

Автореф  
У-96

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

имени М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

ЧУЧУЙ Валерий Петрович

ВЫДЕЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ОТХОДОВ ПОСЛЕ  
ГИДРОСЕПАРИРОВАНИЯ ЗЕРНА КРУПНЫХ  
КУЛЬТУР

Специальность 05.18.12 - процессы, машины  
и агрегаты пищевой промышленности

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

Одесса - 1991

сн

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

Научный руководитель доктор технических наук,  
профессор Остапчук Н.В.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,  
профессор Федоров В.Г.

доктор технических наук,  
профессор Платонов П.Н.

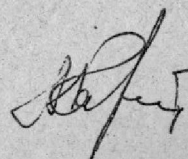
Ведущее предприятие: Одесское производственное  
объединение элеваторной и  
зерноперерабатывающей  
промышленности

Защита диссертации состоится "15" февраля 1991 г. в  
14<sup>30</sup> час. на заседании специализированного совета при Одес-  
ском 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 имени  
М.В. Ломоносова.

Автореферат разослан "30" декабря 1990 г.

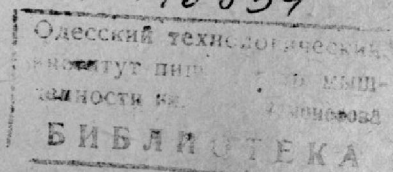
Ученый секретарь  
специализированного совета  
д-р. техн. наук профессор

 И.И. Карнаушенко

ОНАХТ 10.05.12  
Выделение и обработк



v016854



## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Развитие мукомольно-крупяной промышленности основано на повышении эффективности существующего оборудования и создании новых, более совершенных машин и аппаратов, обеспечивающих заданные показатели качества готового продукта при снижении затрат энергии. Совершенствование технологии переработки зерна гречихи в крупу основано на изыскании новых более эффективных методов очистки зерна. Особое внимание следует уделять очистке гречихи от трудноотделимых примесей и испорченных зерен при минимальных потерях полноценного зерна. Существующие причины очистки и сепарирующие машины не обеспечивают необходимую технологическую эффективность выделения из гречихи трудноотделимых примесей, что приводит к потерям наиболее крупных фракций зерна в отходы, снижению качества и уменьшению выхода крупы.

Для устранения этих недостатков, улучшения качества и увеличения выхода гречневой крупы в ОТИП им. М.В. Ломоносова разработана технологическая схема производства гречневой крупы с использованием гидросепарирования. Испытания показали высокую степень очистки зерна от примесей при гидросепарировании, однако при этом образуются отходы повышенной влажности, которые не подлежат хранению. Технологические схемы и оборудование, обеспечивающие выделение и обработку отходов после гидросепарирования, отсутствуют. Оптимальные режимы процессов обработки и сушки отходов крупяных культур не установлены, конструктивные параметры оборудования, обеспечивающие эти режимы, не определены. Таким образом, разработка более совершенных технологических схем, оборудования и режимов для обработки отходов после гидросепарирования крупяных культур является актуальной задачей.

Целью работы является обоснование и разработка способов выделения и обработки отходов крупяных культур, обеспечивающих возможность их утилизации.

Для достижения этой цели необходимо решить задачи:

- определить качественный и количественный состав и характеристики отходов после гидросепарирования гречихи;
- установить кинетические закономерности процесса увлажнения и обезвоживания отходов гречихи;

- установить кинетические закономерности сушки отходов конвективным и конвективно-кондуктивным способами;

- обосновать критерий оптимальности, составить целевые функции, разработать алгоритм и программу расчета на ЭВМ;

- определить технологические режимы обезвоживания и сушки отходов крупных культур, обеспечивающие заданные нормируемые показатели качества отходов;

- разработать конструкцию сушилки для отходов и зерна крупных культур, обеспечивающую повышение эффективности сушки;

- разработать технологическую схему переработки отходов гречихи после гидросепарирования, обеспечивающую возможность их использования в комбикормах;

- произвести производственную проверку рекомендуемой технологической схемы обработки отходов крупных культур.

На защиту выносятся научные положения:

- обоснование возможности и целесообразности утилизации отходов, образующихся после гидросепарирования зерна гречихи, на кормовые цели;

- обоснование и разработка более эффективных способов сушки отходов крупных культур после гидросепарирования;

- обоснование и разработка технологической схемы, оборудования и режимов для обработки отходов, обеспечивающих возможность их дальнейшего использования.

