

На правах рукописи

КАБУЛ НУРРЕДИН



СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА  
ГРАНУЛИРОВАННЫХ КОМБИКОРМОВ

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

Автореферат

диссертации на соискание научной степени  
кандидата технических наук

Одесса - 1996

004.6/7

№. 36.389

Диссертация есть рукопись.

Работа выполнена в Од

пи

Научные руководители : -

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00743914 (S)

- доктор технических наук, с.н.с.

Шаповаленко Олег Иванович

Официальные оппоненты: 1. Доктор технических наук, профессор

Дмитрук Евгений Адамович

2. Доктор сельскохозяйственных наук,

профессор

Карунский Алексей Иосифович

Ведущая организация : Новоукраинский комбинат хлебопродуктов

(г.Новоукраинка).

Защита состоится " 24 " декабря 1996 г в 13<sup>00</sup> часов  
на заседании специализированного ученого совета Д 05.16.01 при  
Одесской государственной академии пищевых технологий ( 270039,  
г.Одесса, ул.Канатная, 112.).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесской го-  
сударственной академии пищевых технологий ( 270039, г. Одесса,  
ул. Канатная, 112).

Автореферат разослан " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 1996 г.

Ученый секретарь

специализированного ученого

совета

доктор технических наук,



Б.В.Егоров

**Актуальность.** Технология гранулирования комбикормов начала развиваться в 1950-1960-х годах, прошла период бурного развития в 70-х годах и достигла высокой эффективности в настоящее время. Доля гранулированных комбикормов возросла до 70..80 %, а в некоторых странах Западной Европы, например, Нидерландах - до 90..100 %. Такой стремительный рост объемов производства комбикормов в гранулированном виде обусловлен целым рядом их преимуществ перед рассыпными комбикормами: гранулы обладают более высокой кормовой ценностью, лучшими физическими свойствами, частицы компонентов не самосортируются и в меньшей степени подвержены окислению, снижаются потери при транспортировании и хранении, повышается эффективность использования складских емкостей, силосов и транспортных средств. Кроме того, использование рассыпных комбикормов, например, для рыб, вообще нецелесообразно из-за колоссальных потерь.

Гранулирование комбикормов возможно несколькими способами: сухое гранулирование, влажное гранулирование, двойное гранулирование, окатывание, микрокапсулирование и др. Однако наибольшее распространение получило сухое гранулирование, так как при этом производительность прессовых установок максимальна и стоимость обработки невысока. Сущность сухого гранулирования заключается в кратковременной обработке рассыпного комбикорма паром при давлении 0,2..0,5 МПа в течение 10..16 с в смесителе пресса-гранулятора, затем обработанный комбикорм направляют в рабочую зону пресса - кольцевую матрицу с прессующими валками. Несмотря на неоспоримые преимущества, технология сухого гранулирования имеет ряд недостатков, к которым, в первую очередь, можно отнести высокую крошимость гранул и большое количество мучнистой фракции, направляемой на повторное гранулирование. Необходимость использования связующих веществ, высокие удельные затраты электроэнергии

И. П. Стефанюк  
АН України

гии и пара сделали процесс сухого гранулирования комбикормов одним из самых дорогих процессов комбикормового производства не только в Украине, но и в странах с высокоразвитой комбикормовой промышленностью. Кроме того, изучение микрофлоры комбикормов показывает, что они в значительной степени обсеменены микроорганизмами. Обычное сухое гранулирование обеспечивает лишь незначительное обеззараживание комбикормов. Попытки использовать химические препараты для борьбы с микроорганизмами, например, сальмонеллами, приводят к резкому удорожанию комбикормов. В связи с этим в последнее время получили признание попытки разработать технологии кондиционирования рассыпных комбикормов перед гранулированием, которые позволили бы повысить эффективность технологического процесса гранулирования. Так, широкое распространение получили термоизолированные кондиционеры, обеспечивающие выдерживание пропаренного комбикорма при подводе тепла через греющие поверхности, но добиться существенного снижения расхода пара пока не удалось, что привело к удорожанию технологии.

**Цель исследования:** разработка технологических основ кондиционирования и гранулирования комбикормов, обеспечивающих снижение удельных энергозатрат и повышение качества готовой продукции.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи: разработать теоретические и практические предпосылки совершенствования технологии гранулирования рассыпных комбикормов; разработать технологические основы кондиционирования и гранулирования рассыпных комбикормов; изучить изменение физических, химических и микробиологических свойств комбикормов в процессе кондиционирования; разработать схему технологического процесса и рациональные режимы предварительного кондиционирования рассыпных комбикормов; провести промышленную апробацию усовершенствованной технологии гранулирования рассыпных комбикор-

мов, определить физические, химические и микробиологические свойства полученных гранул и дать их токсикологическую оценку; провести биологическую оценку и зоотехнические испытания комбикормов, полученных по новой технологии.

Научная новизна данной работы заключается в комбинированном использовании насыщенного и сухого пара для увлажнения и нагрева рассыпного комбикорма в процессе кондиционирования перед гранулированием, разработке технологических основ и рациональных режимов кондиционирования и последующего гранулирования рассыпных комбикормов. Впервые получены данные о влиянии длительного кондиционирования на физические свойства и химический состав комбикормов.

Практическая ценность работы. Выполнен анализ материального баланса технологических линий гранулирования комбикормов, усовершенствована технология производства гранулированных комбикормов, результатами биологической оценки и зоотехнических испытаний доказана высокая эффективность разработанной технологии.

