процессы экструзии различных видов зернового сырья с использованием в качестве параметра оптимизации коэффициента его "взорванности". При исследовании в качестве варьируемых были изучены следующие факторы: температура в зоне сжатия (Тсж.), температура в зоне гомогенизации (Тгом.), влажность сырья (W).

Для исследуемого процесса экструзии пшеницы с использованием в качестве параметра оптимизации коэффициента "взорванности" получено следующее уравнение регрессии:

$$Y = 6,67 - 0,20X_1 + 0,33X_2 + 1,01X_3 - 0,18X_2X_3 \quad (3)$$

X_1, X_2, X_3 - кодированные значения факторов, соответственно Тсж., Тгом., W ;

$$X_1 = (T_{сж.} - 145)/5; \quad X_2 = (T_{гом.} - 175)/15; \quad X_3 = (W - 15)/3.$$

Уравнение справедливо для следующей области определения факторов:

$$140 \leq T_{сж.} \leq 150^\circ\text{C}; \quad 160 \leq T_{гом.} \leq 190^\circ\text{C}; \quad 12 \leq W \leq 18\%.$$

Разработаны методы оперативного технологического контроля эффективности процесса экструзии на основе механотронной (А.с.951114) и гальванометрической (А.с.993057) экспресс-регистрации коэффициента взорванности обрабатываемого комбикормового сырья. На основании экспериментально установленной зависимости между выходным сигналом механотрона и коэффициентом "взорванности" анализируемых проб экструдированного зернового сырья (Рис.2), а также результатов статистической обработки данных определения контролируемого показателя качества (относительная погрешность измерений $\approx 4\%$), показана целесообразность использования разработанного метода для технологического экспресс-контроля эффективности процесса экструзии. При этом реализуется возможность осуществления экспресс-контроля непосредственно в цеховых условиях, а затраты времени на получение информативных данных по сравнению с химическим методом снижаются в 12 раз.

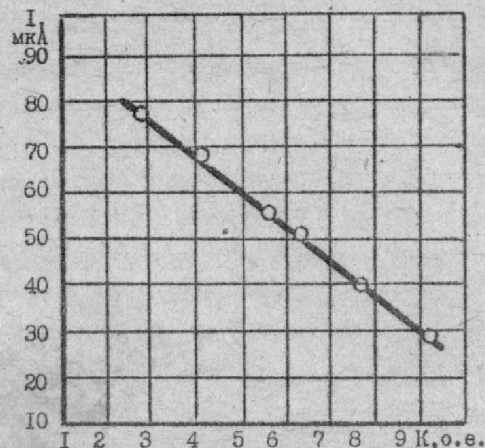


Рис.2. Зависимость между выходным сигналом (I) механотрона и коэффициентом "взорванности" (K) анализируемых проб экструдированного зернового сырья (механотрон -6МХ1С; экструдированный продукт - кукуруза).

Разработан метод оперативной оценки сорбционных свойств экструдированного зернового сырья, заключающийся в автоматической фотоэлектрической регистрации кинетики процесса поглощения экструдированным зерновым сырьем жидких питательных компонентов. Показана практическая целесообразность использования разработанного метода для прогнозирования эффективности обогащения экструдированного зернового сырья жидким протеиновым концентратом из сока люцерны (Рис.3).

Создание возможностей получения в системе технологического контроля экспресс-данных о величине коэффициента "взорванности" зернового сырья в процессе обработки его способом экструзии и оперативной информации о сорбционных свойствах экструдированного продукта имеет существенное практическое значение. Получаемая информация позволяет более эффективно использовать технологические возможности повышения питательных достоинств экструдированного зернового сырья.

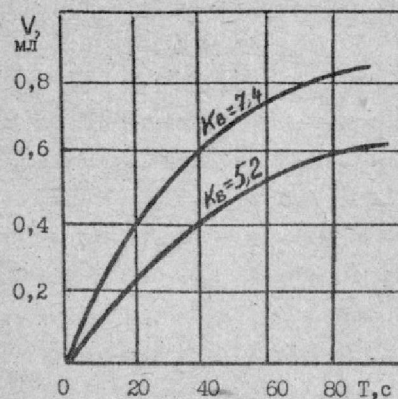


Рис.3

Так, как видно из полученных с помощью разработанного экспресс-метода данных (Рис.3.), кинетика процесса поглощения экструдированной зерновой смесью (пшеница-85%, горох-15%) жидкого протеинового концентрата из сока люцерны подвержена влиянию коэффициента ее "взорванности" (K_B). Таким образом, только при достижении требуемых структурно-механических превращений в процессе обработки зернового сырья способом экструзии можно обеспечить последующую эффективность его обогащения жидкими питательными компонентами.