Научная новизна работы состоит в:

- обосновании критериев и составлении функций оптимальности, алгоритма и программы расчета на ЭВМ по нескольким критериям;

- определении оптимальных режимов сушки отходов гречихи;

- обосновании и расчете конструктивных параметров сушилки для отходов и зерна крупных культур, обеспечивающей повышение эффективности процесса сушки.

Практическая значимость работы заключается в разработке и практической реализации:

- рекомендаций по использованию оптимальных режимов сушки отходов гречихи в паровых сушилках;

- конструкции паровой сушилки для зерна и отходов повышенной производительности при снижении энергозатрат и сохранении качества продукта;

- технологической схемы обработки отходов, образующихся после гидросепарирования крупных культур.

Апробация работы. Результаты исследований внедрены в производство путем модернизации сушилок ВС-Ю-49 и монтажа линии гидросепарирования на Бугульминском комбинате хлебопродуктов, опубликованы в 8 статьях и доложены на Всесоюзной конференции "Математическое моделирование и оптимизация схем, режимов и оборудования химико-технологических, энергетических и теплоэнергетических систем" (г. Черновцы, 1987 г.), У республиканской конференции "Биотехника-86" (г. Грозный) и научных конференциях ОТИП им. М.В. Ломоносова в 1986...1989 гг. Получено два авторских свидетельства и одно положительное решение ВНИИТЭ по заявкам.

Структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы из 107 наименований, в том числе 11 на иностранном языке и приложений. Изложена на 189 страницах машинописного текста, включающих 25 рисунков и 23 таблицы.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе рассмотрены характеристики основных засорителей гречихи, приведена их классификация по плотности и выделена группа засорителей с одинаковой вероятностью всплывания и погружения. Установлено, что вариационные кривые по плотности зерна гречихи и большинства засорителей не перекрываются, что позволяет выделить их путем гидросепарирования. В результате статистического анализа определены законы распределения и наиболее вероятные значения показателей засоренности поступающего на переработку зерна гречихи. Установлено, что на комбинаты хлебопродуктов поступает значительная часть гречихи с засоренностью в 1,5...3,0 раза выше нормируемой и подчиняющейся в основном закону гамма-распределения. Анализ качественного и количественного состава отходов после гидросепарирования и изменение их качества при хранении позволил сделать вывод, что они имеют большую влажность, низкую сыпучесть и значительную обсемененность микроорганизмами, а также содержат значительное количество легковесного зерна, которое по существующим требованиям ГОСТ 19093-73 относят к нормальному. Отходы нуждаются в немедленном обезвоживании и сушке, а нормальное зерно необходимо выделить и возвратить на переработку. Данные по питательной ценности отходов позволяют заключить, что они представляют определенную ценность в качестве



компонента комбикормов.

Показано, что применение в промышленности процессов гидро-сепарирования зерна крупных культур обуславливает необходимость выполнения дополнительных технологических операций: удаление отходов из воды, их механическое обезвоживание, сушку, сепарирование и очистку сточных вод.

Существующие технологические схемы и оборудование для обработки отходов после моечных машин не обеспечивают их полное выделение и обработку до требуемых кондиций в связи с физико-химическими особенностями строения крупных культур и отсутствием надежных способов и устройств для обезвоживания и сушки отходов. Анализ существующих конструкций сушилок показал, что по требованиям технологии и условиям эксплуатации наиболее приемлемыми для сушки отходов крупных культур являются паровые сушилки ВЗ-Ю-49. Однако они отличаются низкой производительностью и повышенными затратами энергии, что обусловлено кондуктивным способом нагрева продукта. Сравнение необходимых и реальных затрат энергии показывает, что расход пара в действующих паровых сушилках в 4,7 раза превосходит необходимый.

В результате эксергетического и энергетического анализа работы паровых сушилок определены основные энергетические потери в процессе сушки и установлено, что наибольшие потери теплоты имеют место с отработавшим паром, и энергетический к.п.д. паровой сушилки составляет 35 %, а эксергетический 7,6 %. Для использования существующих конструкций паровых сушилок для сушки отходов требуется их значительное усовершенствование. Одним из направлений совершенствования является утилизация теплоты отработавшего пара паровых сушилок на нагрев агента сушки и использование комбинированного способа сушки.