Апробация диссертационной работы. Основные результаты исследований докладывались и получили положительную оценку на 53-й, 54-й и 55-й научных конференциях профессорско-преподавательского состава Одесской государственной академии пищевых технологий (Одесса, 1993, 1994 и 1995). Промышленная апробация разработанной технологии проведена на Пещанском экспериментальном заводе по производству специальных комбикормов и регенерированного молока.

Публикации. По результатам исследования опубликовано четыре научные работы, в том числе одна статья в журнале "Харчова і переробна промисловість".

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, основных выводов и предложений, литературы и приложений. Работа изложена на 140 страницах машинописного текста и со-

держит 16 рисунков, 14 таблиц и приложения. Список литературы состоит из 137 источников, в том числе 35 иностранных.

На защиту выносятся следующие научные положения, полученные лично автором:

- технологический способ кондиционирования рассыпных комбикормов перед гранулированием, заключающийся в комбинированном использовании насыщенного и сухого пара для увлажнения и нагрева рассыпного комбикорма;
- данные о влиянии кондиционирования на физические свойства, химический состав и санитарное качество комбикормов;
- результаты промышленной апробации разработанной технологии гранулирования комбикормов;
- результаты биологической оценки и зоотехнических испытаний гранулированных комбикормов, подвергнутых предварительному кондиционированию.

#### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность проблемы. В первой главе приведен обзор литературных и патентных источников по проблеме совершенствования технологии производства гранулированных комбикормов, охарактеризованы способы гранулирования комбикормов, рассмотрены пути обеспечения высокого качества гранул и снижения удельных энергозатрат на их получение. Изучению технологии производства гранулированных комбикормов посвятили свои работы такие отечественные и зарубежные ученые, как: Артюшевич А.О., Вагнер Н., Вайстих Г.Я., Гришаев И.Г., Дарманьян П.М., Классен П.В., Кучинский Э.М., Ливер Р., Особов В.И., Фрегер, Ю.Л., Чайка И.К., Черняев Н.П. и др. Анализ их работ, а также анализ проблемы повышения эффективности гранулирования комбикормов позволили разработать

программу исследования, описание которой приведено во 2-й главе (рис.1). В работе использовали общеизвестные и специальные методы исследований, среди которых такие современные методы, как ИК-спектрофотометрия, электрофорез и др. Эксперименты проводили в нескольких повторностях, а их результаты обрабатывали, используя пакет прикладных программ на IBM PC/AT 386.

В третьей главе приведено экспериментальное обоснование совершенствования технологии гранулирования комбикормов. Изменение величины материального потока комбикормов происходит при обработке их паром в смесителе пресса-гранулятора, при охлаждении воздушным потоком и при ситовом контроле. Составлен материальный потоковый граф типичной технологической линии и на основании анализа пяти комбикормовых заводов установлено, что величина потока мучнистой фракции, нуждающейся в повторном гранулировании составляет около 12,1...21,0 %. Из-за этого снижается фактическая производительность прессовых установок. Определение удельных затрат электроэнергии на процесс гранулирования, показало, что при пересчете на фактическую производительность технологической линии удельные затраты электроэнергии возрастают более, чем на 20 %. Т.е. снижение крошимости гранул может привести не только к улучшению качества гранулированных комбикормов, но и снижению удельных энергозатрат на процесс гранулирования и повышению производительности пресса-гранулятора.

Величина мучнистой фракции в первую очередь зависит от крошимости гранул, на величину которой большое влияние оказывает способ подготовки комбикорма к гранулированию. В ходе экспериментальных исследований нами установлена различная величина давления прессования рассыпного комбикорма одного и того же рецепта, но подготовленного несколькими способами. Прессованию подвергали комбикорм для кур-несушек типа ПК1-18 со средним размером частиц

