

Автор ефр
Ш. 24

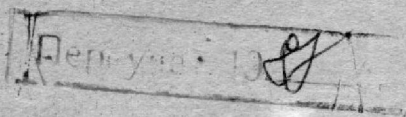
ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

ШАПОВАЛЕНКО Олег Иванович

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ ГРАНУЛИРОВАННЫХ
КОМБИКОРМОВ И ОТРУБЕЙ, ВЫРАБОТАННЫХ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДЫ

Специальность 05.18.03 - хранение зерна
(элеваторно-складское хозяйство) и других
сельскохозяйственных продуктов



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

Одесса-1982

высокой относительной влажностью не всегда приводит к снижению влагосодержания гранул до норм при которых их можно хранить без ухудшения показателей качества. Поэтому гранулы, выработанные с использованием воды, целесообразно сушить, что должно обеспечить снижение влагосодержания продукта до требуемых норм и повысить его стойкость при хранении.

В развитие теории и техники сушки влажных материалов большой вклад внесли работы отечественных ученых: Дыкова А.В., Филоненко Г.И., Гинзбурга А.С., Гришина М.А., Жидко В.И., Красникова В.В. и других исследователей.

Актуальность темы обусловлена тем, что она направлена на решение вопроса сушки в плотном слое гранулированных комбикормов и отрубей, выработанных с использованием воды, а это позволит разработать технологию гранулирования указанных продуктов без применения пара на прессах типа ДГ.

Целью работы является разработка технологии сушки, обеспечивающей требуемые показатели качества и стойкость при хранении гранулированных комбикормов и отрубей, выработанных с использованием воды на прессах с вращающейся кольцевой матрицей.

Научная новизна работы состоит: в определении количественных кинетических закономерностей процесса сушки гранулированных комбикормов и отрубей, выработанных с использованием воды на прессах с вращающейся кольцевой матрицей;

в установлении режимов сушки в плотном слое гранул комбикорма и отрубей, позволивших создать технологию гранулирования указанных продуктов без применения пара на установках типа ДГ.

Практическая значимость работы заключается в разработке и практической реализации технологии сушки, обеспечивающей требуемые показатели качества и стойкость при хранении гранул комбикорма и отрубей, выработанных с использованием воды на установках типа ДГ.

Реализация работы. Разработанные режимы сушки прошли производственную проверку и внедрены в цехе гранулирования Черниговского комбината хлебопродуктов (1979 г.).

Приказом Министра заготовок СССР (1980 г.) технология гранулирования комбикормов с использованием воды рекомендована к внедрению на предприятиях системы, не имеющих пароснабжения.

В комбикормовом цехе Казанского комбината хлебопродуктов внедрена линия гранулирования комбикормов с использованием воды (1981 г.).

Институт Харьковский Промзернопроект использовал результаты данных исследований при проектировании линии гранулирования в технических проектах трех комбикормовых заводов производительностью 250 т/сутки.

На Минском комбинате хлебопродуктов для организации процесса сушки гранулированных отрубей использованы результаты представленных исследований (1981 г.).

Апробация работы. Основные положения работы доложены и обсуждены на:

1. Республиканской научно-производственной конференции "Повышение качества и эффективности использования кормов", г. Киев, 1979 г.

2. Республиканской конференции молодых ученых и специалистов "Наука и практика - производству качественных комбикормов", г. Рига, 1980 г.

3. Республиканском семинаре "Совершенствование технологии - один из путей улучшения качества комбикормов", г. Шауляй, 1980 г.

4. Научно-технических конференциях ОТИП им. М. В. Ломоносова в 1979, 1980 гг.

Технология гранулирования комбикормов с использованием воды, в 1980 году демонстрировалась на ВДНХ УССР.

Публикации. Материалы диссертации изложены в 6 работах.

Структура работы и содержание. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы из 162 наименований, в том числе 22 на иностранном языке и изложена на 216 страницах машинописного текста, включающих 60 рисунков, 20 таблиц и 13 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе проведен обзор работ, посвященных методам и режимам конвективной сушки дисперсных материалов в плотном слое, теплофизическим характеристикам (ТФХ) и биохимическим свойствам основных зерновых компонентов и комбикормов, а также вопросам хранения комбикорма.

Сформулированы основные задачи исследования:

1. Определение теплофизических характеристик гранулированного комбикорма.

2. Исследование кинетики влаго- и теплообмена конвективной сушки гранулированных комбикормов и отрубей, выработанных с использованием воды.

3. Определение влияния сушки на белковый и углеводный комплексы гранулированных комбикормов.

4. Разработка режимов сушки гранулированных комбикормов и отрубей, выработанных с использованием воды.

5. Осуществление производственной проверки технологии сушки гранулированных комбикормов и определение экономической эффективности от внедрения в промышленное производство.