Анализ исследований по процессу конвективно-кондуктивной сушки и форм описания кинетики сушки свидетельствует, что существующие формы описания кинетики сушки для расчетов оптимальных режимов сушки отходов крупных культур непригодны, что не позволяет применить аналитические методы исследования для определения режимов сушки.

Проведенный топологический анализ технологической схемы обработки отходов позволяет определить характеристики потоков в любом элементе технологической схемы. Однако для определения количественных оценок параметров и синтеза технологических схем,

систему балансовых уравнений, полученных на основании топологического анализа, необходимо дополнить кинетическими уравнениями. Приведена методика синтеза оптимальных технологических схем методом динамического программирования, позволяющая определить структуру технологической схемы обработки отходов, обеспечивающей наименьшие удельные затраты на обработку.

Во второй главе приведены характеристики объекта, программа и план экспериментов, методика исследований и обработки экспериментальных данных. Составлена параметрическая схема процесса сушки и нагрева, пределы их изменений, установлены значения постоянных в уравнениях математического описания, определяемых конструкцией сушилки и технологическими условиями.

Для исследования процесса нагрева и сушки конвективным и конвективно-кондуктивным способом была создана экспериментальная установка, моделирующая процесс сушки в паровой сушилке, которая состоит из вентилятора, калорифера, сушильной шахты, кассеты с выдвигающимися нагревательными элементами, позволяющими изменять площадь греющей поверхности. Для измерения температуры нагревательных элементов, отходов и агента сушки по высоте кассеты установлены градуированные дифференциальные медь-константановые термопары, подключенные к комбинированному прибору И-300.

Поскольку анализ априорной информации по сушке гречихи показал, что большинство однофакторных зависимостей  $W=f(x_i)$  не могут быть описаны линейно с заданной точностью, то для получения математического описания процесса сушки использовали несимметричный, насыщенный, квадратичный план Рехтшайнера, являющийся D - оптимальным для исследуемого числа факторов и имеющий не только удовлетворительные сравнительные статистические характеристики, но и незначительную корреляцию между оценками коэффициентов регрессии.

Для обработки экспериментальных данных разработана программа на ЭВМ, позволяющая формировать матрицу плана экспериментов, рассчитывать коэффициенты в уравнениях регрессии и оценивать погрешность аппроксимации.

Значение начальной и конечной влажности отходов определяли по общепринятой методике (ГОСТ 3040-55), текущей - расчетным путем, показатели качества зерна по ГОСТ 10843-76. По результатам опытов строили графики нагрева и сушки продукта. Кривые ско-



рости сушки и скорости нагрева получали методом табличного дифференцирования. В опытах фиксировали текущую влажность отходов, их температуру, скорость воздуха, температуры нагревателей и агента сушки на входе и выходе из кассеты, а также экспозицию сушки. В связи с тем, что в отходах содержится легковесное зерно гречихи, качество которого необходимо сохранить в процессе сушки, то для оценки качества процесса сушки определяли коэффициент шелушения зерна и коэффициент цельности ядра.

В третьей главе приведены результаты исследований по определению кинетических закономерностей увлажнения и обезвоживания отходов крупяных культур. В качестве примера на рис. 1 приведен график изменения влажности отходов гречихи  $W$  в зависимости от времени гидросепарирования  $\tau_{\text{гс}}$  и различной продолжительности отлежки в процессе дальнейшего транспортирования.

В связи с тем, что отходы в моечной машине находятся незначительный промежуток времени (6...10 с), значительная часть влаги в капилляры не проникает и находится на поверхности зерновки, то для улучшения сыпучести необходимо предварительное подсушивание. Эти ограничения накладывают свои особенности на составление математической модели и получение математического описания процесса сушки отходов.

