

Автор ерр.
Д 93 Д 93

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Дьячук Ян

АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТЬЮ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ
В ПРОЦЕССЕ ЕЕ ПОДГОТОВКИ К РАЗМОЛУ

Специальность 05.13.07 – автоматическое управление
и регулирование, управление технологическими процессами
(промышленность)

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса - 1981

Работа выполнена на кафедре автоматизации производственных процессов Одесского технологического института пищевой промышленности имени М.В. Ломоносова.

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ: доктор технических наук,
профессор ПЛАТОНОВ П.Н.

ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ: доктор технических наук,
профессор МЕРКО И.Т.

кандидат технических наук,
доцент МИТРОФАНОВ Д.Н.

ОНАХТ 28.07.11
Автоматизация управл



v013671

аация: НПО "Пищепромавтоматика" (г.Одесса).

Защита состоится "30" октября 1981 г. в 12⁰⁰ час.
на заседании специализированного совета Д 068.35.01 при Одесском
технологическом институте пищевой промышленности имени М.В. Ломо-
носова по адресу: 270039, г.Одесса, ул.Свердлова, 112.

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

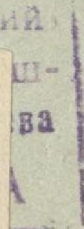
Автореферат разослан "21" сентября 1981 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО СОВЕТА
технических наук,


А.Ф. ЗАГИБАЛОВ

13671

v013671



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Влажность зерна – один из основных качественных показателей его технологических свойств. Она влияет на общий выход муки и на выходы муки высших сортов. Влажность, как физический фактор, широко используется для создания условий направленного течения биохимических процессов в зерне. Направленное изменение свойств зерна достигается в процессе его подготовки к помолу в подготовительном отделении мельницы.

Чувствительность технологического процесса размольного отделения к изменению влажности очень высока. Так, при изменении влажности зерна на $\pm 0,1\%$ выход муки высшего сорта изменяется на $\pm 0,8\%$, первого сорта – на $\pm 0,5\%$ и второго – на $\pm 1,0\%$.

Ручное управление влажностью не может дать положительного результата, поскольку человек не всегда в состоянии увязать свои действия с динамическими свойствами объекта. Цель управления влажностью зерна в подготовительном отделении – обеспечить заданную среднюю величину влажности и снижение дисперсии ее колебания.

Поставленная цель достигается автоматизацией процесса увлажнения, которая способствует совершенствованию технологического процесса, и как следствие – улучшению качества продукции, снижению энергетических затрат на выработку продукции и обеспечению работы оборудования в оптимальных режимах, ведущих к увеличению сроков его службы и сокращению затрат на обслуживание и ремонт.

Цель работы заключается в обеспечении заданной средней величины влажности и снижении дисперсии ее колебания на выходе из подготовительного отделения, которую достигаем путем разработки и создания автоматизированной системы стабилизации заданной влажности зерна, поступающего на размол.

Задачи исследования. Для построения автоматизированной си-

Переучет 1987

системы управления (АСУ) влажностью зерна в подготовительном отделении необходимо:

1) исследовать изменение влажности зерна по ходу технологического процесса его подготовки для обоснования выбора места измерения влажности и его увлажнения в потоке;

2) исследовать кинетику влажности зерна в подготовительном отделении мельзавода, создать обобщенную математическую модель и разработать автоматизированную систему управления влажностью зерна с учетом особенности процесса его увлажнения;

3) исследовать возможность применения экспрессных влагомеров зерна с целью их применения в системах управления влажностью зерна в процессе его подготовки к размолу.

Методы исследования. В процессе исследования объекта автоматизации и разработки АСУ влажностью зерна пшеницы в подготовительном отделении мельзавода использовались методы теории управления, теории регрессионного и корреляционного анализа, теории прогнозирования и математического моделирования.

Научная новизна.

1. Определена при идентификации объекта автоматизации тенденция изменения влажности и проведен прогностический анализ и синтез кинетики влаги при подготовке к помолу.

2. Сформулирована и предложена обобщенная математическая модель кинетики влаги зерна в подготовительном отделении мельзавода.

3. Предложен алгоритм управления влажностью зерна в подготовительном отделении мельзавода, разработанный на основе использования статической и динамической модели процесса увлажнения зерна при подготовке к размолу. Показана структурная и функциональная схемы АСУ влажностью зерна в подготовительном отделении мельзавода и обоснован принцип управления влажностью зерна при использовании емкостных высокочастотных датчиков.

4. Установлено, что исследование кинетики структурных преобразований в процессе увлажнения путем регистрации электрофизических свойств увлажненного зерна дает информацию о завершении процесса и о готовности зерна к размолу.

5. Показано влияние эволюции распределения влаги в зерне - истории влажности - на электрофизические свойства зерна и на качество информации о влажности зерна, полученной с емкостных высокочастотных влагомеров.

6. Выявлено, что основная погрешность измерения влажности при использовании диэлькометрических методов связана с кинетикой процесса увлажнения, и она определяется в зависимости от времени отволаживания - времени распределения влаги по анатомическим частям зерновки.

Практическая ценность заключается в применении разработанной автоматизированной системы управления влажностью зерна в подготовительном отделении мельзавода, создающей условия для повышения качества муки, ее общего выхода и выходов высших сортов. Применение АСУ снизит энергетические затраты на выработку продукции и обеспечит работу оборудования в оптимальных режимах.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на IУ Всесоюзной конференции "Механика сыпучих материалов" (Одесса, 1980 г.) и на научно-технической конференции ОТИП им. М. В. Ломоносова (Одесса, 1980 г.).

Публикация результатов. Результаты выполненных исследований опубликованы и изложены в трех работах.

Структура диссертации. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения и приложений; изложена на 139 страницах машинописного текста, включает 38 рисунков и 6 таблиц. Библиография содержит 119 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе приведен анализ состояния вопроса. Рассмотрены природа, роль и состояние влаги в зерне, проанализированы формы связи влаги с зерном как капиллярно-пористым веществом. Кратко представлены основные виды гидротермической обработки зерна и изменение его основных технологических свойств при увлажнении.

Исследование и изучение кинетики процессов выравнивания влажности (влагокинетики) по анатомическим частям строения зерновки и зерновой массы в целом — основная задача для правильного решения и выбора режимов гидротермической обработки зерна (ГТО) в подготовительном отделении мельзавода.

Эффективность мукомольного производства и качество готовой продукции определяются технологическими свойствами зерна, оптимизация которых обеспечивается гидротермической обработкой. Влажность является важнейшим показателем качества продуктов процесса размола зерна.