6. Проведение опытов по хранению гранулированных комбикормов.

Во второй главе приведены методики исследования и описание экспериментальных установок, использованных при конвективной сушке гранулированных комбикормов и отрубей в плотном слое, а также при определении ТФХ гранул комбикорма.

ТФХ комбикорма определяли комплексным теплометрическим методом на установке Киевского технологического института пищевой промышленности. Для проведения опытов получали комбикорм с заданной (на общую массу) влажностью от 5,0 до 26,0%. По результатам опытов определяли теплопроводность (λ) и объемную теплоемкость (C_p) гранул, а температуропроводность (α) устанавливали расчетным путем.

Сушку гранулированных комбикормов и пшеничных отрубей осуществляли в плотном неподвижном слое в цилиндрической кассете диаметром 0,1 м. В процессе исследований использовали комбикорм изготовленный по рецептам, приведенным в таблице I.

На основании предварительных исследований, обобщения производственного опыта работы линий гранулирования комбикормов и анализа литературных данных выбран диапазон изменения параметров процесса. Диаметр (d) гранул условно приняли равным диаметру отверстий матрицы, на которой гранулировали продукт. Диаметр гранул комбикорма составлял 4,7; 7,7 и 9,7 мм, а отрубей - 7,7 и 9,7 мм. Высота слоя материала в кассете $H=0,3$ м, условная скорость теплоносителя $v=0,45$ м/с. В процессе проведения опытов задавались начальным влагосодержанием (W_0^c) гранул комбикорма 18,3+25,0%, а отрубей - 18,3+23,5%. Температуру теплоносителя ($t_c=60+120^\circ\text{C}$) устанавливали регулятором температуры ТУДЭ-4 (класс 2,5). Время сушки (t_c), в опытах составляло 6+10 мин, а охлаждения - $t_o=4$ мин. Изменение веса гранул при сушке регистрировали с помощью циферблатных весов (точность взвешивания 5,0%).

Температуру слоя измеряли с помощью хромель-копелевых термодпар в комплекте с электронным потенциометром ЗПР-09МЗ (класс 0,5). С этой целью шарик термодпар диаметром 0,2 мм помещали в середину гранул, которые вводили в кассету с продуктом на высоту 0,05; 0,10; 0,15; 0,20 и 0,25 м от перфорированного дна.

Таблица I

Состав экспериментальных партий комбикормов

Наименование компонентов	Рецепты №№			
	I-55 Укр.: I55к	2I-22 Укр.: I84к	I-22/4 Укр.: I58к	К 65-I Укр.
Пшеница, %	21,0	47,5	63,8	50,0
Ячмень, %	48,5	-	-	-
Овес, %	-	-	-	11,0
Кукуруза, %	-	20,0	11,6	-
Побочные зерновые продукты, %	-	-	-	25,0
Шрот подсолнечный, %	11,0	-	3,0	-
Отруби пшеничные, %	-	14,0	-	10,0
Дрожжи гидролизные, %	2,0	5,0	-	-
Дрожжи БЗК, %	2,0	-	2,5	-
Травяная мука, %	2,0	2,0	2,0	-
Костная мука, %	1,7	1,0	1,3	-
Рыбная мука, %	4,5	6,0	2,0	-
Мясокостная мука, %	-	3,5	4,8	-
Меласа, %	-	-	2,0	-
Мел, %	6,0	-	5,6	2,0
Соль, %	0,3	-	0,4	1,0
Премио, %	1,0	1,0	1,0	1,0
Итого	100,0	100,0	100,0	100,0

Определение количества повторностей в опытах и обработку экспериментальных данных осуществляли общепринятыми методами математической статистики. В исследуемом диапазоне изменения параметров по общепринятым методикам определяли влияние режимов сушки на физико-механические показатели гранул и биохимические свойства комбикормов.

В третьей главе приведены результаты опытов по определению ТЭХ гранул комбикорма; комплексному исследованию конвективной сушки комбикормов и отрубей; влиянию параметров сушки на углеводный и белковый комплексы комбикорма.

В результате обработки на ЭВМ "Мир-2" экспериментальных данных по ТЭХ получены уравнения, позволяющие рассчитать теплопроводность и объемную теплоемкость гранул комбикорма:

$$\lambda = 738 \cdot 10^{-4} - 945 \cdot 10^{-4} W + 142 \cdot 10^{-6} W^2 + 545 \cdot 10^{-7} W \Theta - 161 \cdot 10^{-6} \Theta; \quad (1)$$

$$c_p = 396 \cdot 10^{-4} + 190 \cdot 10^{-4} \Theta + 373 \cdot 10^{-4} W; \quad (2)$$

где λ - теплопроводность, Вт/(м·К);

c_p - объемная теплоемкость, Дж/(м³·К);

W - влагосодержание комбикорма, %;

Θ - температура гранул, °С.