Математическое описание процесса сушки отходов конвективно-кондуктивным способом для паровой сушилки устанавливает связи между текущими значениями скорости сушки  $N_w$ , скорости нагрева  $N_g$ , коэффициента шелушения  $K_w$ , коэффициента цельности ядра  $K_{\text{я}}$  и управляющими параметрами — температурой агента сушки  $T_n$ ,  $T$  на конвективной и конвективно-кондуктивной стадии, площадью  $F$  и температурой греющей поверхности  $T_r$ . Для обеспечения инвариантности математической модели относительно реальных условий функционирования в качестве основного кинетического параметра приняли влажность отходов, выраженную в относительных единицах влагосъема  $W^*$ , и дополнительный кинетический параметр  $W_i^*$ , характеризующий длительность подсушивания отходов конвективным способом, т.е. границу (точку) на кривой сушки, перехода от конвективного способа сушки к конвективно-кондуктивному

$$W^* = (W_n - W_i) / (W_n - W_k); \quad (1)$$

$$W_i^* = (W_i - W) / (W_i - W_k); \quad (2)$$

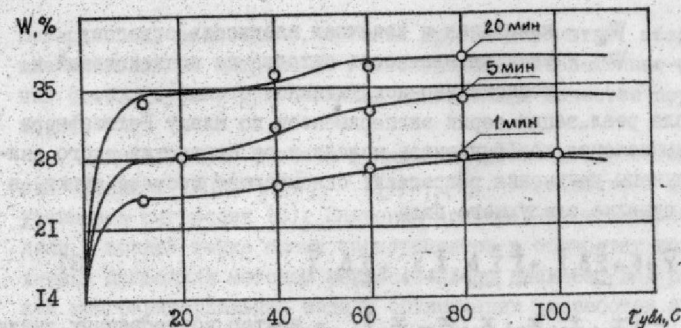


Рис. 1. Кинетика увлажнения отходов гречихи при различной продолжительности отлежки.

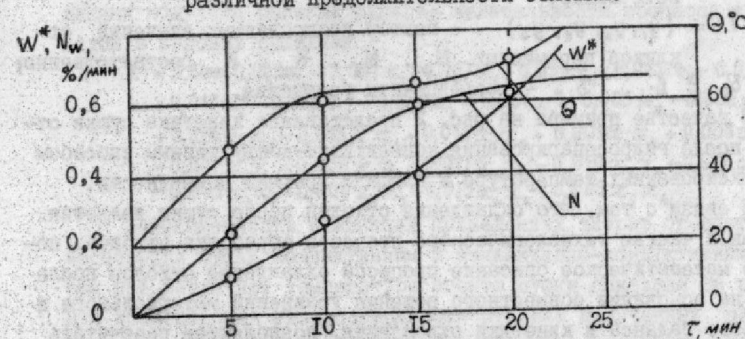


Рис. 2. Кинетика сушки отходов после гидросепарирования конвективно-кондуктивным способом.

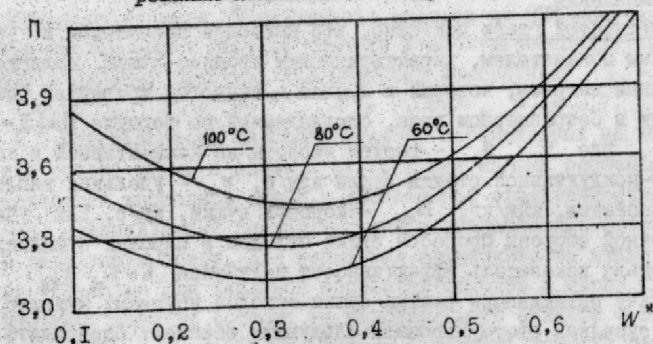


Рис. 3. Зависимость приведенных затрат от соотношения экспозиции сушки конвективным и конвективно-кондуктивным способом при различной температуре агента сушки.

где  $W_n$ ,  $W_k$  - начальная и конечная влажность отходов;  
 $W_i$ ,  $W$  - текущая влажность отходов на конвективной и  
 конвективно-кондуктивной стадии сушки.

После реализации серии экспериментов по плану Рехтшайнера  $R_6$ , вычисления коэффициентов модели и ее статистического анализа получены уравнения регрессии, описывающие процесс сушки в паровой сушилке следующего вида

$$\bar{Y} = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i \bar{X}_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n b_{ij} \bar{X}_i \bar{X}_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} \bar{X}_i^2 \quad (3)$$

где  $\bar{X} = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)$  - вектор кодированных значений натуральных переменных  $T_n, T, F, T_f, W, W_i$  соответственно;

$\bar{Y} = (y_1, y_2, y_3, y_4)$  - вектор кодированных значений откликов переменных  $N_w, N_g, K_w, K_{ca}$  соответственно;  
 $b_i, b_{ii}, b_{ij}$  - коэффициенты уравнения.