Несмотря на то, что влияние влажности зерна на конечные показатели процесса его размола в муку доказано многочисленными исследованиями, до сих пор на практике не реализована ни одна система автоматического управления влажностью зерна. Такое положение объясняется неизученностью кинетики влаги по ходу технологического процесса подготовки зерна к размолу, а также отсутствием метода получения достоверной экспрессной информации о его влажности.

Большая чувствительность процесса размола к изменению влажности поступающего на I-ю драную систему зерна и связанные с этим колебания выхода и качества сортов муки требует стабилизации влаги в зерне на завершающем этапе подготовки зерна к размолу. При незначительной длительности процесса увлажнения зерна в

подготовительном отделении и поэтапном вводе влаги для синтеза АСУ влажностью зерна необходимо исследовать:

1) механизм изменения влажности зерна по ходу технологического процесса подготовки к помолу для обоснования выбора места измерения влажности зерна и его увлажнения в потоке;

2) возможность применения экспрессных влагомеров зерна с целью их применения в системах управления влажностью зерна в процессе его подготовки в размолу;

3) синтезировать автоматическую систему управления влажностью зерна с учетом особенности процесса его увлажнения.

Вторая глава связана с исследованием процессов увлажнения. Исследованию кинетики влажности зерна в процессе подготовки к помолу посвящено множество изысканий, однако в них не раскрыты процессы, связанные с управлением. Возникла необходимость в исследовании ряда процессов, определяющих выбор системы управления.

Исследование процесса увлажнения ставило перед собой цель выявления особенностей информационной системы как части автоматизированной системы управления влажностью. Изучение взаимодействия зерна с водой, интенсивности влагопереноса в зерновой массе в целом и кинетики проникновения влаги вглубь зерновки (распределение влаги по его анатомическим частям) определяет качество информации о процессах обработки зерна пшеницы влагой при его подготовке к помолу.

До сих пор не исследованы вопросы изменения параметров современных экспрессных влагомеров в зависимости от природы влаги, ее химического состава, течения процесса влагопереноса в зерновой массе, что не позволяет применять их в системах управления процессами увлажнения в условиях производства.

Влага в зерне имеет двойную природу: естественная влага и влага, введенная искусственно (в процессе увлажнения) извне. Эво-

люция увлажнения — история влажности зерна — влияет как на технологические результаты, так и на точность измерения влажности. Характер и природа влажности усложняют процесс ее измерения и контроля.

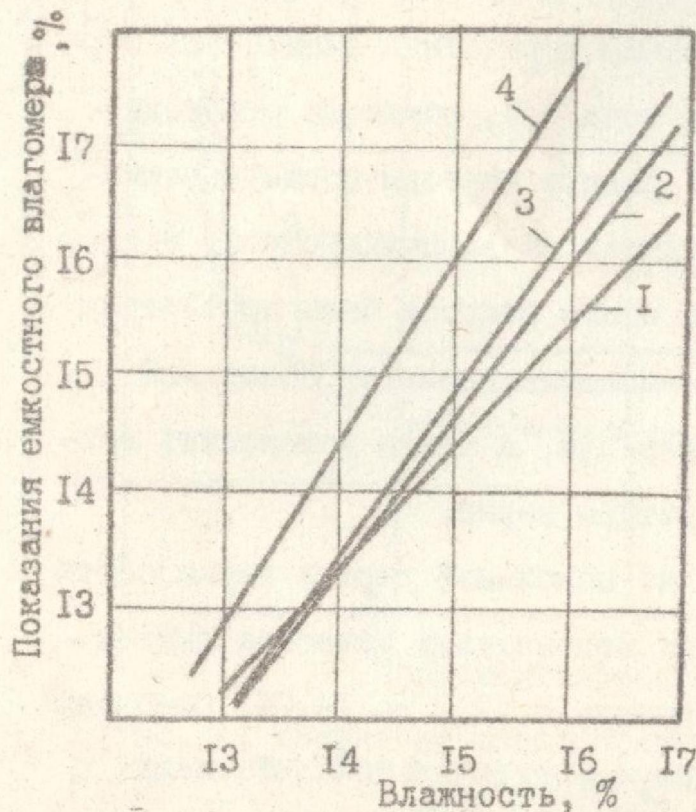
Естественная влажность зерна, равномерно распределенная по его анатомическим частям, поддается определению экспрессным методом, при искусственном увлажнении зерна анатомические части зерновки увлажняются по-разному. Равновесное состояние влаги достигается спустя некоторое время, когда процесс миграции влаги в зерне прекратится. В этой связи возникла необходимость исследования показаний емкостных влагомеров на зерне естественной влажности и искусственно увлажненном.

Исследования влияния истории влаги и степени минерализации воды на электрофизические свойства зерна проводились на пшенице Одесская-51 (тип IU) естественной влажности $m = 12+18\%$ (кривая 1) и искусственно увлажненной дистиллированной (кривая 2), водопроводной (кривая 3) и морской водой (кривая 4) (рис.1). Влажность определяли согласно ГОСТам 3040-55 и 17197-71 на образцовой вакуумно-тепловой установке типа ОВЗ-1, а также при помощи емкостного высокочастотного влагомера ИВЗ.

Полученные результаты измерений обработаны методами корреляционного анализа с использованием метода наименьших квадратов. В рассматриваемом диапазоне влажности наблюдаемая зависимость описывается линейной функцией вида $N = am + b$.

Анализ результатов исследований показывает, что в процессе контроля и измерения влажности зерна необходимо учитывать эволюцию распределения влаги в зерне. Влияние истории влажности на электрофизические свойства зерна, а особенно на его диэлектрическую проницаемость ϵ , заметно. Такое изменение диэлектрической постоянной можно объяснить тем, что ϵ свободной влаги достига-

ет $\epsilon_{cb, H_2O} \approx 81$, а связанной - $\epsilon_{cb, H_2O} \approx 2+4$, а также процессом набухания зерна, дополнительно связывающего влагу.



Вид уравнения:

$$N_1 = 1,1104 \cdot m - 2,2384;$$

$$N_2 = 1,3117 \cdot m - 4,9142;$$

$$N_3 = 1,4376 \cdot m - 6,6633;$$

$$N_4 = 1,480 \cdot m - 6,2460;$$

$$S_{01} = 0,01914$$

$$S_{02} = 0,05202$$

$$S_{03} = 0,04942$$

$$S_{04} = 1,26724$$

Рис. I. Влияние истории влаги на электрофизические свойства зерна пшеницы

Полученные результаты определяют требования, предъявляемые к синтезу АСУ влажностью зерна в подготовительном отделении мельзавода:

1) на участке приема зерна из элеватора в подготовительное можно применять измерительные и контрольные устройства - емкостные, высокочастотные влагомеры, проградуированные на зерне пшеницы естественной влажности (с учетом типа, стекловидности и т.п.);

2) на всех остальных участках технологической линии подготовки зерна к размолу нужно применять измерительные устройства, проградуированные на зерне, искусственно увлажненном, с учетом всех влияющих факторов.