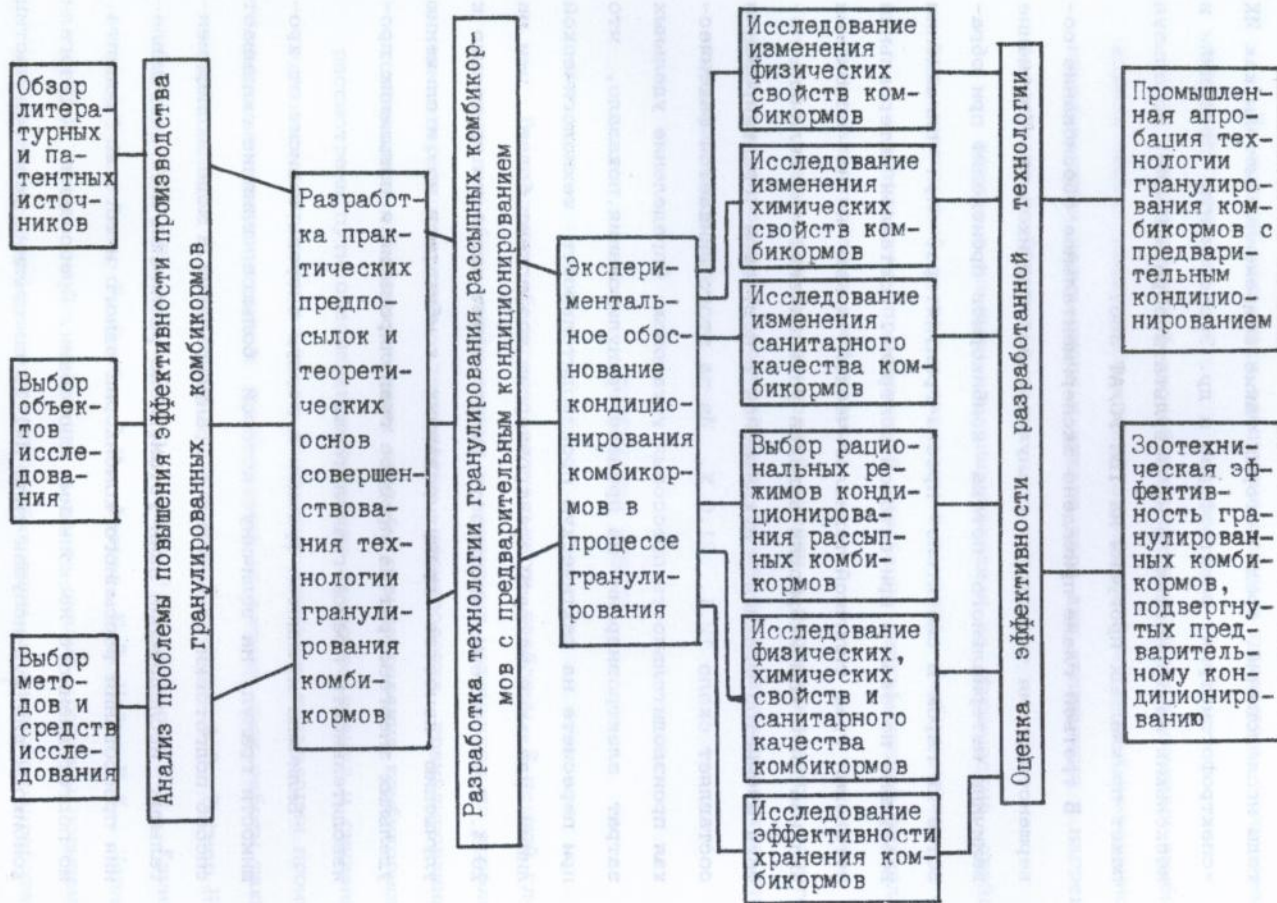


Рис.1. Структурная схема исследования

0,52 мм. Данные приведены в табл.1.

Таблица 1.

Результаты определения давления прессования и крошимости гранул комбикормов, подготовленных различными способами

С п о с о б подготовки комбикорма	Давление прессования, МПа	Крошимость гранул, %
Исходный комбикорм (w=12,5 %, t=21 °С )	33,5	27,0
Увлажненный комбикорм (w=17,0 %, t=21 °С )	22,2	19,3
Нагретый комбикорм (w=12,5 %, t=70 °С )	19,1	15,7
Пропаренный комбикорм (w=17,5 %, t=70 °С )	13,5	10,6

Как видно, наибольшее давление прессования наблюдается при гранулировании исходного комбикорма, а наименьшее при гранулировании комбикорма, подвергнутого предварительному кондиционированию паром. Т.е. для повышения эффективности технологии гранулирования необходима предварительная обработка рассыпного комбикорма паром. Однако существующая технология гранулирования предусматривает кратковременную обработку комбикорма паром, что приводит к неравномерному распределению тепла и влаги, а это в свою очередь снижает прочность гранул и повышает энергозатраты на их получение. В ходе гранулирования комбикорма одного и того же рецепта, но с различной степенью однородности было установлено, что коэффициент неоднородности распределения влаги пропорционален коэффициенту неоднородности комбикорма по составу (рис.2), что

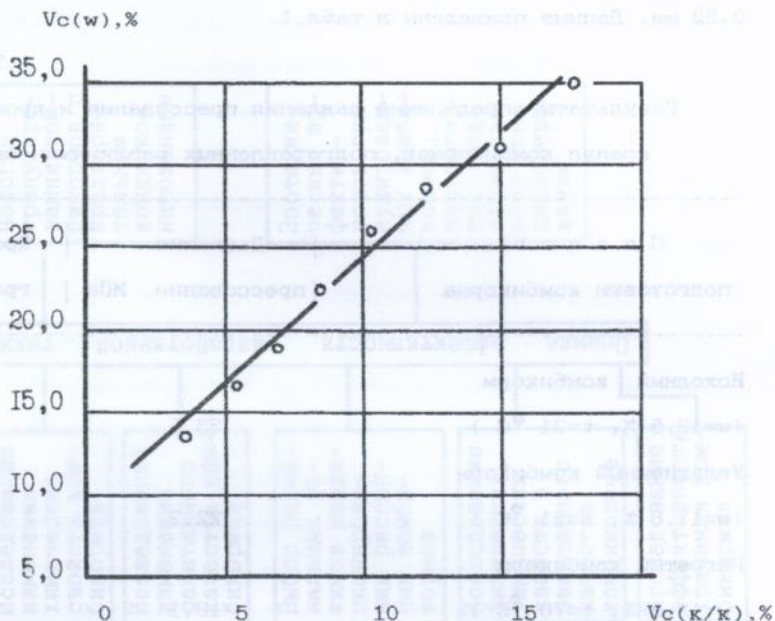


Рис.2. Зависимость коэффициента неоднородности распределения влаги в пропаренном комбикорме ( $V_{c(w)}$ ) от его неоднородности по составу ( $V_c \kappa/\kappa$ ).