В качестве примера на рис. 2 представлена кинетика сушки отходов после гидросепарирования конвективно-кондуктивным способом при фиксированных температуре и площади греющей поверхности.

В связи с тем, что охлаждение отходов после сушки является составной частью технологического процесса обработки отходов, получено математическое описание процесса охлаждения отходов после сушки на основании совместного решения уравнений материального и теплового баланса и кинетики охлаждения, позволяющее рассчитать экспозицию охлаждения, параметры отработавшего воздуха и отходов после охлаждения.

В четвертой главе показано, что наиболее приемлемым и универсальным показателем, характеризующим процесс сушки, являются приведенные затраты, который и принят в качестве критерия оптимальности в безразмерном виде, определяемый по формуле  $\Pi = (3_1 + 3_2) / N_w r$ , где  $3_1, 3_2$  - расход теплоты на конвективной и конвективно-кондуктивной стадии сушки кДж/с,  $r$  - удельная теплота парообразования, кДж/кг,  $N_w$  - скорость сушки, кг/с. Для учета качественной стороны процесса сушки отходов в паровых сушилках использовали показатель эффективности шелушения  $K = K_w \cdot K_{ca}$

Задачу оптимизации режима сушки отходов крупных культур в паровых сушилках сформулировали следующим образом: определить температуру агента сушки  $T_n, T$  на конвективной и конвективно-кондуктивной стадии сушки, площадь  $F$  и температуру  $T_f$  греющей

поверхности, экспозицию, а также другие параметры, обеспечивающие минимальные затраты на конвективный и конвективно-кондуктивный способ сушки, при заданных показателях качества зерна в отходах.

Для получения целевых функций процесса сушки отходов в паровых сушилках  $\Pi(Y) = f_1(\bar{X})$ ,  $K(Y) = f_2(\bar{X})$  использовали полученные уравнения регрессии (3). Значения критерия оптимальности определяли в каждой точке плана экспериментов и обработку полученных данных проводили методом регрессионного анализа. Для решения такой многокритериальной задачи оптимизации разработан алгоритм и программа получения на ЭВМ целевой функции желательности  $D(\Pi, K) = f_3(\bar{X})$ . В результате обработки экспериментальных данных получена целевая функция желательности процесса сушки отходов в паровых сушилках

$$D(\Pi, K) = 0,64 - 0,023 x_1 - 0,031 x_2 - 0,007 x_3 - 0,039 x_4 - 0,023 x_5 - 0,004 x_6 + \\ + 0,017 x_1^2 - 0,028 x_2^2 + 0,039 x_3^2 - 0,061 x_4^2 + 0,005 x_5^2 - 0,002 x_6^2 + \\ + 0,024 x_1 x_3 - 0,016 x_1 x_4 + 0,015 x_1 x_5 + 0,001 x_1 x_6 + 0,008 x_2 x_3 - \\ - 0,041 x_2 x_4 - 0,030 x_2 x_5 + 0,027 x_2 x_6 - 0,010 x_3 x_4 + 0,004 x_3 x_5 - \\ - 0,008 x_3 x_6 - 0,009 x_4 x_5 + 0,015 x_4 x_6 + 0,008 x_5 x_6$$

Закономерность изменения приведенных затрат от соотношения экспозиции сушки конвективным и конвективно-кондуктивным способом при различной температуре агента сушки показана на рис. 3. Для исследования гиперповерхности отклика полученных целевых функций и расчета оптимальных условий процесса сушки разработан алгоритм и программа расчета на ЭВМ с использованием метода половинного деления. В результате расчета на ЭВМ получены оптимальные режимы сушки отходов гречихи конвективно-кондуктивным способом в паровых сушилках существующих конструкций  $T_n = 100^\circ \text{C}$ ,  $T = 78^\circ \text{C}$ ,  $T_f = 105^\circ \text{C}$ ,  $F = 7,85 \text{ м}^2$ ,  $W_i^* = 0,7$ .