Для комплексной оценки водостойкости комбикормов для рыб разработаны методы, обеспечивающие получение данных, характеризующих кинетику процессов одновременного как механического (А.с.680700), так и химического (А.с.713652, А.с.942642) разрушающего воздействия водной среды на анализируемый продукт. В основу методов положен автоматический контроль массы частиц механического распада гранул и динамики процесса их размягчения в водной среде, инструментальный ионоселективный контроль интенсивности процесса экстрагирования питательных компонентов и фотоэлектрическая регистрация показателя плавучести комбикормов (А.с.1041928). Экспериментально установлено влияние активной реакции водной среды на интенсивность водопоглощения гранул комбикормов и на основе униполярной обработки среды предложено моделирование изменения гидрохимических свойств реальных водоемов в лабораторных условиях испытания кормов на водостойкость. Приведены сравнительные результаты комплексной оценки разработанными методами рыбководных характеристик, в том числе и плавучести комбикормов

Одесский технологический институт пищевой промышленности им. акад. В. В. Яковлева

БИБЛИОТЕКА

к.б. 15039

для рыб, полученных различными технологическими приемами.

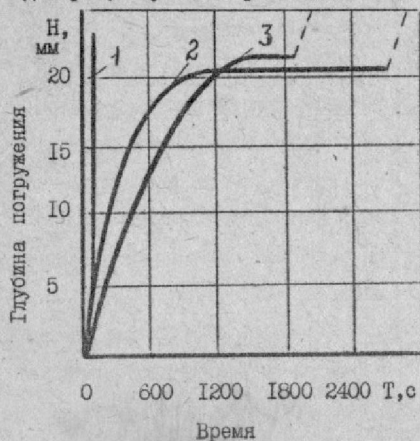


Рис. 4

Как видно из рис. 4, получаемые с помощью разработанного метода автоматической регистрации показатели плавучести комбикормов данные расширяют практические возможности выбора технологических приемов для производства кормов с требуемой рыбоводной характеристикой (I-сухое прессование; 2-экструдированная зерновая смесь без ввода ККСЖК; 3-с 4%-ным вводом ККСЖК; - - - начало разрушения корма). Практическая

целесообразность разработки метода подтверждена и тем фактом, что способом экструзии можно получить гранулы, способные находиться на поверхности воды до 24 часов и, естественно, непрерывный визуальный контроль в ходе их испытания на плавучесть является неприемлемым.

В пятой главе описаны разработанные методы технологического контроля начальных стадий развития отрицательных и потенциально опасных процессов комбикормового производства. Приведены результаты экспериментальных исследований по разработке методов оперативного технологического контроля эффективности магнитной защиты и работы ловушек молотковых дробилок, прогнозирования сводобразий в бункерах и интенсивности популяции насекомых-вредителей в комбикормах. На основе использования математических методов распознавания образов и статистического обучающего материала получено следующее каноническое уравнение области стойкого хранения комбикормов в течение 30^{ти} суток, справедливое для наиболее затруднительного в прогностическом отношении диапазона положительных значений температур и величин влажности хранящихся комбикормов ниже критических:

$$П = (X_1^V / 0,37)^2 + (X_2^V / 0,48)^2 \quad (4)$$

где $X_1^V = 0,90X_1 + 0,45X_2$; $X_2^V = -0,45X_1 + 0,90X_2$; $X_1 = (T - 15) / 15$; $X_2 = (W - 12) / 12$; $T, ^\circ C$ и $W, \%$ - соответственно температура и влажность комбикорма. Положительный прогноз стойкого хранения комбикормов в течение 30-ти суток справедлив при $П \leq 1$. Достоверность прогноза согласно полученной математической модели подтверждена приведенными в диссертации экспериментальными данными комплексной оценки качественного состояния комбикормов стандартизованными методами.

Реализацией аналогичного алгоритма на ЭВМ получена также математическая модель для оперативного прогноза в системе технологического контроля комбикормового производства начальных стадий развития потенциально опасных (предаварийных) процессов с использованием в качестве входных параметров модели комплекса контролируемых с помощью разработанных методов факторов: массовой концентрации аэрозвесей и уровня накопления аэрогелей (А.с. 603880, А.с. 949481), интенсивности генерации статического электричества (А.с. по заявке № 3647023/24 - 21), относительной влажности воздуха в производственных помещениях, содержания в комбикормовом сырье остаточного растворителя и металлопримесей, температуры нагрева поверхностей технологического оборудования и амплитуды его механических вибраций.

Полученные прогностические модели в сочетании с разработанными методами оперативного контроля их входных параметров расширяют практические возможности получения своевременной информации о начальных стадиях развития отрицательных и потенциально опасных процессов в комбикормовом производстве.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Экспериментально подтверждена принципиальная возможность совершенствования технологического контроля качества комбикормового сырья по показателям органолептической оценки, санитарного состояния, критической влажности и засоренности металлопримесями.
2. Установлена взаимосвязь между биохимическими показателями комбикормового сырья и его гальванометрическими и дифференциально-тер-

мическими параметрами. Разработаны методы контроля этих параметров для получения оперативной информации о качественном состоянии комбикормового сырья непосредственно в ходе процессов его приемки и хранения.