хорошо описывается уравнением:

$$V_c(w) = 9,57 + 1,39 * V_c(\kappa/\kappa) \pm 6,7 \% , \quad (1)$$

где  $V_c(w)$  - коэффициент неоднородности распределения влаги в пропаренном комбикорме, %;

$V_c(\kappa/\kappa)$  - коэффициент неоднородности исходного рассыпного комбикорма, %.

Следовательно, необходима технологическая операция, которая позволила бы обеспечить равномерное распределение тепла и влаги в комбикорме. К таким операциям в зерноперерабатывающей промышленности относят кондиционирование, т.е. выдерживание обработанного продукта при определенных условиях для выравнивания его свойств. В ходе исследований рассыпной комбикорм предварительно увлажняли

насыщенным паром до достижения влажности 15,0...18,0 % и выдерживали в термоизолированной емкости, нагревая сухим паром до температуры 60...90 °С в течение 5...90 мин. Изменение физических свойств гранул с диаметром 4,7 мм приведено в табл.2. Как видно,

Таблица 2.

Физические свойства гранулированных комбикормов

Режимы кондиционирования		показатели				
влажность %	температура °С	плотность гранул, кг/м <sup>3</sup>	объемная масса, кг/м <sup>3</sup>	угол*, естественность откоса	кроши-мость, (сито d. 2 мм), %	проход (сито d. 2 мм), %
15,1	60	1070	595	41	14,9	27,0
15,2	70	1100	600	41	13,1	25,2
15,3	80	1110	611	38	11,8	22,1
15,3	90	1150	620	35	10,7	19,3
16,2	60	1100	617	43	9,1	19,0
16,2	70	1120	618	43	8,5	17,8
16,3	80	1150	625	41	7,3	15,9
16,0	90	1200	630	39	6,5	15,5
17,1	60	1240	618	46	7,4	17,0
17,0	70	1290	630	45	5,9	16,1
17,4	80	1320	635	44	4,5	14,3
17,2	90	1370	640	44	3,9	11,7
18,1	60	1270	628	49	10,9	21,8
18,1	70	1290	645	48	10,1	20,0
18,4	80	1300	650	44	8,9	18,4
18,3	90	1300	663	43	9,0	17,5
контроль						
17,5	70	1310	625	44	15,7	31,4

при повышении температуры нагрева прессуемой смеси при одной и той же влажности крошимость гранул и величина прохода через сито с диаметром отверстий 2 мм уменьшаются, плотность гранул увеличивается, возрастает и объемная масса гранул, а угол естественного откоса уменьшается. Наименьшая крошимость гранул и минимальное количество мучнистой фракции отмечены при гранулировании комбикорма, увлажненного до 17 % и нагретого до температуры 80...90 °С, однако выбрать рациональные режимы предварительного кондиционирования по этим показателям невозможно без учета изменения питательной ценности комбикормов.

Об изменении биохимических свойств комбикормов в процессе кондиционирования и последующего гранулирования судили по изменению переваримости белков (*in vitro*) и по содержанию основной незаменимой и наиболее термолабильной аминокислоты - лизина. Результаты приведены на рис.3. и рис.4. Как видно, в результате кондиционирования переваримость белков комбикорма растет, но после обработки в течение 30...40 мин замедляется. Повышение температуры кондиционирования с 60 С до 90 °С ведет к повышению переваримости белков, но при температуре нагрева комбикорма 90 °С в течение 40 и более минут происходит даже снижение переваримости белков очевидно из-за протекания реакции Майяра. Что же касается содержания незаменимой аминокислоты лизина, то увеличение длительности кондиционирования комбикормов при одной и той же температуре привело к снижению содержания лизина, повышение температуры с 60 °С до 90 °С ускоряло процесс разрушения лизина (рис.4.).

Учитывая, что переваримость белков комбикормов максимальна при кондиционировании в течение 40...50 мин при температуре 80..70 °С, степень декстринизации крахмала постоянно, хотя и экспоненциально, возрастает, а наименьшие потери лизина в пределах изменения режимов наблюдаются при кондиционировании в течение 30

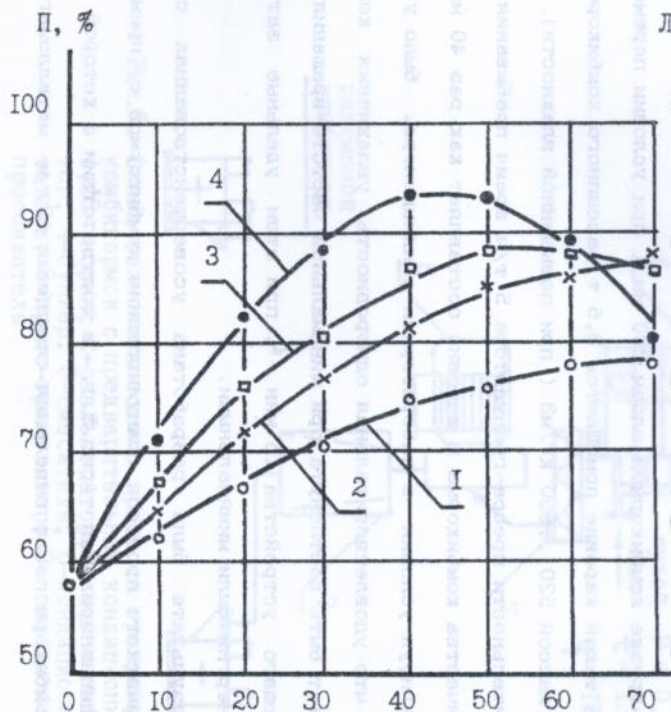


Рис.3. Зависимость переваримости белков (П) от продолжительности кондиционирования комбикорма