Использование паровых сушилок, переведенных на комбинированный способ сушки в связи с их конструктивными особенностями, не позволяет проводить сушку с достаточной эффективностью, что вызывает неоправданный расход энергии и значительные потери теплоты в окружающую среду. Для повышения эффективности сушки разработана установка для тепловой обработки отходов и зерна крупных культур, которая состоит из надсушильного бункера с воздухоподогревателями, нижняя плоскость которых закрыта ситчатой поверхностью, паровой сушилки с коллекторами парохода и отвода агента сушки и паровыми трубками, установленными в шахматном



порядке с переменным шагом по высоте, калорифера для нагрева теплоносителя отработавшей пароконденсатной смесью из сушильной шахты, что позволяет использовать скорость подачи теплоносителя больше скорости витания отходов, значительно увеличить площадь греющей поверхности и обеспечивает утилизацию теплоты отработавшего пара.

В связи с тем, что предложенная конструкция сушилки позволяет использовать повышенную скорость агента сушки, для описания кинетики сушки в план экспериментов ввели еще один варьируемый параметр — скорость агента сушки  $v$  и изменили предел варьирования других факторов  $T_n$ ,  $T$ ,  $T_f$ ,  $W_i^*$ . После реализации экспериментов по плану Рехтшайнера  $R$ , и обработки экспериментальных данных получили кинетические уравнения и целевые функции, устанавливающие зависимость между показателями качества  $N_w$ ,  $K_w$ ,  $K_{\text{с.в.}}$ ,  $K$ ,  $\Pi$  и управляющими параметрами — температурой агента сушки  $T_n$  на конвективной стадии, температурой и скоростью агента сушки  $T$ ,  $v$ , площадью  $F$  и температурой греющей поверхности  $T_f$  на конвективно-кондуктивной стадии процесса сушки. Кинетические параметры  $W_i^*$ ,  $W^*$  рассчитывали аналогично по выражениям (1) и (2). Целевая функция желательности для предлагаемой конструкции сушилки имеет вид

$$D(\Pi, K) = 0,575 - 0,013x_1 - 0,015x_2 - 0,011x_3 - 0,017x_4 - 0,005x_5 - 0,061x_6 - \\ - 0,006x_7 - 0,006x_1^2 + 0,006x_2^2 + 0,021x_3^2 - 0,027x_4^2 - 0,047x_5^2 + \\ + 0,023x_6^2 + 0,047x_7^2 + 0,048x_1x_2 + 0,010x_1x_3 - 0,006x_1x_4 - \\ - 0,004x_1x_6 - 0,001x_1x_7 - 0,020x_2x_3 - 0,011x_2x_4 - 0,002x_2x_5 - \\ - 0,020x_2x_6 + 0,006x_2x_7 - 0,003x_3x_4 - 0,005x_3x_5 + 0,006x_3x_6 - \\ - 0,010x_3x_7 + 0,009x_4x_5 - 0,005x_4x_6 - 0,001x_4x_7 - 0,009x_5x_6 + \\ + 0,003x_5x_7 - 0,004x_6x_7,$$

где  $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7$  — кодированные значения натуральных переменных  $T_n$ ,  $T$ ,  $v$ ,  $F$ ,  $T_f$ ,  $W_i^*$ ,  $W^*$  соответственно.

При использовании отработавшего пара после паровой сушилки на нагрев агента сушки в калорифере образуется обратная связь "сушилка — калорифер", изменяющая устойчивость системы (при изменении температуры агента сушки изменяется расход отработавшего пара из сушилки, вызывающий, в свою очередь, изменение температуры агента сушки и т.д.). В связи с этим при расчете режимов сушки необходимо учесть влияние обратной связи на величину влагосъема. Для расчета оптимальных режимов процесса сушки разработан алгоритм

и программа расчета на ЭВМ, реализующая принцип обрыва обратной связи. В результате расчета получены следующие режимы сушки в паровых сушилках предлагаемой конструкции  $T_n = 83^\circ\text{C}$ ,  $T = 120^\circ\text{C}$ ,  $v = 0,6$  м/с,  $F = 16,5$  м<sup>2</sup>,  $T_f = 100^\circ\text{C}$ ,  $W^* = 0,5$ . После уточнения режимов сушки предложенную конструкцию паровой сушилки можно использовать для сушки зерна гречихи.