Уравнения (1) и (2) применимы для расчета ТЭХ комбикорма в диапазоне изменения влажности от 4 до 30% и температуры нагрева гранул от 20 до 80°С. При определении ТЭХ по указанным уравнениям среднее квадратичное отклонение не превышает 18%.

Коэффициент множественной детерминации составляет для теплопроводности 0,770, а для объемной теплоемкости 0,446, то есть вариации λ и c_p комбикорма на 77,0 и 44,6%, соответственно, связаны с действием изучаемых факторов - W и Θ гранул.

При проведении исследований гранулы комбикорма диаметром 4,7 мм продували в течение 10 минут воздухом температурой (t_0) 11±1°С и относительной влажностью τ ±87%. В результате температура продукта понизилась с 54±5°С до 13±1°С и соответствовала установленным требованиям. Влагосодержание же гранул за время обработки снизилось только на 0,6±0,9% (при $W_0^c = 19,7 \pm 21,8\%$) и не отвечало требованиям ГОСТ 22834-77 "Комбикорма гранулированные. Технические условия". С целью увеличения количества испаренной

из комбикорма влаги в последующих опытах применяли подогретый до $65+120^{\circ}\text{C}$ воздух. При продувании слоя с $\bar{W}_0^c = 21,9\%$ в течение 10 минут теплоносителем $t_c = 65^{\circ}\text{C}$ влагосодержание гранул диаметром 4,7 мм снизилось на 5,3%, а при $t_c = 120^{\circ}\text{C}$ - на 8,8%. Сушка же гранул диаметром 7,7 и 9,7 мм при этих же параметрах вызывает снижение влагосодержания комбикорма соответственно на 4,9 и 7,9% ($d = 7,7$ мм), 4,1 и 7,3% ($d = 9,7$ мм).

На рис. 1 приведены кривые сушки (а) и скорости сушки (б) гранул комбикорма диаметром 4,7, 7,7 и 9,7 мм при $t_c = 80^{\circ}\text{C}$ и $t_0 = 15^{\circ}\text{C}$. Их анализ показывает, что на графиках отсутствует первая критическая точка. Это свидетельствует о том, что процесс сушки протекает в периоде падающей скорости сушки. С увеличением диаметра гранул количество испаренной влаги за один и тот же период времени уменьшается. Это связано с тем, что удельная поверхность испарения у гранул диаметром 4,7 мм на 10+15% больше, чем у гранул $d = 7,7$ мм-и на 20+28% выше, чем у продукта $d = 9,7$ мм.

Кривые сушки и скорости сушки гранулированных отрубей имеют такой же характер как и комбикорма.

Из анализа приведенных кривых (см. рис. 1) видно, что на графиках наблюдается точка перегиба, соответствующая изменению параметров воздуха. Это свидетельствует о том, что понижение температуры теплоносителя приводит к замедлению испарения влаги из продукта и уменьшению скорости сушки ($d\bar{W}^c/dt$). Процесс сушки гранул состоит из двух частей - при продувании теплоносителем (первая часть) и при охлаждении (вторая часть). В первом случае снижение влагосодержания происходит на участке $\bar{W}_0^c > \bar{W}^c > \bar{W}_{rp}^c$, а во втором - на участке $\bar{W}_{rp}^c > \bar{W}^c > \bar{W}_k^c$. Для определения на кривых сушки граничной точки (\bar{W}_{rp}^c) перехода от сушки к охлаждению в исследуемом диапазоне параметров процесса получено уравнение вида:

$$\bar{W}_{rp}^c = k - 0,025 t_c + 0,66 \bar{W}_0^c + 0,05 d, \quad (3)$$

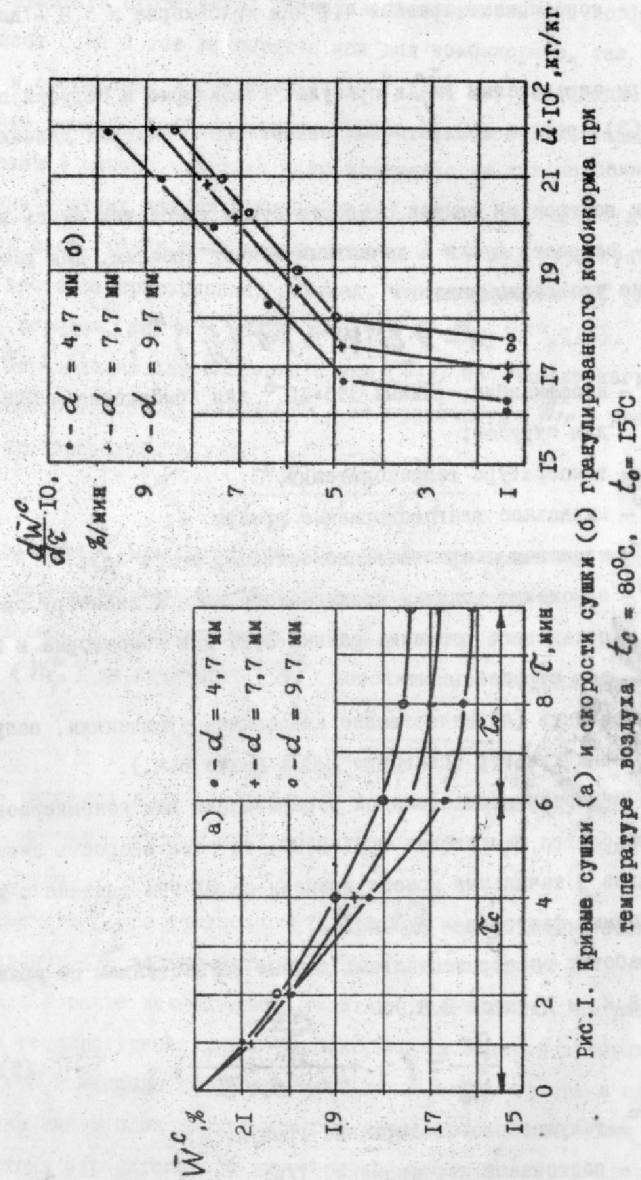


Рис. 1. Кривые сушки (а) и скорости сушки (б) гранулированного комбикорма при температуре воздуха $t_c = 80^{\circ}\text{C}$, $t_0 = 15^{\circ}\text{C}$.

где K - коэффициент, равный 4,7 для комбикорма и 3,8 - для отрубей.

При определении \bar{W}_{rp}^c в гранулах комбикорма и отрубей по уравнению (3) среднее квадратичное отклонение расчетных данных от экспериментальных не превышает 7%.

При построении кривых скорости сушки требуется знать величину N - скорость сушки в начальный момент времени. Для расчета N получено уравнение вида:

$$N = A \cdot t_c \cdot \bar{W}_0^c \cdot \sqrt{\rho v} \cdot \left(\frac{H}{d}\right)^m, \quad (4)$$

где A - коэффициент, равный $355 \cdot 10^{-6}$ для комбикорма и $548 \cdot 10^{-6}$ для отрубей;

t_c - температура теплоносителя, °C;

\bar{W}_0^c - начальное влагосодержание гранул, %;

ρv - массовая скорость теплоносителя, кг/(м²·с);

H/d - отношение толщины продуваемого слоя к диаметру гранул;

m - показатель степени, равный 0,21 для комбикорма и 0,20 - для отрубей.

Зависимость (4) качественно аналогична уравнениям, полученным для зерновых культур (Гинзбург А.С.; Жидко В.И.).

Коэффициенты множественной детерминации для комбикормов и отрубей находятся в пределах 0,81-0,99, то есть скорость сушки этих материалов в начальный момент времени на 81-99% связана с действием изучаемых факторов - \bar{W}_0^c и t_c .

Обработку экспериментальных данных осуществляли по уравнению (Жидко В.И. и Кутаров В.В.):

$$\frac{\bar{W}^c}{\bar{W}_0^c} = 1 - \frac{N t_c}{1 + B N t_c}, \quad (5)$$

где \bar{W}^c - текущее влагосодержание гранул, %;

B - постоянный коэффициент, 1/%;

t_c - время сушки, мин.

В результате проведенных расчетов установлено, что коэффициент B имеет один и тот же порядок как для комбикормов, так и для отрубей и составляет в среднем $597 \cdot 10^{-4}$, 1/%. Это свидетельствует о том, что гранулы комбикормов и отрубей являются "подобными" материалами в смысле кинетики влагообмена.

Анализ опытных данных (Аксельруд Г.А. и др.) по сушке в вибрирующем слое гранул комбикорма диаметром 4,7 мм, выработанного влажным способом прессования, показал, что коэффициент B имеет такой же порядок, как и в наших расчетах ($B = 196 \cdot 10^{-4}$, 1/%).

Для определения длительности сушки (t_c) на участке нагрева от начального влагосодержания (\bar{W}_0^c) до граничного (\bar{W}_{rp}^c) уравнение (5) преобразовали к виду:

$$t_c = \frac{\bar{W}_0^c - \bar{W}_{rp}^c}{N [1 - B (\bar{W}_0^c - \bar{W}_{rp}^c)]}. \quad (6)$$

При расчете t_c по уравнению (6) среднее квадратичное отклонение для комбикорма составляет 3,3%, а для отрубей - 6,1%.