Общую схему взаимодействия зерна с водой можно охарактери-

зовать процессами влагопоглощения и влагораспределения в отдельной зерновке и зерновой массе в целом. Рассматриваются три основные периода (фазы) во взаимодействии зерна с водой.

Поскольку для реализации системы управления влажностью зерна использовали емкостные датчики типа ИВЗ, возникла необходимость исследования их показаний в разные периоды после увлажнения и в различных условиях, отвечающих реальному процессу подготовки зерна к помолу. Для решения этого вопроса были поставлены специальные опыты, цель которых - выявить характер показаний экспрессных влагомеров в каждом периоде, а также установить влияние на показания приборов температуры зерна.

Для проведения эксперимента из помольной партии зерна сорта тургайская (тип IУ) в определенных показателях качества выделялись навески зерна пшеницы и увлажняли с 12,0 до 14,0%. Отволаживание зерна проводили в трех температурах: $T_1 = 10^{\circ}\text{C}$, $T_2 = 22$ и $T_3 = 33^{\circ}\text{C}$. Во время термостатирования через каждые $\tau = 30$ мин определяли показания емкостных влагомеров типа ИВЗ. Результаты исследований представлены графически на рис. 2. Кинетика распределения влаги в зерне изменяет электрофизические свойства массы зерна в целом (постоянной диэлектрической ϵ) - рис. 2 и 3.

Понижение температуры (кривая 1) в начальный период (длительностью $\tau = 50$ мин) влияет на наличие поверхностной свободной влаги в зерне. С повышением температуры интенсивность проникновения влаги в семенные, плодovou оболочку и алейроновый слой растет, уменьшая количество свободной влаги на поверхности зерновки (кривая 3).

Наличием влажностных мостиков и большой величины диэлектрической постоянной свободной влаги можно объяснить высокие показатели ИВЗ в начальный период увлажнения зерна.

Исследование кинетики процесса отволаживания зерна в усло-

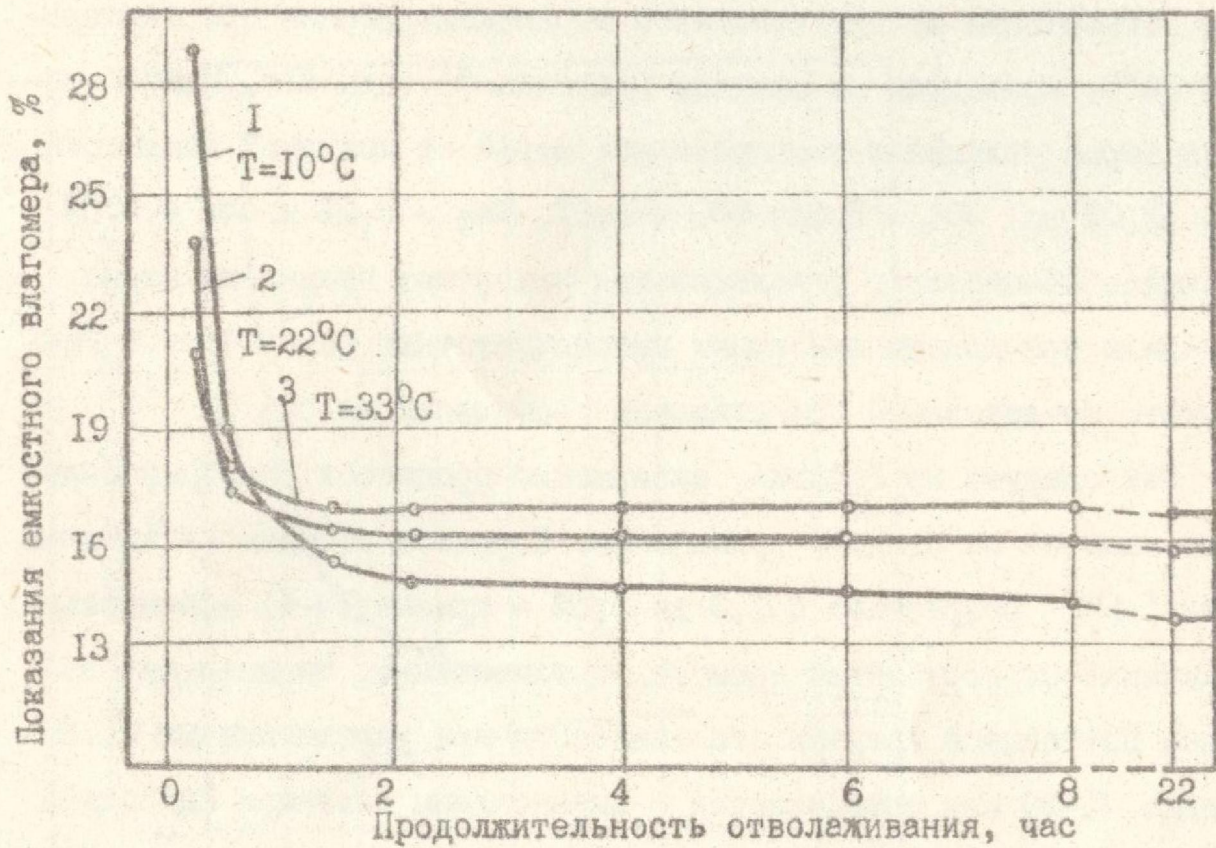


Рис. 2. Изменение электрофизических свойств зерна при увлажнении и влияние температуры на кинетику исследуемого процесса