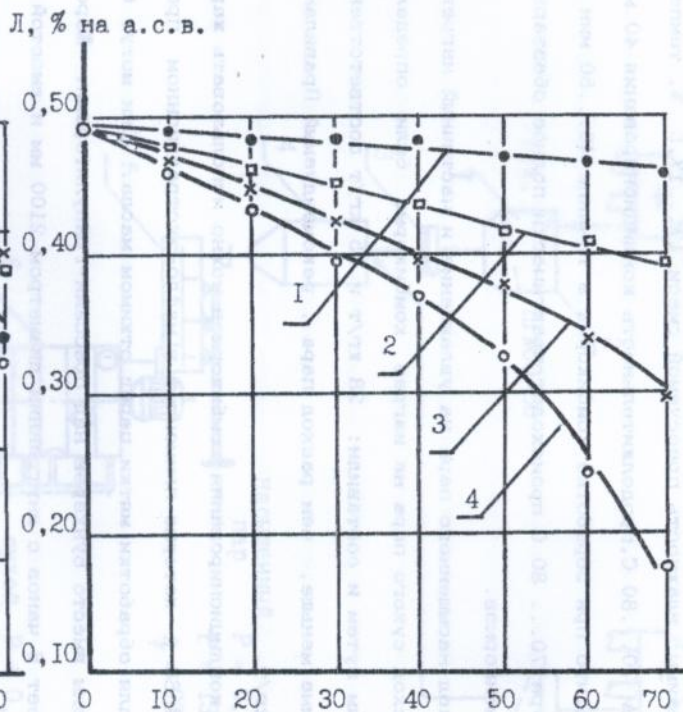


Рис.4. Зависимость содержания лизина (Л) от продолжительности кондиционирования комбикорма

Температура кондиционирования: 1- 60 °С; 2- 70 °С;  
3- 80 °С; 4- 90 °С

...40 мин при температуре 70 С, рациональными можно считать следующие режимы: влажность прессуемой смеси 17...17,5 %, температура смеси 70...80 С, продолжительность кондиционирования 40 мин. Тем более, что при обработке комбикорма в течение 40...50 мин при температуре 70... 80 С происходит практически полное обеззараживание комбикормов.

Расход насыщенного пара на увлажнение и частичный нагрев, а также расход сухого пара на нагрев комбикорма были определены расчетным путем и составили: 28 кг/т и 15 кг/т соответственно, что в сумме меньше, чем расход пара, рекомендуемый Правилами - 50...75 кг/т.

Для кондиционирования комбикормов можно использовать жаровни типа Ж-68, которые применяют в масло-экстракционном производстве для обработки мятки перед отжимом масла. Они могут быть установлены вместо бункеров над прессами-грануляторами. Жаровня Ж-68 имеет 6 чанов с внутренним диаметром 2100 мм и высотой 528 мм. При загрузке комбикормом слоем 300 мм (при условии перемешивания) в такой жаровне помещается 3,5 т рассыпного комбикорма с объемной массой 520...550 кг/м<sup>3</sup> (при повышенной влажности). При производительности пресса-гранулятора 5 т/ч время пребывания такого количества комбикорма в жаровне составляет как раз 40 мин.

Моделируя условия в лабораторном кондиционере, было установлено, что удовлетворительная однородность увлажнения комбикорма может быть достигнута при минимальной частоте вращения перемешивающего устройства 15 мин<sup>-1</sup>, при этом удельные затраты электроэнергии были минимальными.

В результате была разработана усовершенствованная схема технологического процесса гранулирования комбикормов с применением кондиционирования (рис.5.), в соответствии с которой рассыпной комбикорм после выделения случайных (2) и металломагнит-

