

Автореферт.
3.88

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

ЗОТКИН Виктор Иванович

УДК 636.085.55.002.2:66.099.2

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВВОДА МЕЛАССО-КАРБАМИДНОГО
РАСТВОРА В КОМБИКОРМА ПРИ ГРАНУЛИРОВАНИИ

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

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

Одесса – 1985

Работа выполнена во Всесоюзном научно-исследовательском институте комбикормовой промышленности и Всесоюзном ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательском институте зерна и продуктов его переработки.

Научный руководитель — кандидат технических наук
А.И.Орлов

Официальные оппоненты: — доктор технических наук,
профессор Е.М.Мельников
— кандидат технических наук
В.И.Левченко

Ведущая организация — Рижский комбикормовый завод Министерства заготовок Латвийской ССР.

Защита состоится 21 декабря 1985 г. в 13⁰⁰ час. на заседании специализированного совета Д 068.35.01 при Одесском технологическом институте пищевой промышленности имени М.В.Ломоносова, 270039, г.Одесса, ул.Свердлова, 112.

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

Автореферат разослан 20 ноября 1985 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат технических наук,
инженер

А.Ф.Загибалов

13

Актуальность работы. XXVI съезд Коммунистической партии Советского Союза определил основные задачи экономического и социального развития страны в одиннадцатой пятилетке и на период до 1990 года. Одной из задач, стоящих перед сельским хозяйством, является повышение эффективности животноводства. В решении этой задачи важная роль принадлежит комбикормовой промышленности.

Взятый партией курс на интенсификацию общественного животноводства в соответствии с решениями октябрьского (1985 г.) Пленума ЦК КПСС и Продовольственной программой СССР требует дальнейшего увеличения производства комбикормов и повышения их качества. Однако увеличение объемов производства комбикормов сдерживается недостатком белковых видов сырья.

Важным резервом восполнения дефицита протеина при производстве комбикормов для жвачных животных служат небелковые азотистые соединения, в частности, карбамид. Отечественной и зарубежной наукой и практикой доказана возможность замены в рационах жвачных животных до 35% потребности протеина карбамидом. До настоящего времени из-за несовершенства технологии подготовки и переработки карбамида при производстве комбикормов широкого использования в животноводстве он не нашел. Одним из перспективных способов эффективного применения карбамида является растворение его в мелассе и ввод в комбикорма при гранулировании, что способствует при скармливании гранул замедлению распада карбамида на аммиак и углекислый газ в желудке жвачных животных.

Комбикормовая промышленность нашей страны пока не располагает научно обоснованной технологией и оборудованием для непрерывного приготовления мелассо-карбамидного раствора и ввода его в

комбикорма при гранулировании

ОНАХТ

18.09.13

Разработка технологи



v015148

Одесский технологический институт пищевой промышленности им. А. В. Лавренсона
БИБЛИОТЕКА

указанных вопросов predetermined выбор темы диссертационной работы.

Цель работы. Целью исследования является разработка и обоснование технологии непрерывного приготовления мелассо-карбамидного раствора и ввода его в комбикорма при гранулировании. Для достижения указанной цели поставлены и решены следующие задачи:

изучены физико-механические свойства карбамида и мелассо-карбамидных растворов;

обоснованы технологически рациональное соотношение карбамида и мелассы и процесс непрерывного растворения карбамида в мелассе;

разработана технология производства гранулированных комбикормов с вводом мелассо-карбамидных растворов;

определены оптимальные режимы прессующей установки при выработке гранулированных комбикормов с мелассо-карбамидным раствором;

обоснована технико-экономическая эффективность производства и использования гранулированных комбикормов с вводом мелассо-карбамидных растворов.

Научная новизна. Впервые разработана технология непрерывного приготовления мелассо-карбамидных растворов; получены математические зависимости процесса гранулирования комбикормов, содержащих мелассо-карбамидные растворы, на основе которых определены оптимальные значения основных влияющих факторов; предложена конструкция центробежного смесителя непрерывного действия (смесителя-растворителя), позволяющая получать мелассо-карбамидные растворы непрерывно в потоке.

Практическая ценность работы и реализация результатов. Разработана схема технологического процесса подготовки и ввода растворенного в мелассе карбамида в комбикорма. Обосновано тех-

нологически рациональное соотношение карбамида и мелассы. Определены оптимальные режимы процесса гранулирования комбикормов, содержащих мелассо-карбамидные растворы, для жвачных животных. Предложена конструкция центробежного смесителя непрерывного действия (смесителя-растворителя).

Разработаны исходные требования на установку для непрерывного растворения карбамида в мелассе производительностью 5 т/ч, которые утверждены Министерством заготовок СССР 21.03.80 г. Изготовлен опытный образец установки для растворения карбамида в мелассе марки Б6-ДКА производительностью 5 т/ч. По результатам приемочных испытаний опытного образца установки Б6-ДКА, проведенных Харьковской машиноиспытательной станцией Министерства заготовок СССР (протокол № 25 /935/ 83), межведомственная приемочная комиссия рекомендует установку для растворения карбамида в мелассе Б6-ДКА к постановке на серийное производство (акт № 27-51-20-83 от 20.12.83 г.).

Основные результаты работы внедрены на Воронежском экспериментальном комбикормовом заводе ВНИИКП и Плуингеском комбинате хлебопродуктов.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались: на Всесоюзном совещании по использованию карбамида в комбикормах для жвачных животных (г. Воронеж, 1974), на Республиканском совещании по производству кормосмесей и комбикормов с карбамидом (г. Ростов-на-Дону, 1975), на юбилейной конференции ВНИИКП (г. Воронеж, 1978), на научной конференции молодых специалистов и аспирантов ВНИИЗ (г. Москва, 1978), на Ученом совете ВНИИКП (г. Воронеж, 1975, 1978, 1979).