Применение в паровых сушилках комбинированного способа сушки обуславливает выбор эффективных каналов управления. В связи с этим в результате анализа параметрической схемы выбраны основные каналы управления и аналитически определены передаточные функции объекта. В результате анализа закономерностей изменения температуры и влажности отходов на выходе из паровой сушилки в переходном режиме, в зависимости от температуры и расхода агента сушки, расхода и давления пара т.д. и сравнения коэффициентов передачи выбрано основное управляющее воздействие — температура агента сушки, обеспечивающее наибольший коэффициент передачи.

Для разработки технологической схемы обработки отходов проведены сравнительные испытания различных методов механического обезвоживания отходов на сепараторе АИ-БСТ, канальной машине и центрифугальной колонке, в результате которых установлено, что наиболее эффективным способом обезвоживания является центрифугирование.

Для выделения нормального легковесного зерна из отходов и их сушки предложена конструкция устройства, позволяющего совместить эти две операции. Устройство состоит из расположенных друг над другом двух конусных камер, боковая поверхность которых представляет собой торообразные спиральные каналы с соплами подачи теплоносителя и заборными патрубками, направленными навстречу движению потока.

На основании анализа питательной ценности и физических свойств лузги, мучки и отходов после гидросепарирования показано, что их смесь может быть использована в качестве компонента для приготовления комбикормов. Экспериментально доказана целесообразность их совместного измельчения и гранулирования с последующим измельчением и определена питательная ценность полученной кормосмеси. Предложена принципиальная технологическая схема производства кормосмесей с использованием отходов гречихи после гидросепарирования, предусматривающая выработку кормосмеси в рассыпном и гранулированном виде. На основании полученных данных разработана рецептура комбикормов для крупного рогатого скота с использо-

ванием полученной кормосмеси.

В результате проведенных исследований разработана технологическая схема обработки отходов после гидросепарирования зерна крупных культур, которая включает центрифугирование, сушку, сепарирование, дозирование, измельчение, гранулирование, охлаждение и измельчение гранул, очистку сточных вод. Производственные испытания технологической схемы обработки отходов, паровой сушилки для отходов крупных культур предлагаемой конструкции и модернизированной паровой сушилки для зерна ВС-10-49, проведенные на Бугульминском комбинате хлебопродуктов, показали высокую эффективность применения предложенной технологической линии обработки отходов и комбинированного способа сушки. Экономический эффект от внедрения разработанной конструкции паровой сушилки составил 5033 руб. в год.

#### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Установлено, что после гидросепарирования зерна крупных культур образуются отходы, которые содержат значительное количество нормального легковесного зерна, имеют высокую влажность, низкую сыпучесть и значительную обсемененность микроорганизмами, т.е. нуждаются в немедленном обезвоживании и сушке. Отходы имеют высокую питательную ценность и могут быть использованы в качестве компонента комбикормов.

2. Установлены кинетические закономерности увлажнения отходов в процессе гидросепарирования, а также способы и режимы предварительного удаления влаги. Наиболее эффективным способом предварительного обезвоживания является центрифугирование.

3. Определены кинетические закономерности сушки отходов конвективным и конвективно-кондуктивным способом, позволяющие определить режимы сушки отходов в паровых сушилках.

4. Разработан алгоритм и программа расчета оптимальных режимов на ЗЕМ с использованием метода половинного деления и обобщенной функции желательности. На основании полученной математической модели определены параметры процесса сушки конвективно-кондуктивным способом, обеспечивающие минимальные затраты теплоты при сохранении качества зерна в отходах.

5. Разработана установка для сушки отходов и зерна крупных культур, обеспечивающая повышение эффективности сушки и

утилизацию теплоты отработавшего пара. Рассчитаны оптимальные режимы сушки в системе "паровая сушилка - калорифер" при использовании отработавшего пара на нагрев агента сушки.

6. Предложена рецептура комбикормов и принципиальная технологическая схема производства кормосмесей для крупного рогатого скота с использованием отходов после гидросепарирования зерна гречихи.

7. Разработана технологическая схема обработки отходов крупных культур после гидросепарирования, включающая центрифугирование, сушку, сепарирование, измельчение, а также очистку сточных вод. Производственная проверка технологической схемы обработки отходов, паровой сушилки предлагаемой конструкции, модернизированной паровой сушилки ВС-10-49 подтвердили полученные выводы об эффективности применения предлагаемой технологической схемы обработки отходов и конструкции сушилки. Годовой экономический эффект от увеличения производительности сушилки составляет 5033 руб. в год.