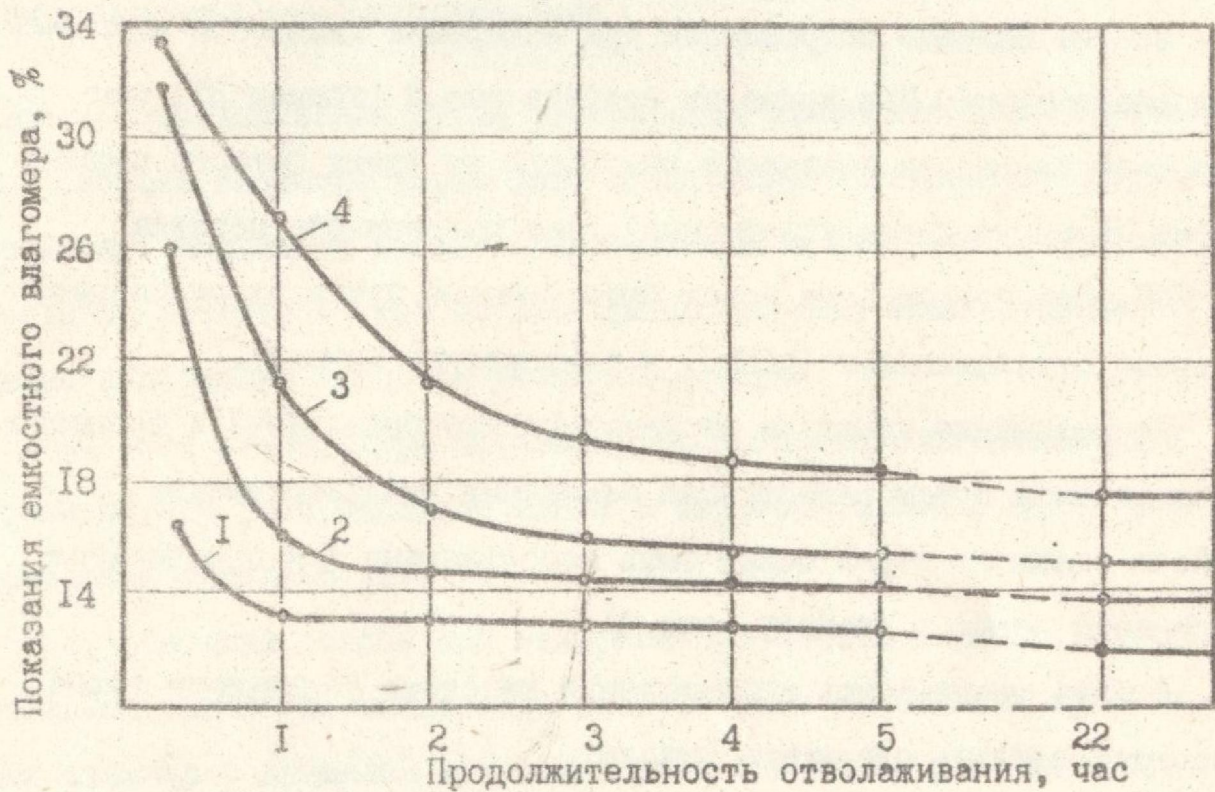


Рис. 3. Влияние продолжительности отволаживания на диэлектрические свойства увлажненного зерна пшеницы

виях, отвечающих методу холодного кондиционирования при температуре 20°C, проводили на пшенице Одесская-51 (тип IV). Каждый образец зерна увлажняли водопроводной водой от исходной влажности $m_n = 12,0\%$ на $\Delta m_1 = 1,3\%$, $\Delta m_2 = 2,0\%$, $\Delta m_3 = 3,3\%$ и $\Delta m_4 = 5,5\%$. В течение 24-часового отволаживания измерение влажности зерна проводили при помощи емкостных высокочастотных влагомеров. Результаты исследований представлены графически на рис. 3.

Как следует из графика, завершение процессов влагораспределения зависит от степени увлажнения. С ростом степени увлажнения зерна (Δm возрастает с 1,3 до 5,5% — кривые 1+4) значительно увеличивается постоянная времени отволаживания. Минимальная величина постоянной времени отволаживания при увлажнении $\Delta m = 1,3\%$ — порядка 40–50 мин определяется с интенсивным захватом свободной воды поверхностными слоями зерновки (плодовыми и семенными оболочками).

Время отволаживания — время распределения влаги по зерновке — вносит большие погрешности при измерении влажности емкостными влагомерами. Как видно из графика рис. 3 (кривая 3), при расчетной влажности показания влагомера во время первого периода (через 30 минут после увлажнения) дают погрешность порядка $\delta = 70\%$. Эта погрешность может быть снижена путем ввода поправок на время отволаживания (рис. 2) и температуру (рис. 3).

Исследование кинетики структурных преобразований в процессе отволаживания путем регистрации изменения диэлектрических свойств влажного зерна может быть использовано для определения готовности зерна к размолу (рис. 4).

Анализ результатов исследований кинетики увлажнения зерна позволяет сделать следующие выводы.

I. Исследования кинетики структурных преобразований в

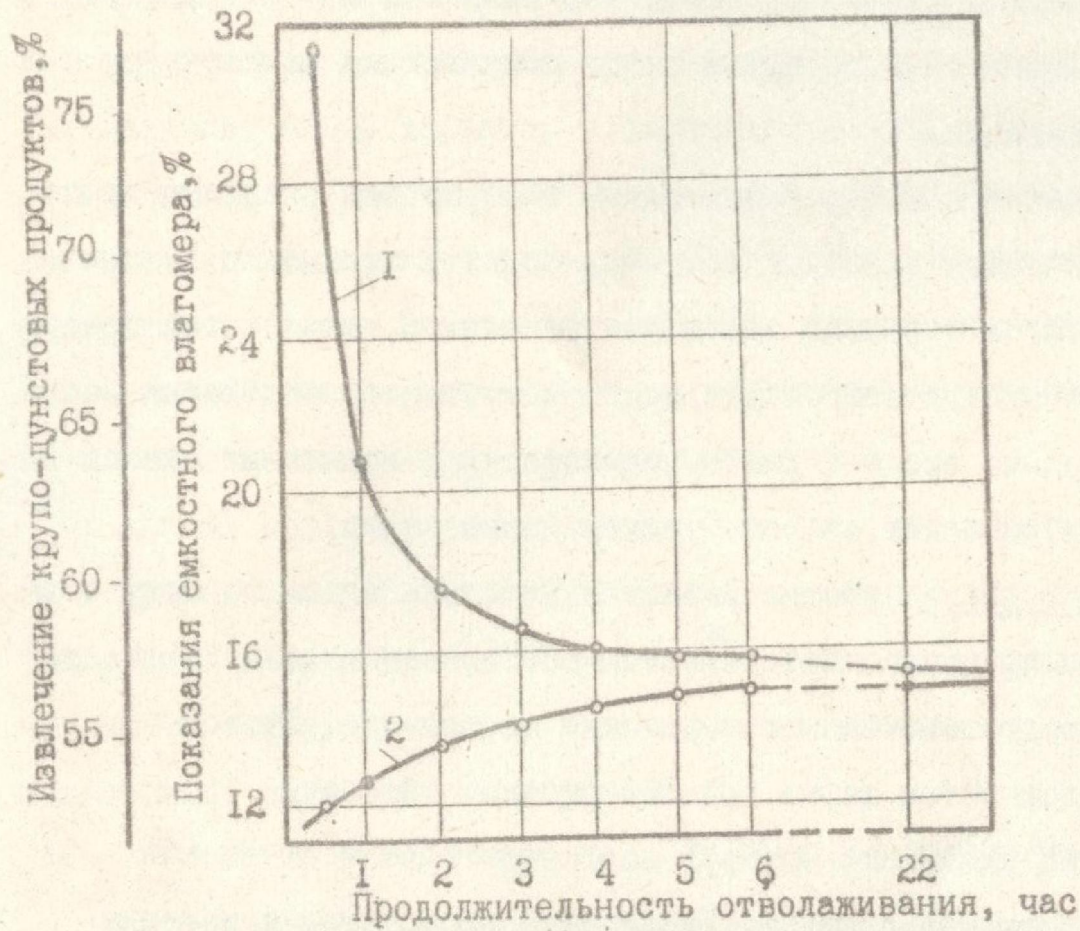


Рис. 4. Изменение электрофизических свойств зерна и извлечение крупно-дунстых продуктов в зависимости от продолжительности отволаживания