Результаты исследований демонстрировались на ВДНХ СССР в 1976 г. и были удостоены серебряной медали.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов и рекомендаций, списка использованной литературы, включающего 169 наименований, в том числе 28 иностранных, 12 приложений. Работа изложена на 100 страницах машинописного текста, содержит 23 рисунка и 15 таблиц.

Публикация результатов. По теме диссертации опубликовано 9 статей и получено авторское свидетельство на изобретение № 709148 "Центробежный смеситель непрерывного действия".

На защиту выносятся:

- технология непрерывного приготовления мелассо-карбамидного раствора и ввода его в комбикорма при гранулировании;
- математические зависимости и оптимальные параметры процесса гранулирования комбикормов, содержащих мелассо-карбамидный раствор, при использовании прессов-грануляторов с кольцевой матрицей;
- конструкция центробежного смесителя непрерывного действия (смесителя-растворителя);
- установка для непрерывного растворения карбамида в мелассе производительностью 5 т/ч.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе проведен анализ источников литературы по технологии производства и использованию комбикормов и кормосмесей с вводом карбамида в нашей стране и за рубежом.

Исследованию вопросов использования и технологии производства комбикормов с вводом карбамида и других небелковых азотистых соединений в сухом и жидком виде посвящены работы Н.А.Шманенкова, А.В.Модянова, В.Я.Максакова, Л.Е.Долгорученко, М.С.Дудкина, И.П.Дьякова, Н.П.Черняева, И.К.Чайки и др. Обобщение результатов исследований показывает многообразие и сложность этих

процессов, целесообразность изыскания новых способов и средств ввода карбамида в комбикорма.

Теоретические и экспериментальные работы по гранулированию комбикормов в нашей стране выполнены рядом исследователей, в том числе Н.И.Полуниной, В.Т.Егоровым, Г.А.Винниковым, Г.Я.Фарманом, М.В.Порилой, А.Д.Чмырем, А.И.Рыбаком, В.И.Левченко и др. Анализ рассмотренных работ позволил установить, что основные вопросы технологии гранулирования комбикормов и других продуктов органического происхождения исследованы достаточно полно. В то же время в стране отсутствует научно обоснованная технология гранулирования комбикормов с мелассо-карбамидным раствором. Не отработаны рациональные режимы и параметры получения мелассо-карбамидных растворов и гранулирования комбикормов для жвачных животных с их вводом.

Глава вторая посвящена выбору объектов исследования, изложению методик исследований процесса растворения карбамида в мелассе и гранулирования комбикормов, содержащих мелассо-карбамидные растворы. Приведено описание экспериментальных установок, средств, приборов и методов измерения и регистрации параметров процессов.

В качестве объектов исследования использованы гранулированный карбамид (ГОСТ 2081-75), меласса свекловичная (ОСТ 18-395-82), мелассо-карбамидные растворы при соотношении 2,5:1,0 и комбикорм рассыпной и гранулированный по рецепту (табл. I).

Определение физико-механических свойств и показателей качества компонентов, рассыпных и гранулированных комбикормов для крупного рогатого скота проводили стандартизованными методами.

Для реализации поставленных задач исследований были разработаны и созданы лабораторные и экспериментальные установки.

Состав рецепта

Наименование компонентов:	Содержание компонентов в рецепте, %
Ячмень	30,0
Кукуруза	12,0
Овес	10,0
Отруби пшеничные	30,0
Шрот подсолнечный	8,0
Мел	1,0
Соль	1,0
Премикс П 60-I	1,0
Карбамид	2,0
Меласса	5,0

Лабораторная установка для изучения процесса растворения карбамида в мелассе состоит из мешалки с регулируемым электроприводом, емкости и подогревателя. Экспериментальная установка для исследования процесса непрерывного растворения карбамида в мелассе включает дозаторы карбамида и мелассы, смеситель-растворитель, емкости и пульт управления. В состав экспериментальной установки для гранулирования комбикормов входят смеситель МС-50, лабораторный пресс-гранулятор фирмы "Саймон-Хессен", охладитель гранул, пульт с контрольно-измерительной аппаратурой.

При проведении опытов на установке по приготовлению меласо-карбамидных растворов определяли качество получаемого продукта, производительность и удельный расход электроэнергии в зависимости от величины зазора между истирающими поверхностями, подачи компонентов мелассы и карбамида.

Для отыскания оптимальных значений факторов при одновременном их действии в исследовании процесса гранулирования комбикормов применяли метод математического планирования экспериментов. В процессе проведения опытов на лабораторном прессе-грануляторе

использовали матрицу с отверстиями диаметром 9,7 мм. Мощность, потребляемую прессом, определяли по показаниям комплекта электроизмерительного К-506, класса точности 0,5. Зазор между валком и матрицей устанавливали и измеряли с точностью 0,01 мм при помощи щупа. Для измерения температуры подаваемого в смеситель пара, а также температуры пропаренного комбикорма и готовых гранул использовали хромелькопелевые термопары и потенциометр ЭШ-09 класса точности 0,5. Расход пара регистрировали самопишущим дифманометром ДП-710Р, давление пара измеряли манометром МС-610. По показаниям амперметра измерительного комплекта К-506 устанавливали необходимую нагрузку на пресс.

В третьей главе приведены результаты экспериментальных исследований по разработке технологии непрерывного приготовления мелассо-карбамидных растворов и ввода их в комбикорма при гранулировании.