Длительность процесса охлаждения t_o от граничного влагосодержания (\bar{W}_{rp}^c) до конечного (\bar{W}_k^c) рассчитывали по уравнению:

$$t_o = \frac{\bar{W}_{rp}^c - \bar{W}_k^c}{N_o [1 - B (\bar{W}_{rp}^c - \bar{W}_k^c)] \cdot A}, \quad (7)$$

где N_o - скорость сушки в начальный момент охлаждения, %/мин;

A - коэффициент равный 1,0 для комбикорма и 0,45 - для отрубей.

При расчете t_o по уравнению (7) среднее квадратичное отклонение составляет 15% для комбикорма и 2,5% - для отрубей.

Проведено также исследование кинетики теплообмена. На рис. 2 приведены температурные кривые комбикорма, из анализа которых следует, что изменение среднеобъемной температуры гранул в процессе сушки имеет сложный характер. В начальной стадии сушки за счет действия отрицательного внутреннего источника тепла происходит понижение температуры гранул. Через некоторое время их тем-

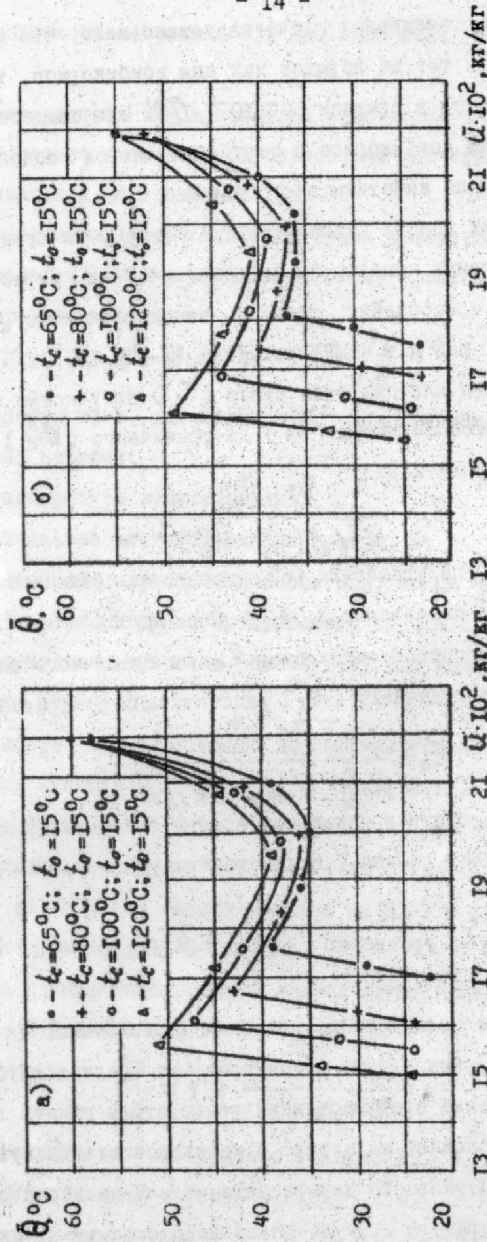


Рис.2. Температурные кривые гранулированного комбикорма диаметром 4,7 мм (а) и 7,7 мм (б) при различной температуре воздуха

пература начинает повышаться. Такой же характер температурных кривых наблюдается и при сушке отрубей.

Анализ температурных кривых позволил разделить процесс на три зоны. Первые две зоны относятся к сушке, а третья - к охлаждению. Характерной точкой, разделяющей первые две зоны, является точка перегиба. При построении графиков в координатах $\theta/\theta_0 - \bar{u}/\bar{u}_0$ значение относительного влагосодержания в точке перегиба составляет $0,90 \pm 0,05$ кг/кг и в исследуемом диапазоне не зависит от режима сушки и диаметра гранул.

Для удобства описания температурных кривых весь интервал влагосодержания (от \bar{u}_0 до \bar{u}_k) разбили на три части от \bar{u}_0 до \bar{u}_{r1} , от \bar{u}_{r1} до \bar{u}_{r2} и от \bar{u}_{r2} до \bar{u}_k . Обработка экспериментальных данных позволила получить уравнения для расчета среднеобъемной температуры гранул в исследуемом диапазоне по зонам:

$$\bar{\theta} = \bar{\theta}_0 A (\bar{u}_0 - \bar{u})^n \quad (8)$$

при

$$\bar{u}_{r1} \leq \bar{u} \leq \bar{u}_0.$$

$$\bar{\theta} = \bar{\theta}_{r1} A (\bar{u}_{r1} - \bar{u})^n \quad (9)$$

при

$$\bar{u}_{r2} \leq \bar{u} \leq \bar{u}_{r1}.$$

$$\bar{\theta} = \bar{\theta}_{r2} A (\bar{u}_{r2} - \bar{u})^n \quad (10)$$

при

$$\bar{u}_k \leq \bar{u} \leq \bar{u}_{r2}.$$

В уравнениях (8, 9 и 10) $\bar{\theta}_0$ - начальная температура материала, соответствующая начальному влагосодержанию \bar{u}_0 , $\bar{\theta}_{r1}$ - температура продукта в точке перехода от первой зоны ко второй, соответствующая первому граничному влагосодержанию \bar{u}_{r1} , $\bar{\theta}_{r2}$ - температура в точке перехода от зоны нагрева к зоне охлаждения, соответствующая второму граничному влагосодержанию \bar{u}_{r2} , \bar{u}_k - конечное влагосодержание продукта.