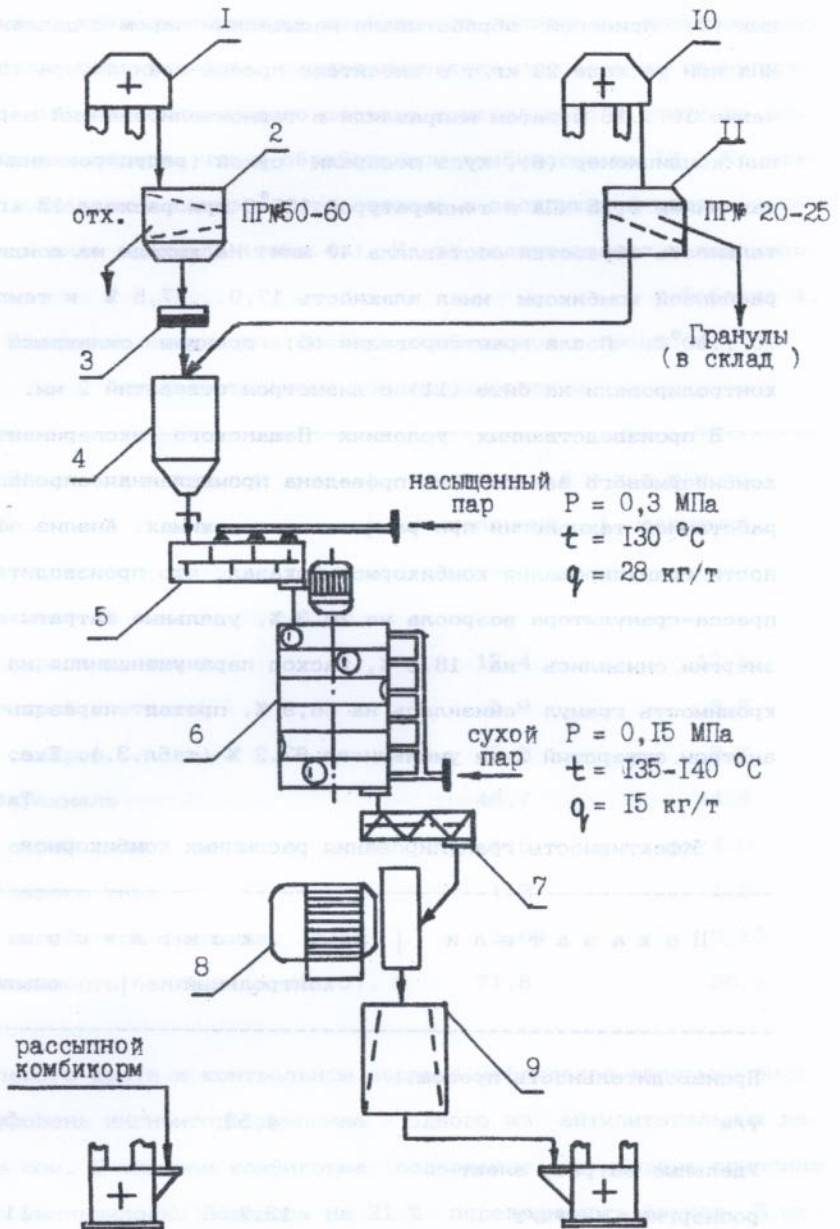


Рис.5. Схема технологического процесса гранулирования комбикормов с предварительным кондиционированием: I, 10- нория; 2-скальператор; 3- магнитный сепаратор; 4-бункер; 5-смеситель; 6-кондиционер; 7-питатель; 8-пресс-гранулятор; 9- охладитель; II- просеиватель

ных (3) примесей обрабатывали насыщенным паром с давлением 0,3 МПа при расходе 28 кг/т в смесителе пресса-гранулятора (5) в течение 10...16 с, затем направляли в термоизолированный вертикальный кондиционер (6), куда подавали сухой (редуцированный) пар с давлением 0,15 МПа и температурой 135°С при расходе 15 кг/т. Длительность обработки составляла 40 мин. На выходе из кондиционера рассыпной комбикорм имел влажность 17,0...17,5 % и температуру 70...80°С. После гранулирования (8) гранулы охлаждали (9) и контролировали на сите (11) с диаметром отверстий 2 мм.

В производственных условиях Пешанского экспериментального комбикормового завода была проведена промышленная апробация разработанной технологии при рациональных режимах. Анализ эффективности гранулирования комбикормов показал, что производительность пресса-гранулятора возросла на 20,3 %, удельные затраты электроэнергии снизились на 18,2 %, расход пара уменьшился на 38,6 %, крошимость гранул снизилась на 66,9 %, проход через сито с диаметром отверстий 2 мм уменьшился 67,2 % (табл.3.). Т.е. предва-

Таблица 3.

Эффективность гранулирования рассыпных комбикормов

Показатели	комбикорм	
	контрольный	опытный
Производительность пресса, т/ч	4,53	5,45
Удельные затраты электроэнергии, кВт*ч/т	13,7	11,2
Расход пара, кг/т	75	46
Крошимость гранул, %	14,8	4,9
Проход через сито d.2 мм, %	30,5	10,0

Предварительное кондиционирование комбикормов привело к существенному повышению эффективности технологического процесса их гранулирования. Изучение химического состава контрольного и опытного комбикормов показало, что в обработанном комбикорме на 12,1 % возросло содержание сахаров, что связано с деструкцией части углеводов в виде крахмала (табл.4.). Из-за содержащегося в комбикор-

Таблица 4.

Изменение химических свойств комбикормов в процессе предварительного кондиционирования

Показатели	комбикорм	
	контрольный	опытный
Содержание, %		
сырого протеина	12,4	12,5
сырой клетчатки	3,9	3,9
сахаров	3,3	3,7
крахмала	46,7	44,8
сырой золы	4,6	4,6
сырого жира	1,3	1,2
ингибитора трипсина, г/кг	0,60	0,13
Переваримость белка, (in vitro), %	71,8	86,9

ме соевого шрота в контрольном образце наблюдался довольно высокий уровень ингибитора трипсина - одного из антипитательных веществ сои. В опытном комбикорме содержание ингибитора трипсина резко уменьшилось. Возросла на 21 % переваримость белков. В результате гранулирования комбикормов по разработанной технологии происходит некоторое снижение количества растворимых фракций белка, что свидетельствует о его частичной денатурации и более

высокой переваримости. В отобранных образцах был определен полный аминокислотный состав белков комбикормов (табл.5). Потери аминокислот были незначительными и не превышали 10 %.

Таблица 5.