1. Изучение технологических свойств гранулированного карбамида в зависимости от его влажности

Гранулированный карбамид относится к продуктам с высокой гигроскопичностью. При растаривании, транспортировании и хранении карбамида насыпью в силосах его свойства изменяются за счет поглощения влаги из окружающей среды. Исследования показали, что увеличение влажности карбамида от 0,25 до 1,72% приводит к ухудшению его технологических свойств. Сыпучесть карбамида уменьшается с 38,2 см/с до 33,1 см/с, угол естественного откоса возрастает с 33 до 42 градусов. Это объясняется тем, что при высокой влажности карбамида гранулы начинают слипаться и уменьшается возможность относительного их перемещения. При проектировании и монтаже линий ввода карбамида следует применять самотеки и днища оперативных емкостей с углом наклона не менее 50 градусов.

Опытами установлено, что при указанных значениях влажности

карбамид слеживается и требует измельчения до величины частиц не более 5 мм на жмыхоломаче или валковой дробилки.

2. Исследование процесса растворения карбамида в мелассе

Растворение карбамида в мелассе проводили на лабораторной мешалке при изменении температуры в мелассе в интервале 20... 60°C и весовых соотношениях этих компонентов 1:1; 1:1,5; 1:2; 1:2,5; 1:3,0. Карбамид использовали с учетом его агрегатного состояния: гранулированный (размер гранул от 1 до 4 мм) и размолотый (характеризующийся остатком на сите № 1 с ячейками размером 1x1 мм не более 5%). Опытами установлено, что растворение карбамида в мелассе при их соотношении до 1:2,5 не позволяет получать устойчивые растворы в процессе хранения из-за выкристаллизации карбамида. Исследования показали, что при одинаковых условиях продолжительность растворения измельченного карбамида в мелассе в 10 раз меньше, чем гранулированного (рис. 1). Это объясняется наличием большой активной поверхности у измельченных продуктов. Однако измельчение карбамида на молотковых дробилках затруднительно, так как он плавится и "замазывает сита". В связи с этим предложен метод измельчения гранулированного карбамида до среднего размера частиц не более $0,4 \cdot 10^{-3}$ м с добавлением мелассы с одновременным их смешиванием в центробежном смесителе непрерывного действия (смесителе-растворителе) при следующих режимах: частота вращения ротора 50 с^{-1} ; зазор между истирающими поверхностями $0,3 \dots 0,4 \cdot 10^{-3}$ м. Оптимальным соотношением карбамида и мелассы принято 1:2,5.

3. Разработка технологии непрерывного приготовления мелассо-карбамидных растворов

Полученные результаты исследований послужили основой для разработки экспериментального образца установки и технологии

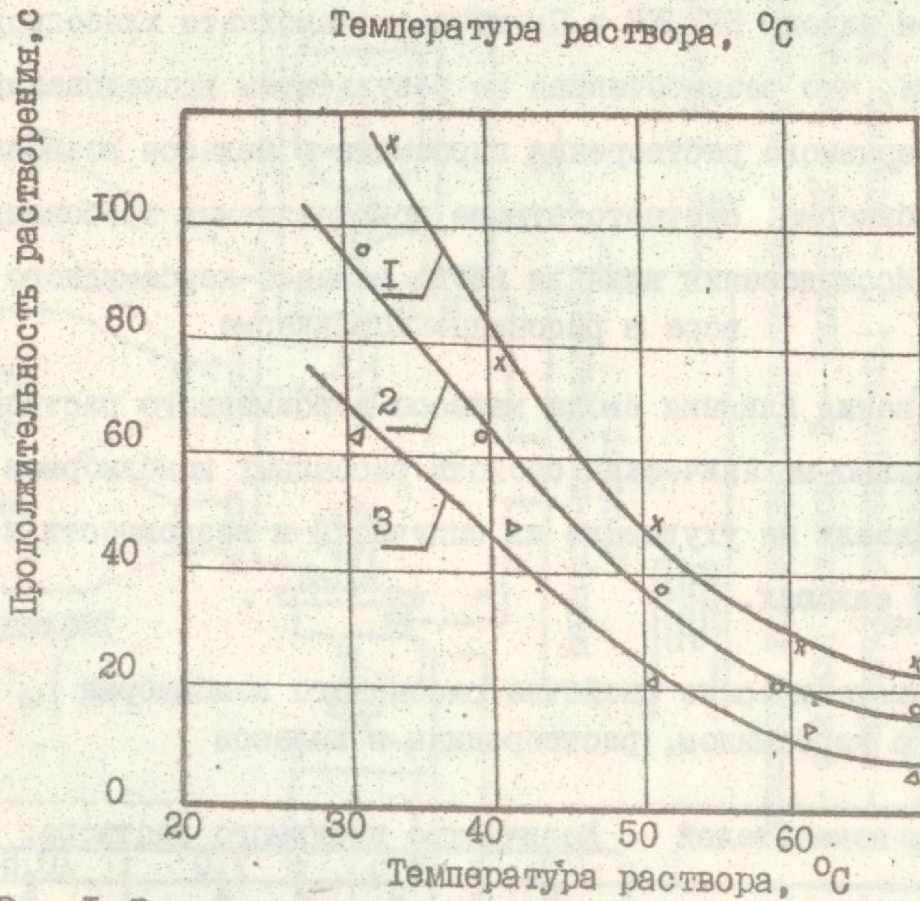
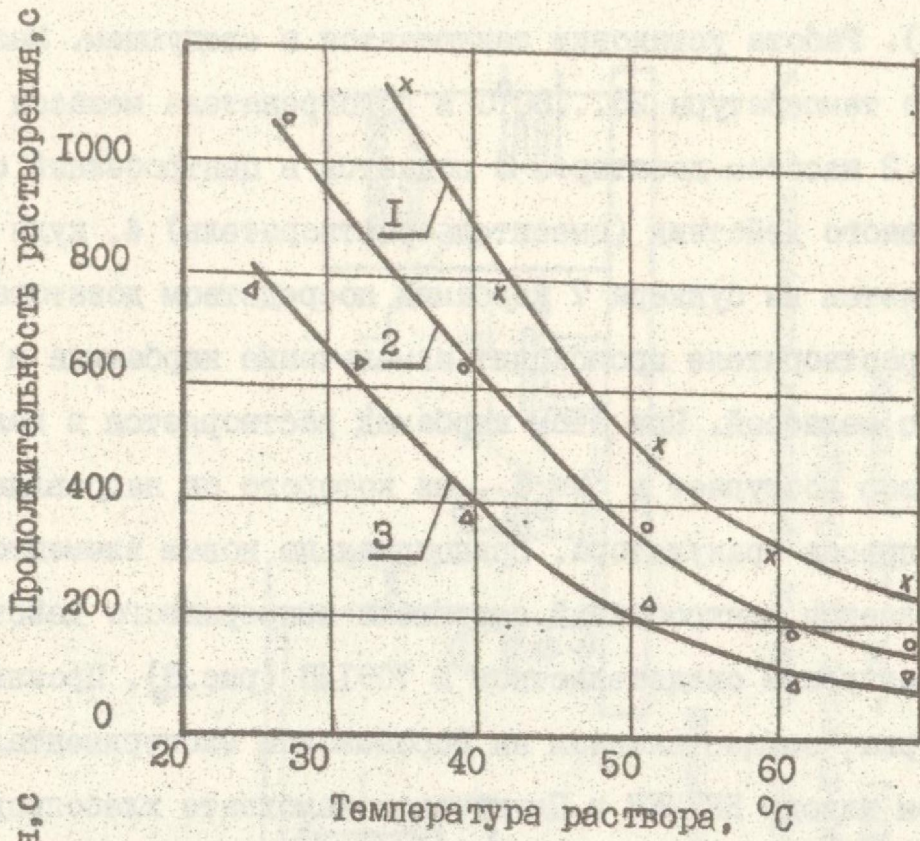