Величина показателя степени n в исследуемом диапазоне зависит от формы связи влаги с материалом, а коэффициента A - от

температуры и диаметра гранул.

При расчете температуры гранул по уравнениям (8, 9 и 10) среднее квадратичное отклонение не превышает $\pm 3,5^{\circ}\text{C}$.

По экспериментальным данным построена обобщенная кривая сушки и охлаждения гранулированных комбикормов и отрубей в координатах $W\%/W_0 - \text{в.л.с.}$, с помощью которой можно построить кривые сушки.

При определении влияния параметров сушки на качественные показатели установлено, что изменения, происходящие в углеводном и белковом комплексах комбикорма, зависят от начального влагосодержания продукта, температуры теплоносителя и диаметра гранул. Повышение $W_0\%$ комбикорма диаметром 4,7 мм с 19,8 до 25,0% и t_c с 65 до 120 $^{\circ}\text{C}$ вызывает частичный гидролиз крахмала и уменьшение его количества по сравнению с контролем на 9,8% при увеличении декстринов на 7,0%. При этом наличие водо- и солерастворимых фракций белка снижается на 3,4 и 2,4%, соответственно, а целочерстворимой увеличивается на 9,5%, что вполне согласуется с работами И.И.Ленарского, В.А.Яковенко и др., в которых рассматривается влияние на белковый комплекс температуры нагрева и влажности зерна в процессе сушки и гидротермической обработки. Атакуемость белковых веществ комбикорма ($d=4,7$ мм) пепсином в исследуемом диапазоне ($W_0=19,8+25,0\%$; $t_c=65+120^{\circ}\text{C}$, $t_c=6+10$ мин) изменяется на 0,64+1,81% белка на осаждаемого ТХУ. Это свидетельствует о том, что сушка гранул не ухудшает кормовых достоинств комбикормов.

После сушки определяли физико-механические показатели гранул, в частности крошимость как один из основных показателей прочности. В исследуемом диапазоне сушка вызывает снижение крошимости гранул комбикорма диаметром 4,7 мм с 8,5 до 3,6+5,1%, а $d=7,7$ мм - с 14,8 до 7,7+11,7%. В гранулах же диаметром 9,7 мм этот показатель находится в пределах 16,0+29,0%, что в большинстве случаев не со-

ответствует установленным требованиям. Крошимость гранулированных отрубей диаметром 7,7 мм в результате сушки снижается с 21,0 до 8,6+14,3%, а $d=9,7$ мм - с 22,4 до 10,3+16,6%. После сушки наблюдалось также снижение угла естественного откоса, повышение плотности и объемной массы гранул.

На основании проведенных исследований разработана принципиальная технологическая схема сушки гранулированных комбикормов и отрубей (рис. 3), выработанных с использованием воды. В качестве сушильной и охлаждающей установок может быть использовано серийно выпускаемое оборудование, применяемое в комбикормовой промышленности для охлаждения гранулированных комбикормов.

В четвертой главе представлены результаты производственной проверки разработанной технологии сушки комбикормов, которую проводили в цехе гранулирования Черниговского комбината хлебопродуктов на протяжении шести месяцев 1979 года. Сушку гранул, выработанных с использованием воды, осуществляли в сушильно-охладительных установках, реконструировав для этого три охлаждающие колонки ДГ-II. Гранулированные комбикорма сушили воздухом, подогретым в теплогенераторах ТГ-2,5А, работающих на жидком топливе.