процессе отволаживания путем регистрации изменения диэлектрических свойств влажного зерна дают информацию о готовности зерна к размолу. Используя кривые отволаживания и извлечения крупно-дунстых продуктов трех первых драных систем, можно определить момент завершения процесса увлажнения зерна.

2. Рост температуры активизирует процессы влагопоглощения и равномерное распределение влаги в зерновой массе в целом и в зерновке в отдельности.

3. Основная ошибка при измерении влажности зерна в подготовительном отделении мельзавода экспрессными емкостными влагомерами связана с временем отволаживания. Она может достигать порядка 70% в начальный период после увлажнения, а ошибка, вносимая в показания экспрессных влагомеров при изменении температуры

зерна в границах $T = 10-33^{\circ}\text{C}$, достигает величины $\delta = 7,0\%$. Эти погрешности можно снизить путем ввода поправок на температуру и время отволаживания.

4. Изменение проникновения влаги в зерно под влиянием температуры и количества вносимой влаги приводит к изменению диэлектрических свойств зерновой массы во времени. В связи с тем градуировку емкостных влагомеров для подготовительного отделения мельзавода необходимо вести с учетом температурно-временных зависимостей диэлектрических свойств увлажненного зерна.

В третьей главе рассматривается кинетика влаги по ходу технологического процесса. Предлагается обобщенная модель изменения влажности в подготовительном отделении мельзавода. Проводится синтез АСУ влажностью зерна при подготовке к помолу.

Изменение влажности зерна в подготовительном отделении — не простая операция ввода влаги. Увлажнение проводится в течение всего процесса подготовки, преследуя цель распределения влаги по анатомическим частям зерновки в заданном количестве. Такое целенаправленное увлажнение обычно осуществляется по этапам. В связи с этим возникла необходимость исследования кинетики влаги по ходу технологического процесса с целью получения информации, позволяющей на ее основе получить исходные данные для синтеза АСУ влажностью зерна.

Для того, чтобы обосновать количество вводимой влаги в зерновую массу на различных этапах при мокром (с участием мойки) и "сухом" (без применения мойки) способах ее обработки, удерживать ее по ходу технологического процесса на заданном значении, а также обеспечить требуемые соотношения ввода влаги на этапах, были проведены исследования кинетики влаги в подготовительном отделении мельзавода на одной и той же помольной партии зерна.

Полученные результаты при исследовании кинетики влаги по

ходу технологического процесса (рис.5) с точки зрения прогностического анализа дают возможность построить динамические ряды. Учитывая случайный характер возмущающих воздействий на ход технологического процесса, прогностический анализ проведен с использованием статистических методов. Статистическую проверку гипотезы о существовании тенденции изменения влажности зерна в подготовительном отделении мельзавода проведено по методу Фостера-Стюарта с использованием t -критерия Стьюдента.

Анализ рассматриваемых рядов показал, что хорошие результаты получаем в случае описания кривой изменения уравнением модифицированной экспоненты $m = k + ab^n$. Искомые параметры, полученные по методу трех сумм для рассматриваемого сухого способа подготовки, дали следующие уравнения:

$$m = 16,147 - 3,722(0,369)^n \quad (1)$$

Прогнозируемое значение влажности зерна получается путем подстановки в обобщенное уравнение кинетики влаги выбранных численных значений независимых переменных n ($n = 0, 1, 2, 3, 4, 5$). Результат представляет собой оценку среднего значения влажности зерна в выбранной контрольной точке по ходу технологического процесса. Обычно на практике используются интервальные оценки прогнозируемых значений, причем в качестве измерителя колебательности принимается среднеквадратическое отклонение σ . В общем виде доверительные интервалы прогноза для обобщенной кривой кинетики влаги (рис.6) по ходу технологического процесса при сухом способе подготовки зерна можно представить в виде:

$$m_n = \hat{m}_n \pm t_{\alpha} \sigma_{m_n} \quad (2)$$

где : σ_{m_n} - среднеквадратическая ошибка в n -й контрольной точке ; \hat{m}_n - расчетное значение влажности по обобщенной кривой кинетики влаги ; t_{α} - значение t -статистики Стьюдента.