Рис. I Зависимость продолжительности растворения гранулированного (а) и измельченного (б) карбамида в мелассе от температуры раствора при различном весовом соотношении карбамида и мелассы: 1-1:2,0; 2-1:2,5; 3-1:3,0.

непрерывного растворения карбамида в мелассе производительностью 5 т/ч (рис.2). Работа установки заключается в следующем. Меласса, подогретая до температуры 25...30°C в подогревателе мелассы I, через фильтр 2 насосом-дозатором 3 подается в центробежный смеситель непрерывного действия (смеситель-растворитель) 4, куда одновременно подается из бункера 7 карбамид посредством дозатора 5. В смесителе-растворителе происходит измельчение карбамида и смешивание его с мелассой. При этом карбамид растворяется в мелассе. Готовый раствор поступает в бак 6, из которого он направляется в смеситель пресса-гранулятора. Принципиально новым элементом в установке является центробежный смеситель непрерывного действия, защищенный авторским свидетельством № 709148 (рис.3). Производственная проверка, осуществленная на Воронежском экспериментальном комбикормовом заводе ВНИИКП и Плунгеском комбинате хлебопродуктов, показала, что разработанная по результатам исследований технология непрерывного растворения карбамида в мелассе позволяет получать комбикорма, соответствующие предъявляемым требованиям.

4. Исследования влияния ввода мелассо-карбамидного раствора в рассыпные комбикорма

Исследования влияния ввода мелассо-карбамидного раствора на изменение физико-механических свойств рассыпных комбикормов (табл.2) показали на ухудшение их сыпучести и возможности к слеживанию их в siloвах.

Таблица 2

Физико-механические свойства рассыпного комбикорма с карбамидом, растворенным в мелассе

Наименование показателей	Количество вводимого раствора, %			
	0	3,5	7,0	10,5
1	2	3	4	5
Влажность, %	11,0	11,6	12,5	13,3
Объемная масса, кг/м ³	516	505	480	462