3. Выявлены наиболее значимые факторы, определяющие качество смешивания компонентов комбикормов с побочными продуктами масложировой промышленности, и технологически обоснован метод экспресс-контроля эффективности смесеобразования.

4. Разработаны методы технологического экспресс-контроля за равномерностью распределения в комбикормах контрольных компонентов на основе визуальной регистрации эффектов их селективной люминесценции, использования ионоселективных электродов и дифференциальной регистрации параметров термической деструкции анализируемых и контрольных проб.

5. Установлена степень взаимосвязи между биохимическими и структурно-механическими превращениями зернового сырья в процессе обработки его способом экструзии. Экспериментально подтверждена целесообразность использования этой взаимосвязи для оперативного технологического контроля эффективности процесса экструзии.

6. Разработаны экспресс-методы определения качества экструдированного зернового сырья по показателю степени его взорванности.

7. Обоснован выбор подлежащих контролю информативных показателей водостойкости гранулированных комбикормов для рно и разработаны объективные методы их определения на основе инструментальной регистрации интенсивности процессов механического и химического разрушающего воздействия водной среды на анализируемые гранулы, их водопоглотительной способности и плавучести.

8. Разработаны методы комплексного технологического контроля начальных стадий развития отрицательных и потенциально опасных процессов комбикормового производства.

9. Годовой экономический эффект, подтвержденный актами внедрения результатов исследования на предприятиях по производству комбикормов Запорожского агропромышленного комплекса, составляет 58,1 тыс. руб. Внедрение разработок обеспечивает также достижение существенного социального эффекта, выражающегося в расширении практических возможностей предотвращения возникновения аварийных ситуаций, гибели людей, выхода из строя технологического оборудования, порчи сырья и готовой продукции на предприятиях по производству комбикормов.

10. Для реализации результатов работы в промышленности рекомендуются: методы экспресс-оценки качественного состояния комбикормового сырья; методы оперативного технологического контроля эффективнос-

ти процессов смешивания компонентов комбикормов и обработки зернового сырья способом экструзии; разработки по комплексной оценке водостойкости комбикормов для рыб; методы комплексного технологического контроля начальных стадий развития отрицательных и потенциально опасных процессов комбикормового производства.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Чаусовский Г.А. Использование метода газожидкостной хроматографии для определения качества кормов. - Висн. с.-г. науки, 1979, №2, с. 82-83.

2. А.с. 680700 (СССР). Устройство для определения водостойкости гранулированных комбикормов для рыб/Г.А. Чаусовский, И.К. Чайка. - Оpubл. в В.И., 1979, №31.

3. Чаусовский Г.А. Инструментальный метод получения сравнительных характеристик смачиваемости комбикормов. - Вестн. с.-х. науки, 1980, №2, с. 132-134.

4. Чаусовский Г.А. Инструментальный экспресс-метод контроля качества смешивания кормов. - Висн. с.-г. науки, 1980, №1, с. 81-83.

5. Чаусовский Г.А. Инструментальный экспресс-метод контроля содержания животного кормового жира в обогащенном комбикорме. - Висн. с.-г. науки, 1980, №7, с. 46-49.

6. Чаусовский Г.А. Регистратор качества смешивания комбикормов. - Техника в сел. хоз. - ве, 1980, №4, с. 63.

7. Чаусовский Г.А. Разработка инструментальных экспресс-методов определения некоторых показателей качества и физико-химических характеристик комбикормов. - Науч.-техн. бйлл. по механизации и электрификации животноводства/ЦНИИПТИМЭЖ. Запорожье, 1980, №13, с. 47-51.

8. А.с. 743652 (СССР). Способ определения водоустойчивости гранулированных комбикормов для рыб/ Г.А. Чаусовский, И.К. Чайка. - Оpubл. в В.И., 1980, №24.

9. Чаусовский Г.А. Инструментальный экспресс-метод контроля качества обработки кормосмесей жидкими добавками. - Висн. с.-г. науки, 1981, №3, с. 36-37.

10. Чаусовский Г.А. Радикалолюминесцентный метод контроля качества смешивания комбикормов. - Науч.-техн. реф. сб./ЦНИИТЭИ Минзага. сер.: Комбикормовая пром-сть, 1981, вып. 5, с. 2-4.

11. Чаусовский Г.А. Прибор для ускоренного определения качества экструдированных кормов. - Кормопроизводство, 1981, №2, с. 33-34.

12. Чаусовский Г.А. Система контроля взрыво- и пожароопасных факторов. - Мукомольно-элеваторная и комбикормовая пром-сть, 1981, №8, с. 31