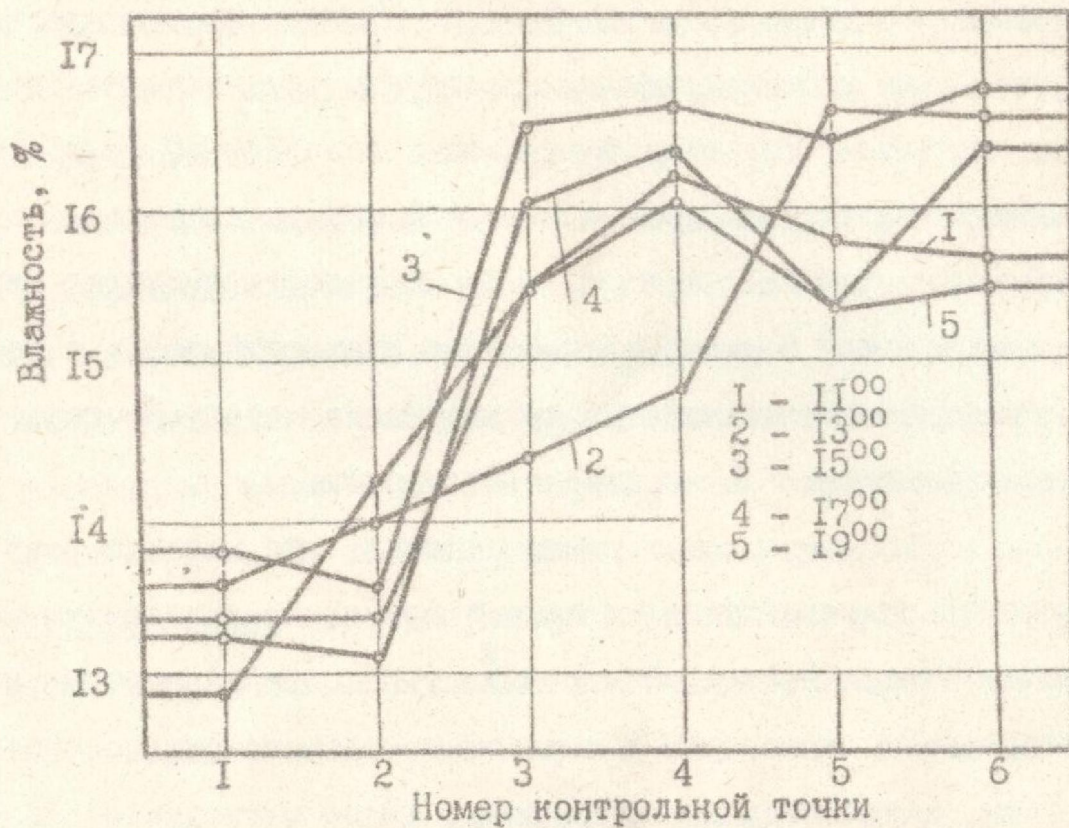


Рис. 5 . Изменение влажности зерна пшеницы по ходу технологического процесса

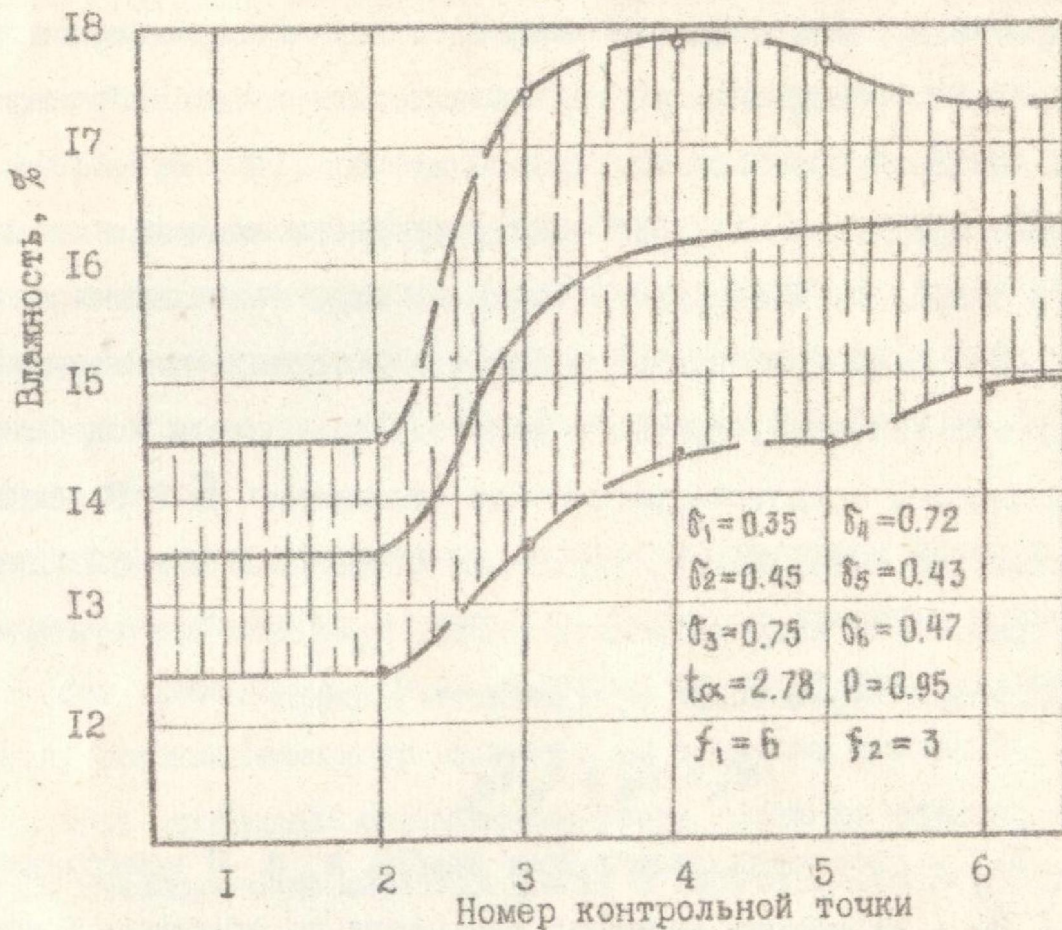


Рис. 6 , Обобщенная кривая кинетики влаги в подготовительном отделении мельзавода вместе с доверительными интервалами прогноза

Адекватность уравнения (I) обобщенной математической модели экспериментальным данным проверена по критерию Фишера

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{y_i^2}{x_i}}{\sum_{i=1}^n x_i} \quad (3)$$

Так как расчетное значение $F < F_T$ (F_T - табличное значение критерия Фишера), то уравнение (I) адекватно описывает кинетику влаги в подготовительном отделении рассматриваемого мельзавода. С доверительной вероятностью $P = 0,95$ полученная математическая модель адекватна экспериментальным данным.

Исследование изменения влаги по ходу технологического процесса подготовки зерна на реально действующем объекте во взаимосвязи с комплексом предшествующих и последующих процессов увлажнения позволили раскрыть внешние взаимосвязи, определить основные точки контроля и представить обобщенную модель кинетики влаги в рассматриваемом объекте. Такой системный подход позволяет выявить основные факторы, влияющие на ход процесса увлажнения и определить влияние и способ его учета для факторов второстепенных.

В современных схемах технологического процесса получили распространение методы сухой подготовки зерна, в которых зерно увлажняют в шнековых увлажнителях. Управляемая величина m_k - влажность зерна на выходе увлажнительной машины - зависит в основном от исходной влажности зерна на входе m_n , расхода воды $G_в$ и расхода зерна G_z . Синтез автоматизированной системы управления влажностью зерна в подготовительном отделении мельзавода выполнен с учетом статической (4) и кинетической (5) моделей процесса увлажнения:

$$G_в = G_z \frac{m_k - m_n}{100 - m_n} \quad (4)$$

Одесский технологический институт пищевой промышленности им. В. В. Докучаева

БИБЛИОТЕКА

✓ 100 13671

где: G_B - расход воды; G_Z - расход зерна; m_n, m_k - соответственно, начальная и конечная влажность зерна;

$$m_{ik} = m_{zkz} - 3,722 (0,369)^n \quad (5)$$

где: m_{ik} - расчетная конечная влажность на i -м ($i = 1, 2, 3$) этапе увлажнения; m_{zkz} - заданная конечная влажность зерна на третьем этапе окончательного увлажнения; $n = 1, 2$.