Полный аминокислотный состав белков комбикормов

№	Аминокислота	комбикорм	
		контрольный	опытный
1.	Триптофан	0,11/ 0,88 *	0,11/ 0,94
2.	Лизин	0,47/ 3,78	0,42/ 3,60
3.	Гистидин	0,27/ 2,17	0,25/ 2,14
4.	Аммиак	0,21/ 1,69	0,22/ 1,89
5.	Аргинин	0,71/ 5,79	0,69/ 5,92
6.	Аспарагиновая кислота	0,90/ 7,24	0,86/ 7,88
7.	Треонин	0,47/ 3,78	0,43/ 3,69
8.	Серин	0,65/ 5,23	0,59/ 5,06
9.	Глутаминовая кислота	2,67/21,46	2,59/22,21
10.	Пролин	1,11/ 8,92	1,04/ 8,92
11.	Глицин	0,62/ 4,98	0,59/ 5,06
12.	Аланин	0,55/ 4,42	0,57/ 4,89
13.	Валин	0,73/ 5,87	0,75/ 6,43
14.	Метионин	0,21/ 1,69	0,21/ 1,80
15.	Изолейцин	0,56/ 4,50	0,53/ 4,55
16.	Лейцин	0,89/ 7,15	0,90/ 7,72
17.	Тирозин	0,35/ 2,81	0,33/ 2,83
18.	Фенилаланин	0,65/ 5,23	0,59/ 5,06
	Сумма аминокислот	12,44	11,66

\* - в числителе - содержание аминокислоты в расчете на абсолюто-сухое вещество, в знаменателе - в % от суммы.

Санитарно-микробиологические и токсикологические исследования комбикормов были проведены в лабораториях Одесской областной санэпидстанции (табл.6.). Новая технология позволяет получать комбикорма более высокого санитарного качества. Так, общая обсемененность комбикормов микроорганизмами при гранулировании по обычной технологии уменьшилась в 3,15 раза а при гранулировании по разработанной технологии - в 9,3 раза. Такие микроорганизмы, как *E.coli*, *Vac.cereus* и плесневые грибы присутствовали в контрольном комбикорме, в опытном комбикорме они выявлены не были, что свидетельствует о повышении санитарного качества комбикормов. Результаты токсикологической оценки подтвердили возможность использо-

Таблица 6.

Санитарно-микробиологические показатели комбикормов

Показатели	комбикорм		
	исходный	контрольный	опытный
Общая обсемененность, кл/г	9500	3010	1020
Бактерии группы кишеч-			
ной палочки 1,0	не выявл.	не выявл.	не выявл.
<i>E.coli</i> 10,0	0,010	0,001	не выявл.
Патогенные энтеробактерии,			
в т.ч. сальмонеллы 25,0	не выявл.	не выявл.	не выявл.
<i>St. aureus</i> 10,0	не выявл.	не выявл.	не выявл.
<i>Vac. cereus</i> , кол.	4300	1200	не выявл.
Плесневые грибы 1,0, кл/г	7500	30	не выявл.
Дрожжи 1,0, кл/г	1200	не выявл.	не выявл.

вания данных комбикормов для безопасного кормления животных и получения "чистых" продуктов питания.

В 1996 году в период с 12 сентября по 22 октября специалис-

тами отдела кормовых средств и кормления сельскохозяйственных животных АО Долмена на базе собственной свиноводческой фермы при участии специалистов кафедры технологии комбикормов Одесской государственной академии пищевых технологий был проведен научно-хозяйственный опыт по определению зоотехнической эффективности комбикормов, выработанных на Пешанском экспериментальном заводе. Зоотехническую оценку проводили в сравнительном опыте на поросятах-отъемышах крупной белой породы в возрасте около 3-х месяцев. Было отобрано две группы животных по 40 голов в каждой. Среднесуточный прирост живой массы в опытной группе животных был на 10,1 % выше, чем в контрольной группе. Промеры тела также свидетельствовали о лучшем росте подсвинков в опытной группе. Расход кормов, потребленных животными во время опыта в расчете на 1 кг прироста живой массы в опытной группе был на 9,2 % ниже, чем в контрольной группе.

Капитальные вложения, необходимые для модернизации одной технологической линии гранулирования с применением кондиционирования составляют 57000 гривен, срок окупаемости не превышает одного года.

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Установлено существенное влияние способа подготовки рассыпных комбикормов на эффективность технологического процесса их гранулирования. Минимальные давление прессования и крошимость гранул наблюдаются при гранулировании комбикормов с влажностью 17,5 % и температурой 70°C, что достигается обработкой комбикорма паром. Однако существующие способы кондиционирования рассыпных комбикормов отличаются высокими удельными затратами тепловой и электрической энергии, что сдерживает их широкое использова-

ние при производстве комбикормов на промышленных предприятиях.

2. Анализ материального потокового графа существующей технологии гранулирования комбикормов показал, что 12,1...21,0 % гранулированных комбикормов в виде мучнистой фракции поступает на повторное гранулирование, снижая производительность прессовых установок и увеличивая удельные энергозатраты не менее, чем на 20 %.

3. Основной причиной снижения эффективности технологии гранулирования является неоднородность теплофизических свойств рассыпных комбикормов из-за кратковременной и неравномерной обработки их паром. Установлена прямопропорциональная взаимосвязь между неоднородностью рассыпных комбикормов и неоднородностью распределения влаги после обработки комбикорма паром. Гранулирование рассыпных комбикормов с коэффициентом неоднородности более 10 % нецелесообразно.

4. Предложена технологическая операция длительного кондиционирования рассыпных комбикормов, в соответствии с которой рассыпной комбикорм подвергают кратковременному пропариванию, а затем выдерживают в вертикальном термоизолированном кондиционере при постоянном перемешивании и подогревании сухим паром.