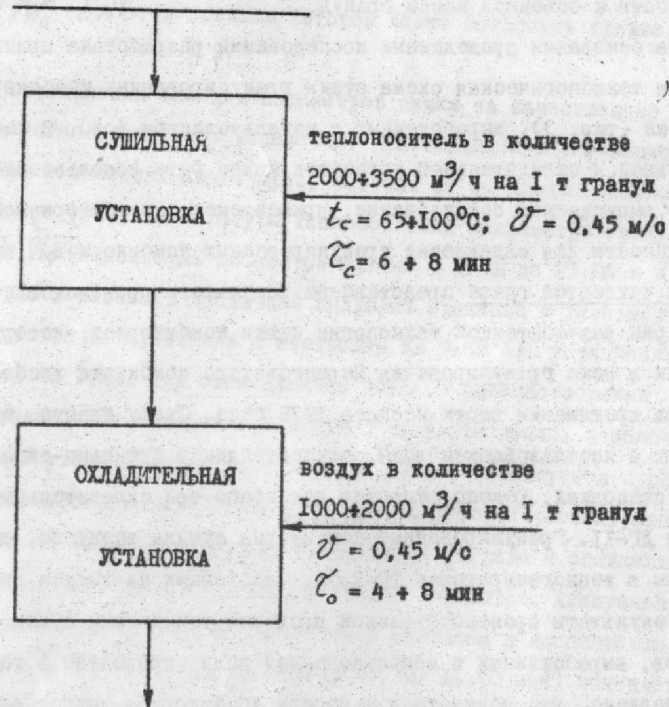
Результаты производственной проверки технологии сушки комбикормов, выработанных с использованием воды, приведены в табл. 2. Установлено, что показатели качества комбикормов, изготовленных в широком диапазоне рецептов для сельскохозяйственных животных и птицы, на всем протяжении проверки отвечали требованиям ГОСТ 22834-77 "Комбикорма гранулированные. Технические условия", за исключением комбикормов для рыб, которые не соответствовали требованиям по показателю разбухаемости гранул в воде.

По результатам производственной проверки ведомственная комиссия, созданная приказом Министера сельского хозяйства СССР, прила техно-

В.О. 1385/

Одесский технологический институт пищевой промышленности
БИБЛИОТЕКА

Гранулы комбикорма ($d = 4,7; 7,7$ мм) и отрубей ($d = 7,7; 9,7$ мм) после пресса типа ДГ (влажность до 22%; температура $40 + 60^{\circ}\text{C}$)



Готовый продукт (влажность не более 16,3±17,0%; температура не более, чем на 10°C выше температуры окружающей среды; крошимость не выше 22%)

Рис.3. Принципиальная технологическая схема сушки гранулированных комбикормов и отрубей, выработанных с использованием воды

зованием воды) на Черниговском комбинате хлебопродуктов в промышленную эксплуатацию.

Таблица 2

Результаты производственной проверки технологии сушки гранулированных комбикормов

Наименование показателей	Среднее арифметическое значение, \bar{X}	Среднее квадратичное отклонение, $\pm \sigma$
	Начальное влагосодержание гранул, (на общую массу), %	16,9
Конечное влагосодержание гранул, %	13,2	1,30
Начальная температура гранул, °C	44,0	4,63
Конечная температура гранул, °C	23,0	2,30
Температура теплоносителя, °C	79,0	5,50
Температура воздуха (охлаждающего), °C	18,0	5,30
Крошимость гранул, %	8,5	2,40

Опыты по влиянию хранения на качественные показатели комбикорма выполняли применительно к корму, выработанному по рецепту № 21-22 Укр.184к на матрице с диаметром отверстий 4,7 мм. Гранулы хранили в помещении склада готовой продукции Киевского комбикормового завода на протяжении двух месяцев. За это время температура воздуха в складе колебалась от 12 до 20°C, а его относительная влажность находилась в пределах 65-79%.

После выработки и суточной отлежки на хранение заложили: контрольный образец гранул, выработанных с применением пара давлением 0,22 МПа и охлажденных наружным воздухом (после охлаждения $\bar{W}_k^c = 14,3\%$); опытный образец гранул № 1, выработанных с использованием воды и охлажденных наружным воздухом (после охлаждения $\bar{W}_k^c = 20\%$, а после суточной отлежки $\bar{W}_k^c = 14,4\%$); опытный образец гранул № 2,

выработанных с использованием воды (влагосодержание после пресса 22,1%) и просушенных теплоносителем ($t_c = 90^{\circ}\text{C}$) в течение 9 минут, $W_k^c = 14,0\%$.

По окончании срока хранения влагосодержание в контрольной партии составило 12,1%, а в опытных № 1 и № 2 - 12,5%. Крошительность гранул за время хранения повысилась с 3,2 до 4,0% в контрольном образце, в опытном № 2 - с 6,0 до 7,0%, а в опытном № 1, снизилась с 5,8 до 4,0%. Органолептические показатели (внешний вид, цвет, запах) комбикорма за время хранения не изменились. По заключению специалистов Киевской городской ветеринарной лаборатории и ветеринарно-санитарной станции все образцы комбикорма после двух месяцев хранения пригодны к использованию сельскохозяйственным животным.