На увлажнительную машину на каждом этапе увлажнения поступает зерно после отлёжки с равномерно распределенной влагой по зерновке, что позволяет применять емкостные поточные влагомеры, и применить для системы управления влажностью зерна принцип управления по измерению возмущающего воздействия (рис. 7). Функциональная схема технологического комплекса подготовки зерна к размолу включает 3 блока, обеспечивающие влажность зерна на заданном уровне (стабилизация). Первый блок стабилизирует влажность зерна на уровне $m_{1kz} = const$, второй - $m_{2kz} = const$, третий - $m_{3kz} = const$. В случае возникновения необходимости перестройки заданной выходной стабилизируемой величины влажности зерна, поступающего на размол - m_{zkz} , система, автоматически используя модель (5), стабилизирует влажность зерна на всех этапах увлажнения на новых расчетных уровнях.

Структурная схема АСУ влажностью зерна при его подготовке к размолу (рис. 8) состоит из трех взаимосвязанных управляемых систем. В ней можно выделить четыре функциональные группы: управляемый объект (УО), автоматическая система стабилизации расхода воды (Р), модуль расчета заданной подачи воды в машину для увлажнения зерна (PY_1) и модуль расчета (PY_2) заданных значений влажности на промежуточных этапах увлажнения. АСУ влажностью зерна на каждом из этапов увлажнения является двухуровневой. Первый уровень осуществляет стабилизацию расхода воды (G_{ie} ; $i = 1, 2, 3$) в

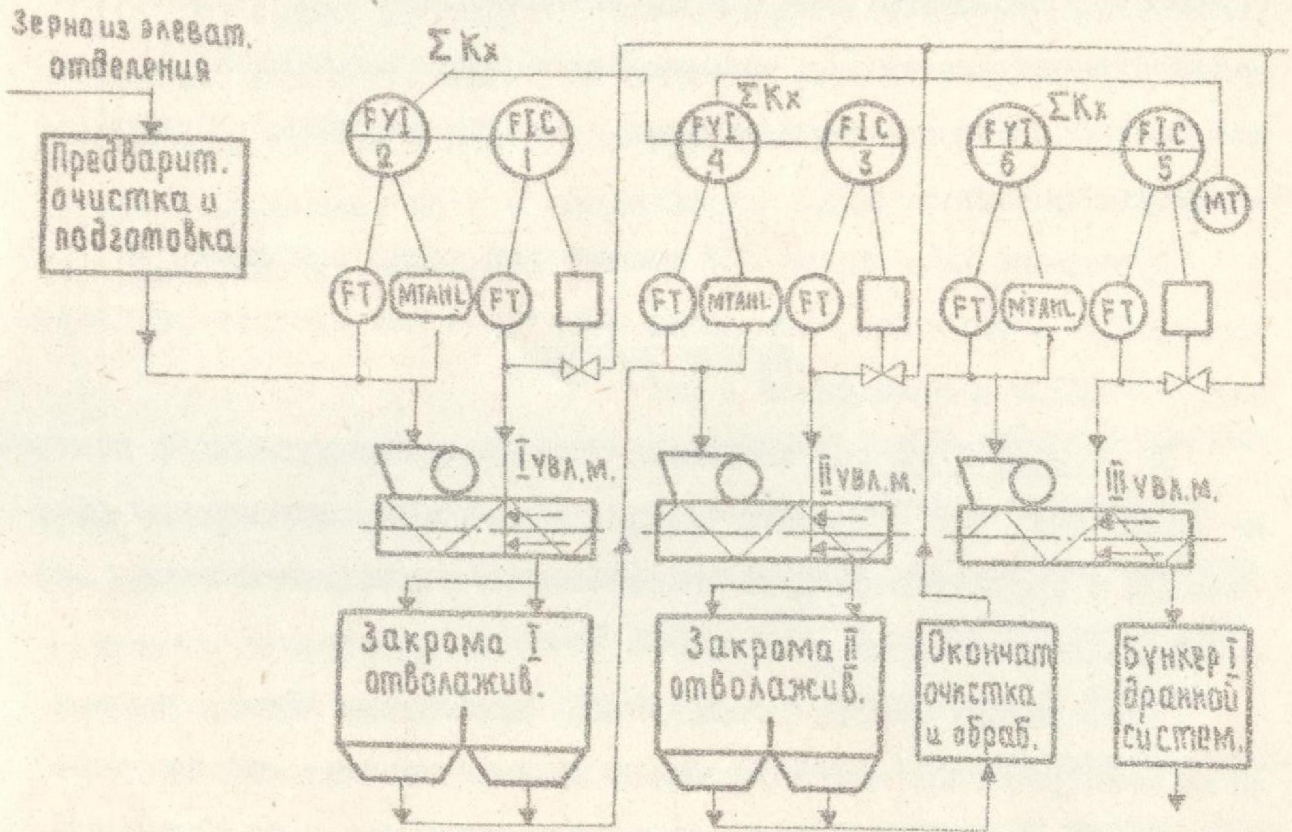


Рис. 7 . Схема автоматизированного технологического комплекса подготовки зерна к размолу