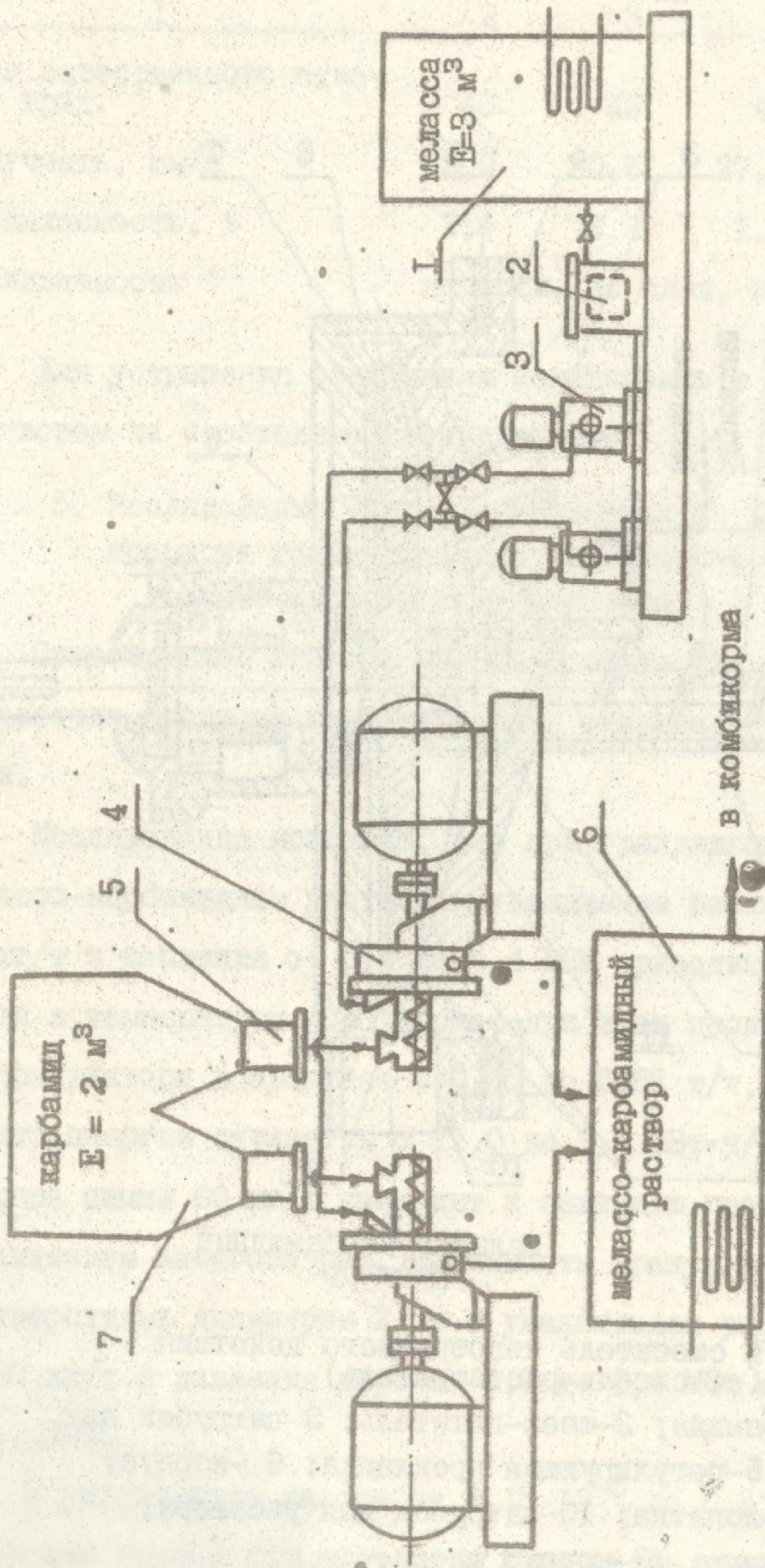


Рис. 2 Установка непрерывного растворения карбамида в мелассе производительностью 5 т/ч:

- 1 - бак для мелассы; 2 - фильтр; 3 - насос-дозатор НД 2500/10;
 4 - смеситель-растворитель; 5 - дозатор ДТК; 6 - бак для раствора;
 7 - бункер для карбамида.

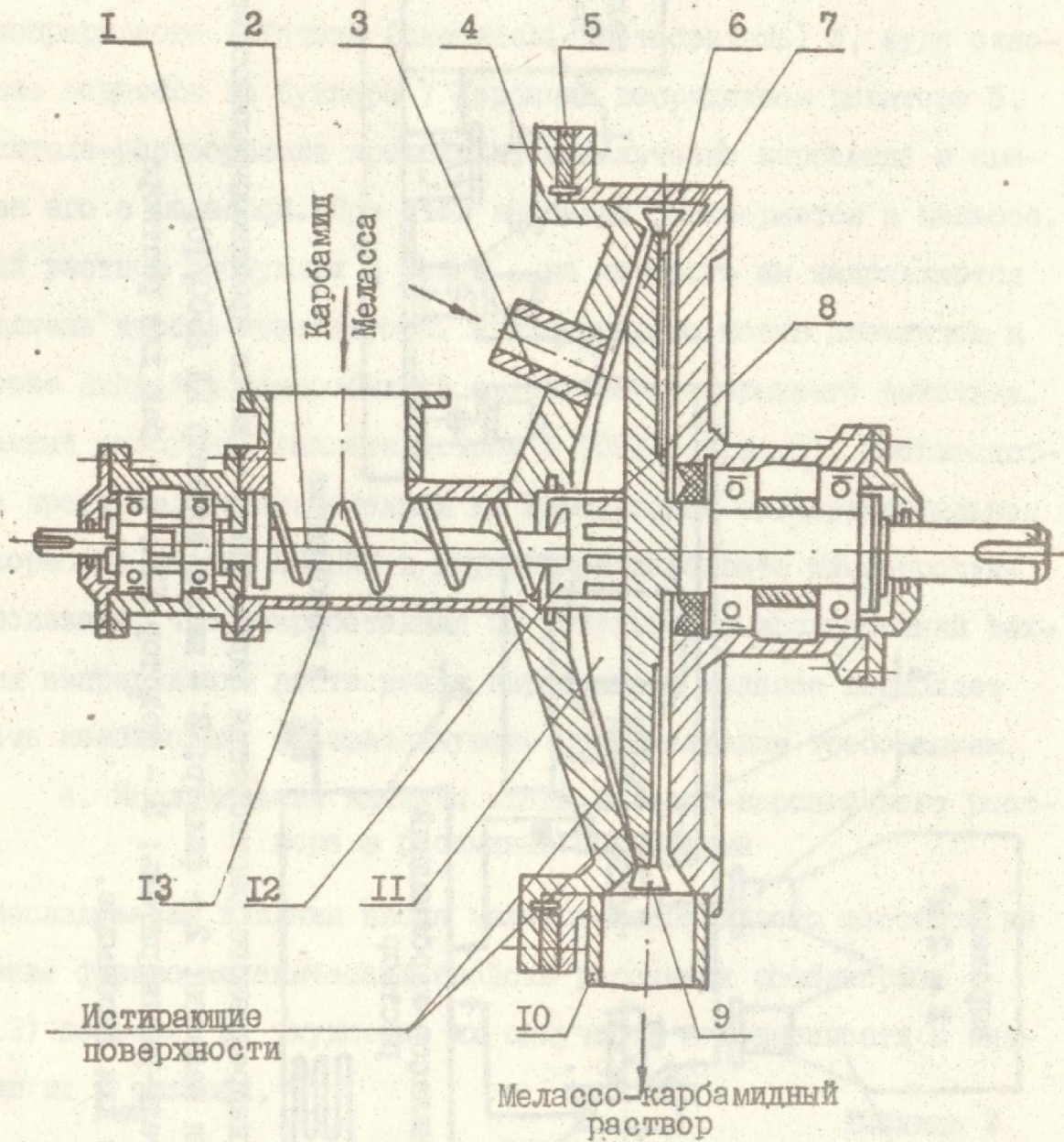


Рис. 3 Центробежный смеситель непрерывного действия
(смеситель-растворитель)