#### Публикации по теме диссертации:

1. Оптимизация работы сушильных установок с рециклами /Н.В.Остапчук, В.П.Чучуй, А.П.Кириллов, Г.Н.Станкевич, М.М.Зацеркляный. - Одесса, 1986. - 10 с. - Деп. в ЦНИИТЭИ Минхлебопродуктов 27.01.86. № 639.

2. Критерий эффективности зерносушилок /Н.В.Остапчук, А.Б.Шашкин, В.П.Чучуй, М.М.Зацеркляный. - Одесса, 1986. - 8 с. - Деп. в ЦНИИТЭИ Минхлебопродуктов 27.01.86. № 641.

3. Статические и динамические характеристики нагревателей зерна в рециркуляционных зерносушилках /Н.В.Остапчук, А.Б.Шашкин, В.П.Чучуй. - Одесса, 1986. - 10 с. - Деп. в ЦНИИТЭИ Минхлебопродуктов 27.01.86. № 642.

4. Анализ и синтез технологических схем очистки сточных вод. /М.М.Зацеркляный, В.П.Чучуй, Т.Б.Столевич, В.А.Квантидзе. - Одесса, 1986. - 10 с. - Деп. в ЦНИИТЭИ Минхлебопродуктов 15.06.86. № 785.

5. Каминский В.Д., Сабденов А.К., Чучуй В.П. Оптимизация процесса сушки зерна крупных культур после гидросепарирования. //Тез. докл. Областной научно-практич. конф. "Социально-экономические и научно-технические проблемы агропромышленного комплекса" г. Одесса, 25 апреля. - Одесса, 1989. - С. 56.



6. Математическое описание процесса охлаждения зерна в зерносушилках шахтного типа. /В.Т.Бадай, Н.В.Остапчук, Г.Н.Станкевич, А.Б.Шапки, В.П.Чучуй. - Одесса, 1988. - 32 с. - Деп. в ЦНИИТЭИ Минхлебопродуктов 27.01.88, № 885.

7. Математическое моделирование процесса охлаждения зерна. /В.Т.Бадай, В.П.Чучуй, Г.Н.Станкевич. - Одесса, 1988. - 21 с. - Деп. в ЦНИИТЭИ Минхлебопродуктов 27.01.86, № 884.

8. Чучуй В.П., Сабденев А.К., Волянский В.А. Интенсификация процесса гидросепарирования зерна крупных культур с выделением и обработкой отходов. //Интенсификация процессов и новые технологии переработки, хранения и транспортировки в АПК: Сб. науч. тр. - К., 1988. - С. 18.

9. А.с. 1560956 СССР, МКИ F 26 B 17/12 Сушилка для сыпучих материалов. /В.Д.Каминский, Н.В.Остапчук, В.П.Чучуй, В.З.Геллер, Е.Г.Поричанский. (СССР) - № 4354124/24-06 - Заяв. 31.12.87. Оpubл. 30.04.90 в Б.И. № 16.

10. А.с. 1353465 СССР, МКИ B 01 D 23/10 Напорный фильтр для очистки жидкости. /Н.В.Остапчук, С.М.Посемейник, Т.Б.Столевич, М.М.Зацерклянный, В.А.Волянский, В.А.Квантидзе, В.П.Чучуй. (СССР) - № 4032810/31-26. Заяв. 05.03.86. Оpubл. 23.11.87. в Б.И. № 3.

11. Каминский В.Д., Остапчук Н.В., Чучуй В.П. Повышение эффективности сушки зерна и отходов в паровых сушилках. //Тез. докл. Всесоюз. конф. "Пути повышения качества зерна и зернопродуктов, улучшение ассортимента крупы, муки и хлеба", г. Москва, 22 июня. - М., - 1989. - С. 103.

В. В. 16854

Одесский технологический  
институт пищевой промышленности  
им. В. Ломоносова  
БИБЛИОТЕКА

Почка печати 17.12.90г. формат 60x84 1/16.  
Объем 0,7уч.изд.л. 1,0п.л. Заказ № 4850. Тираж 100экз.  
Гортипография Одесского облполиграфиздата, цех №3.  
Ленина 49.