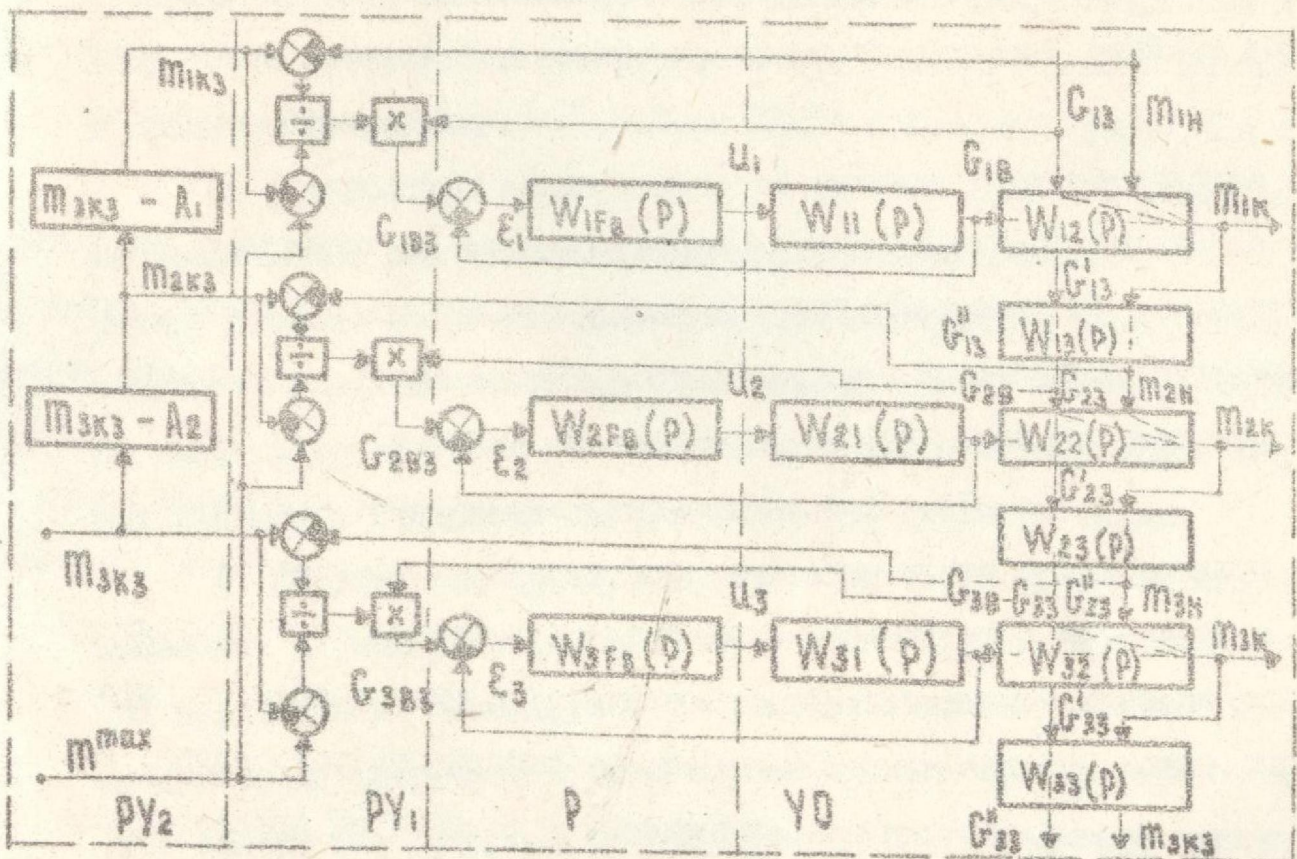


Рис. 8 . Структурная схема АСУ влажностью зерна при подготовке к размолу

увлажнительную машину, на втором уровне производится расчет заданного расхода воды $G_{из}$ с использованием статической (4) и кинетической (5) моделей увлажнения зерна по алгоритму, представленному в работе.

Функциональная схема АСУ влажностью зерна выполнена на базе аппаратуры агрегатного комплекса электрических средств регулирования -- АКЭСР и приводится в работе.

В четвертой главе анализируются методы экспрессного контроля влажности, выбор средств измерения, их метрологического обеспечения и предлагаются пути повышения точности результатов измерений влажности зерна.

Требованиям синтезированной АСУ влажностью зерна отвечают диэлькометрические методы измерения, в частности, использующие явление резонанса в колебательном контуре -- одним из элементов которого является емкостной датчик. Среди множества разработанных в последнее время емкостных влагомеров отличается хорошими показателями и может удовлетворить требованиям, предъявляемым к приборам в АСУ, разработанный в ОТИП им.М.В.Ломоносова усовершенствованный влагомер ОТИ-Ю.

С целью определения шага дискретизации по времени и дискретно действующих экспрессных влагомеров проведено исследование случайного процесса изменения влажности в потоке зерна, результаты которых обработаны методом корреляционного анализа.

Анализ путей повышения точности экспрессных измерений влажности показал, что можно вести работы в двух направлениях: первое связано с конструктивно-технологическими методами, в которых путем тщательной обработки конструкции отдельных элементов первичного преобразователя и элементов измерительного устройства, а также тщательной подборки материалов и технологии производства можно достичь повышения точности измерений влажности. Второе на-

правление связано со структурными методами повышения точности измерений. Они заключаются во введении в системы избыточности, позволяющей получить дополнительную информацию не только об измеряемой величине, но и о погрешностях, допустимых при измерении, что позволяет их уменьшить.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Исследование процесса увлажнения зерна пшеницы при помощи экспрессных влагомеров и образцовых методов определения влажности позволило выявить информационные особенности системы и оценить качество получаемой информации и ее пригодность для построения АСУ влажностью зерна при его подготовке к помолу.

2. Кинетика увлажнения зерна связана с процессами влагопоглощения и влагораспределения воды по анатомическим частям зерновки и зерновой массы в целом, показывает, что после увлажнения в разные периоды анатомические части зерновки увлажняются по-разному. Этим объясняется изменение электрофизических свойств зерна в процессе увлажнения.

3. Температура зерна влияет на процесс влагопоглощения и распределения, она изменяет электрофизические свойства зерна в разные периоды после увлажнения и вносит погрешности в измерения влажности зерна экспрессными влагомерами. Путем ввода поправок на температуру и время отволаживания можно уменьшить погрешности при измерении влажности экспрессными влагомерами.

4. Структурные преобразования в процессе отволаживания и изменения диэлектрических свойств влажного зерна находятся в тесной зависимости. Используя кривые отволаживания и извлечения круподунстовых продуктов с трех первых драных систем, можно определить завершение процесса увлажнения.

5. Исследование кинетики влаги по ходу технологического

процесса подготовки зерна в основных ее точках выявляет тенденцию изменения влажности зерна и направленное изменение его технологических свойств, описываемую математической моделью кинетики влаги при подготовке к помолу.

6. На основе полученных данных при исследовании объекта автоматизации и изменения влаги зерна в подготовительном отделении мельзавода, используя статическую и кинетическую модели увлажнения зерна, предложен алгоритм управления влажностью и проведен синтез АСУ влажностью зерна при его подготовке к помолу.

Разработанная на базе аппаратуры АКЭСР АСУ влажностью зерна при подготовке к помолу является мобильной системой, при накоплении информации об объекте управления и при повышении требований к качеству управления ее алгоритм может быть совершенствован.

7. Используя результаты проведенных исследований и рекомендации по применению экспрессных емкостных влагомеров и применяя структурные методы их совершенствования, можно повысить точность результатов измерений и повысить качество АСУ влажностью зерна при его подготовке к размолу.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Дьячук Ян. О некоторых современных вопросах измерений влажности зерна и продуктов его переработки (на польском языке). - Обзор мукомольно-зерновой промышленности. Варшава, 1979, №5, с.12-14.
2. Дьячук Ян. Влага и влагомеры зерна (на польском языке). - Обзор мукомольно-зерновой промышленности. Варшава, 1980, №6, с.11-13.
3. Дьячук Ян. Управление влажностью зерна в процессе его подготовки к размолу. - Тезисы докладов IV Всесоюзной конференции "Механика сыпучих материалов". Одесса, 1980, с.325-326.

Дьячук