I-патрубок для карбамида; 2-шнек-питатель; 3-патрубок для
мелассы; 4-крышка; 5-регулирующая прокладка; 6-корпус;
7-ротор; 8-окна; 9-лопатка; 10-патрубок для раствора;
II-лопасть; I2-цилиндр; I3-корпус шнека.

I	2	3	4	5
Угол естественного откоса, град.	40	42	43	45
Сыпучесть, см/с	32,0	30,6	27,5	26,7
Распыляемость, %	2,6	2,2	1,6	1,3
Слеживаемость	не слез.	не слез.	комкует.	слежив.

Для устранения слеживания комбикормов с мелассо-карбамидным раствором их необходимо гранулировать.

5. Исследование факторов, влияющих на эффективность процесса гранулирования комбикормов с вводом мелассо-карбамидного раствора

Существенное влияние на технологические и энергетические показатели процесса гранулирования оказывает расход и давление пара.

Исследования показали, что при гранулировании комбикормов с мелассо-карбамидным раствором увеличение расхода пара от 10 до 60 кг/т и давления от 0,2 до 0,4 МПа приводит к увеличению влажности и температуры комбикорма, при этом производительность прессы-гранулятора возрастает с 0,55 до 0,85 т/ч, а удельный расход электроэнергии снижается с 17,0 до 9,0 кВт·ч/т. Увеличение расхода пара свыше 60 кг/т приводит к снижению производительности с увеличением энергозатрат. Крошимость гранул и проход через сито с отверстиями диаметром 2 мм с увеличением расхода пара от 10 до 60 кг/т и давления пара от 0,2 до 0,4 МПа снижается на 6,0...10%.

С увеличением зазора от $0,15 \cdot 10^{-3}$ до $0,8 \cdot 10^{-3}$ м производительность прессы повышается, а крошимость гранул снижается до 3%. Увеличение зазора свыше $0,8 \cdot 10^{-3}$ м приводит к образованию на

внутренней поверхности матрицы значительного слоя продукта, который не успевает продавливаться за один оборот, что ведет к снижению производительности и ухудшению качества гранул.

Увеличение подачи продукта приводит к повышению производительности пресса-гранулятора с одновременным уменьшением удельного расхода электроэнергии. Однако при увеличении подачи продукта свыше 0,9 т/ч наблюдается ухудшение показателей качества гранул. Продукт не успевает пройти через отверстия матрицы и происходит "забивание" прессующего узла.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что наиболее эффективными условиями гранулирования комбикормов для крупного рогатого скота с вводом мелассо-карбамидного раствора в количестве 7% являются: расход пара 40...60 кг/т при его давлении 0,3...0,4 МПа. Рабочий зазор между прессующим роликом и матрицей должен быть $0,5...0,8 \cdot 10^{-3}$ м.

Результаты проведенных однофакторных экспериментов не позволяют установить оптимальные параметры процесса гранулирования комбикормов, содержащих мелассо-карбамидные растворы. Для их оптимального сочетания применен метод математического планирования эксперимента. На основании априорной информации о процессе и полученных результатах однофакторных экспериментов отмечено существенное влияние на процесс гранулирования четырех факторов: величины подачи продукта $Q (X_1)$, величины расхода пара $G (X_2)$, величины давления пара $P (X_3)$, величины зазора между валком и матрицей $S (X_4)$. Пределы варьирования факторов выбраны на основании предварительно проведенных исследований.

Критериями оптимизации выбраны крошимость гранул $K (Y_1)$ и затраты электроэнергии на получение гранул $A (Y_2)$. Для отыскания оптимального сочетания факторов был спланирован и поставлен экспе-

римент по D-оптимальному плану типа В₅. После реализации эксперимента проведена статистическая обработка полученных данных, заключающаяся в определении коэффициентов регрессии, дисперсии воспроизводимости, значимости полученных коэффициентов и адекватности моделей. Получены математические зависимости процесса гранулирования комбикормов, содержащих мелассо-карбамидные растворы, адекватно описывающие исследуемый процесс:

$$Y_1 = 4,77 - 1,51 X_2 - 1,03 X_3 + 0,31 X_4 + 1,03 X_2^2 + 0,33 X_4^2 - 0,51 X_2 X_3 \quad (1)$$

$$Y_2 = 8,37 + 0,79 X_1 - 3,4 X_2 - 1,49 X_3 + 0,70 X_4 + 2,53 X_2^2 + 0,3 X_2 X_3 \quad (2)$$

Для решения поставленной задачи был использован метод поиска оптимальных значений исследуемых факторов способом случайного перебора в сочетании с методом последовательных приближений.

Поиск численных значений факторов в области оптимума осуществляли на ЭВМ "ЕС-1022". Были получены следующие значения факторов, при которых гранулирование комбикормов с мелассо-карбамидным раствором дает наилучшие результаты: подача продукта - 0,7...0,8 т/ч, расход пара - 50...55 кг/т, давление пара - 0,3...0,4 МПа, зазор между валком и матрицей - 0,5...0,7 · 10⁻³ м.