5. Кондиционирование приводит к изменению не только физических, но и биохимических и санитарных свойств комбикормов. Так, переваримость белков (in vitro) возрастает и достигает максимальных значений при длительности обработки 40...50 мин при температуре 80...90 °С, потери аминокислот не превышают 5...7 %, но при увеличении температуры обработки до 90 °С и продолжительности обработки свыше 50 мин потери аминокислот, особенно лизина резко возрастают и составляют более 10 %. Степень декстринизации крахмала возрастает экспоненциально при ужесточении режимов обработки.

6. Определены рациональные режимы кондиционирования рассыпных комбикормов перед гранулированием: расход пара в пропаривателе 28 кг/т ( $P=0,3$  МПа,  $t=130^{\circ}\text{C}$ ), расход пара в кондиционере 15 кг/т ( $P=0,15$  МПа,  $t=135-140^{\circ}\text{C}$ ), влажность смеси 17,0...17,5 %, температура смеси 70...80 $^{\circ}\text{C}$ , продолжительность кондиционирования 40...50 мин, максимальная высота слоя комбикорма 0,3 м, частота вращения перемешивающего устройства кондиционера 15 мин<sup>-1</sup>.

7. Промышленная апробация разработанного технологического способа кондиционирования комбикормов показала, что применение длительного кондиционирования привело к увеличению производительности прессов-грануляторов на 20,3 %, снижению удельных затрат электроэнергии на 18,2 %, снижению расхода пара на 38,6 %, снижению крошимости гранул на 66,9 %. Таким образом, предварительное кондиционирование комбикормов приводит к существенному повышению эффективности технологии их гранулирования.

8. Анализ биохимических свойств обработанного комбикорма показал, что кондиционирование его при разработанных режимах приводит к повышению кормовой ценности. Так, содержание простых сахаров увеличилось на 12,1 %, переваримость белков (*in vitro*) возросла на 21,0 %, потери лизина не превышали 10,6 %. Общая обсемененность микроорганизмами уменьшилась более, чем в 9 раз. Бактерии группы кишечной палочки, патогенные энтеробактерии и сальмонеллы не выявлены. Токсикологическая оценка по содержанию тяжелых металлов показала, что они не превышают нормы, а мышьяк, ртуть, афлатоксин В1 и зеараленон не обнаружены.

9. Разработана схема технологического процесса гранулирования рассыпных комбикормов с применением длительного кондиционирования и проведена промышленная ее апробация на Пешанском экспериментальном заводе по производству специальных комбикормов и регенерированного молока, в ходе которой были выработаны опытная

и контрольная партии комбикормов по рецепту ПК 55-10 для откорма молодняка свиней.

10. Проведена биологическая и зоотехническая оценка эффективности гранулированных комбикормов, полученных по новой технологии и установлено, что в опытной группе подсвинков среднесуточные приросты живой массы были на 10,1 % выше, а затраты комбикормов на единицу прироста живой массы были на 9,2 % ниже, чем в контрольной группе животных. Это свидетельствует о высокой кормовой ценности комбикормов и целесообразности их предварительного кондиционирования перед гранулированием.

Основные результаты опубликованы в следующих работах:

1. Егоров Б.В., Мадани А., Кабул Н. Выбор и кондиционирование наполнителя для производства премикса//Тез. докл. 53-й науч. конф. ОТИПП им.М.В.Ломоносова, 20-23 апр. 1993, Одесса, 1993. - С.34.
2. Чайка И.К., Кабул Н., Козак А.А. Энергосберегающая технология производства гранулированных комбикормов// Тез. докл. 54-й науч. конф. ОТИПП им.М.В.Ломоносова, 19-22 апр. 1994, Одесса, 1994. - Ч. I.- С.39.
3. Егоров Б.В., Кабул Н. Достижения и перспективы кондиционирования комбикормов// Тез. докл. 55-й науч. конф. Одесск. госуд. акад. пищ. технологий. -Одесса, 11-14 апр., 1995. - Ч. I. - С. 36.
4. Егоров Б.В., Кабул Н., Шаповаленко О.І. Кондиціонування комбікормів// Харчова і переробна промисловість .- 1995. -N 10. - С.24.

438666

Кабул Нурредін. Вдосконалення технології гранулювання комбікормів. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.02 - технологія зернових, бобових, круп'яних продуктів і комбікормів, Одеська державна академія харчових технологій, Одеса, 1996. Захищається 4 наукових роботи, які містять теоретичне та експериментальне обґрунтування довготривалого кондиціонування комбікормів насиченою та сухою парою перед гранулюванням. Встановлено, що така обробка сприяє рівномірному перерозподілу тепла і вологи в комбікормі, що приводить до зниження питомих витрат енергії. Вивчено вплив кондиціонування на фізичні, біохімічні та санітарні властивості комбікорму. Розроблено вдосконалену технологію гранулювання комбікормів, проведені її промислова апробація та зоотехнічні випробування оброблених комбікормів.

Ключові слова: комбікорм, кондиціонування, гранулювання

Kabul Nurredin. The improvement of the technology of compound feeds pelleting. The thesis for competition of academic degree as a candidate of technical sciences on specialty 05.18.02 - the technology of cereal grain, bean and feedstuffs, the Odessa State Academy of Food Technologies, Odessa, 1996. The 4 scientific works are defended. They deal with the theoretical and the experimental basis of long-term condition of compound feeds by saturated and dry steam. Such treatment rises the homogeneity of warmth and moisture distribution in compound feeds. It proves lowering of specific expenditure of energy. Physical, biochemical and sanitary properties of compound feeds were studied. The improved technology of compound feeds pelleting was elaborated and tested in industry.

The key words: compound feeds, conditioning, pelleting.