Для изучения эффективности скармливания крупному рогатому скоту гранулированного комбикорма, выработанного с использованием воды на прессах типа ДГ-1, изготовили две партии корма (рассыпной и гранулированный) по рецепту К 65-1 Укр. В опытной партии по сравнению с контрольной (рассыпной комбикорм) после сушки наблюдались изменения в углеводном комплексе: количество крахмала снизилось на 2,8%, а декстринов увеличилось в 4,5 раза, атакующесть крахмала солодовой диастазой повысилась на 48 мг мальтозы на 10 г. Зоотехническую оценку эффективности скармливания корма животным в возрасте от 11,5 до 18 месяцев проводили в течение 194 дней совместно с научными сотрудниками Украинского научно-исследовательского института разведения и искусственного осеменения крупного рогатого скота и специалистами колхоза на комплексе по откорму скота в колхозе "Коммунар" Киевской области. В конце опыта животные опытной группы, которым скармливали комбикорм в гранулированном виде, превосходили сверстников контрольной группы по живой массе на 39,3 кг, а по среднесуточному приросту живой массы-

на 202 г или 8,6 и 17,5%, соответственно.

Таким образом, гранулированный комбикорм, выработанный с использованием воды на прессах типа ДГ-1, на 8,6% эффективнее используется при мясном откорме молодняка крупного рогатого скота, чем рассыпной комбикорм того же рецепта.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

1. Разработана технология сушки гранулированных комбикормов и отрубей, выработанных с использованием воды на прессах типа ДГ-1, которая позволила создать технологию гранулирования комбикормов и отрубей без применения пара на прессах с вращающейся кольцевой матрицей.

2. Режимы сушки, обеспечивающими требуемые показатели качества и стойкость гранулированных комбикормов при хранении, являются:

для гранул диаметром 4,7 мм - температура теплоносителя $65 \pm 80^{\circ}\text{C}$, экспозиция сушки 6 мин, экспозиция охлаждения 4 мин;

для гранул диаметром 7,7 мм - температура теплоносителя $80 \pm 100^{\circ}\text{C}$, экспозиция сушки 8 мин, экспозиция охлаждения 6+8 минут.

3. Применение разработанных режимов сушки не ухудшает кормовых достоинств гранулированных комбикормов.

4. При сушке гранулированных отрубей режимами, обеспечивающими необходимые показатели качества, являются:

для гранул диаметром 7,7 мм - температура теплоносителя $80 \pm 100^{\circ}\text{C}$, экспозиция сушки 6 мин, экспозиция охлаждения 6 мин;

для гранул диаметром 9,7 мм - температура теплоносителя $80 \pm 100^{\circ}\text{C}$, экспозиция сушки 8 мин, экспозиция охлаждения 6+8 минут.

5. Теплофизические характеристики гранулированного комбикорма зависят от влажности и температуры нагрева продукта.

6. Для кинетики влаго- и теплообмена конвективной сушки и по-

следующего охлаждения гранулированных комбикормов и пшеничных отрубей в плотном слое характерны три зоны, определяемые точками перегиба T_{p1} и T_{p2} на температурных кривых и точкой излома $T_{из}$ на кривых скорости сушки.

7. Хранение в течение двух месяцев гранулированного комбикорма, выработанного с использованием воды, не вызывает ухудшения его качественных показателей.

8. Фактическая экономическая эффективность от внедрения технологии гранулирования комбикормов с использованием воды на Черниговском комбинате хлебопродуктов составляет 2,0 рубля на тонну готовой продукции или 70 тыс. рублей в год.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Исследование процесса сушки гранулированных комбикормов. /В.И.Левченко, О.И.Шаповаленко, В.А.Стрий, В.М.Баранюк - Науч.-техн. реф. сб./ЦНИИТЭИ Минзага, сер. Комбикормовая промышленность, 1978, вып. 4, с. 7-8.

2. Шаповаленко О.И., Левченко В.И. Влияние процесса сушки и охлаждения на качество гранулированных комбикормов. - В кн.: Тезисы докладов республиканской научно-производственной конференции. Повышение качества и эффективности использования кормов, Киев, 1979, с. 69-70.

3. Левченко В.И., Шаповаленко О.И., Баранюк В.М. Сушка и охлаждение гранулированных комбикормов, выработанных с использованием воды. -Тр./ВНИИП, М., 1980, вып. 16, с. 19-22.

4. Шаповаленко О.И., Жидко В.И. Исследование процесса сушки и охлаждения гранулированных комбикормов. - Науч.-техн. реф. сб. /ЦНИИТЭИ Минзага, Хранение и переработка зерна, сер. Комбикормовая промышленность, 1980, вып. 1, с. 6-7.

5. Шаповаленко О.И., Козакова В.А. К вопросу о сушке и охла-

ждению гранулированных комбикормов, выработанных без применения пара. - В кн.: Тезисы докладов республиканской конференции молодых ученых и специалистов. Наука и практика - производству качественных комбикормов, Рига, 1980, с. 61-63.

6. Шаповаленко О.И., Войтенко В.Н., Макаренко Н.П. Гранулирование комбикормов без применения пара и эффективность скармливания его крупному рогатому скоту. - Науч.-техн. реф. сб. /ЦНИИТЭИ Минзага, сер. Комбикормовая промышленность, 1980, вып. 4, с. 9-10.