Оптимальные значения параметров были проверены в лабораторных и производственных опытах. Установлено, что математические зависимости с достаточной полнотой отображают реальный процесс и полученное значение параметров можно считать оптимальным. При этом крошимость гранул и удельный расход электроэнергии соответственно равны 5,1% и 8,7 кВт·ч/т.

В четвертой главе представлены результаты производственной проверки технологии приготовления и ввода мелассо-карбамидного раствора в комбикорма при гранулировании на Воронежском экспериментальном комбикормовом заводе ВНИИКП и Плунгеском комбинате хлебопродуктов. Рекомендуемая технологическая схема подготовки

Одесский технологический институт пищевой промышленности им. М. В. Ломоносова

БИБЛИОТЕКА

✓ 0 15 148
с.в. 15 148 В

и ввода растворенного в мелассе карбамида в комбикорма представлена на рис.4.

Экономический эффект от внедрения в комбикормовой промышленности одной установки для растворения карбамида в мелассе Б6-ДКА составляет 4700 руб.

Пятая глава посвящена технико-экономической эффективности производства и использования гранулированных комбикормов, содержащих мелассо-карбамидные растворы. Выполнен расчет экономической эффективности использования результатов исследований в народном хозяйстве.

Зоотехническая оценка использования гранулированных комбикормов с карбамидом молодняком крупного рогатого скота проводилась в колхозе "Подгорное" Воронежской области. Опыты выполнены в зоотехнической лаборатории ВНИИКП под руководством И.П.Дьякова.

Народнохозяйственный экономический эффект составляет 1,12 руб. при использовании 1 тонны гранулированных комбикормов с мелассо-карбамидным раствором, приготовленным по разработанной технологии.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Обоснована возможность технологии непрерывного приготовления мелассо-карбамидного раствора и ввода его в комбикорма при гранулировании.

2. Установлено, что с целью снижения продолжительности растворения карбамида в мелассе его необходимо измельчать до среднего размера частиц не более $0,4 \cdot 10^{-3}$ м. Рациональным соотношением карбамида и мелассы является 1:2,5.

3. Для приготовления мелассо-карбамидного раствора предложена конструкция центробежного смесителя непрерывного действия

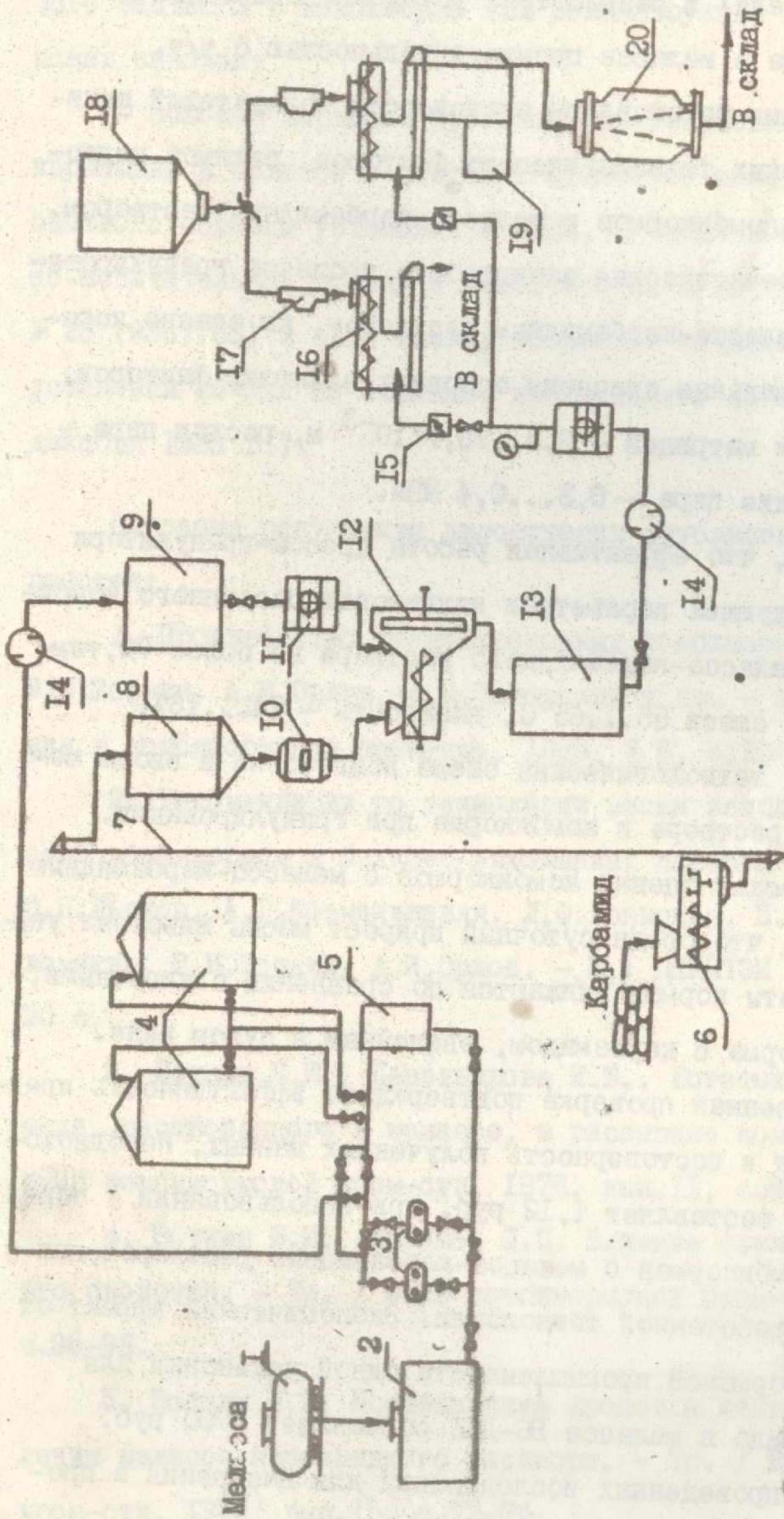


Рис. 4 Технологическая схема подготовки и ввода карбамида, растворенного в мелассе, в комбикорма: 2-железнодорожная цистерна; 3-приемный резервуар; 4-емкость для хранения мелассы; 5-промышленная емкость; 6-разрыхлитель карбамида; 7-нория; 8-бункер для карбамида; 9-емкость для хранения карбамида; 10-дозатор; 11-насос-дозатор ИД; 12-смешитель-растворитель; 13-расходомер ИР-5III; 14-фильтр; 15-фильтр; 16-мелассосмеситель ДАК; 17-расходомер РВД-7I; 18-бункер для распыленного комбикорма; 19-пресс гранулятор; 20-охладитель.

(смесителя-растворителя) и разработана установка непрерывного растворения карбамида в мелассе производительностью 5 т/ч.

4. Исследованиями установлены зависимости показателей качества гранул от основных технологических факторов, режимов подготовки и прессования комбикормов с мелассо-карбамидным раствором.

5. Получена математическая зависимость процесса гранулирования комбикормов с мелассо-карбамидным раствором, на основе которой определены оптимальные значения основных влияющих факторов: зазор между валком и матрицей - $0,5 \dots 0,7 \cdot 10^{-3}$ м, расход пара - $50 \dots 55$ кг/т, давление пара - $0,3 \dots 0,4$ МПа.

6. Установлено, что эффективная работа пресса-гранулятора достигается при следующих параметрах подготовки рассыпного комбикорма: количество мелассо-карбамидного раствора не более 7%, температура прессуемой смеси $55 \dots 65^{\circ}\text{C}$, влажность - $14 \dots 16\%$.

7. Разработана технологическая схема подготовки и ввода мелассо-карбамидного раствора в комбикорма при гранулировании.

8. Зоотехническая оценка комбикормов с мелассо-карбамидным раствором показала, что среднесуточный прирост массы животных увеличивается, а затраты кормов снижаются по сравнению с животными, получавшими комбикорма с карбамидом, введенным в сухом виде.

9. Производственная проверка подтверждает эффективность предложенной технологии и достоверность полученных данных. Народнохозяйственный эффект составляет 1,12 руб. при использовании 1 тонны гранулированных комбикормов с мелассо-карбамидным раствором, приготовленных по разработанной технологии. Экономический эффект от внедрения в комбикормовой промышленности одной установки для растворения карбамида в мелассе Б6-ДКА составляет 4700 руб.

10. Исходя из проведенных исследований для внедрения в промышленность можно рекомендовать:

- технологическую схему подготовки и ввода мелассо-карбамидного раствора в комбикорма при реконструкции и проектировании новых заводов;

- освоить серийное производство установки для растворения карбамида в мелассе с учетом результатов приемочных испытаний опытного образца установки Б6-ДКА, проведенных Харьковской машино-испытательной станцией Министерства заготовок СССР (протокол № 25 (935) 83) и акта межведомственной комиссии о постановке установки Б6-ДКА на серийное производство (№ 27-51-20-83 от 20 декабря 1983 г.).

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Производство гранулированных комбикормов с карбамидом / В.И.Зоткин, А.И.Орлов, А.И.Саломатин и др. - Мукомольно-элеваторная и комбикормовая пром-сть, 1975, № 8, с.20-21.

2. Рекомендации по технологии ввода карбамида при производстве комбикормов и белково-витаминных добавок / А.А.Чемодуров, О.П.Дьяков, А.Г.Козманишвили, Л.Ф.Левицкая, В.Я.Деменко, А.И.Саломатин, В.И.Зоткин, А.И.Орлов. - М.: ЦНИИТЭИ Минзага, 1975. - 20 с.

3. Зоткин В.И., Деветьярова Н.В., Богатых Ю.В. Ввод карбамида, растворенного в мелассе, в рассыпные комбикорма. - Тр. / ВНИИ комбикормовой пром-сти, 1976, вып. II, с.3-6.

4. Зоткин В.И., Любимов С.П. Влияние влажности карбамида на его свойства. - Тр. / ВНИИ комбикормовой пром-сти, 1978, вып. I4, с.95-96.

5. Зоткин В.И. Исследование процесса непрерывного приготовления мелассо-карбамидного раствора. - Тр. / ВНИИ комбикормовой пром-сти, 1979, вып. I5, с.72-74.

6. Зоткин В.И., Мещеряков В.С. Приготовление мелассо-карбамидного раствора без подогрева. - Мукомольно-элеваторная и комбикормовая пром-сть, 1979, № 2, с.20-21.

7. А.с. 709148 (СССР). Центробежный смеситель непрерывного действия / В.С.Мещеряков, В.И.Зоткин - Оpubл. в Б.И., 1980, № 2.

8. Исследование процесса гранулирования комбикормов и экструдирования карбамидного концентрата, содержащих карбамид с кондиционирующими добавками / И.П.Дьяков, С.П.Любимов, В.И.Зоткин и др. Хранение и переработка зерна. ЦНИИТЭИ Минзага, сер.: Комбикормовая пром-сть, 1981, вып.6, с.3-7.

9. Дьяков И.П., Зоткин В.И., Перелыгин В.А. Эффективность карбамида с кондиционирующими добавками в составе комбикормов. - Химия в сельском хоз-ве, 1983, № 4, с.42-45.

10. Зоткин В.И. Исследование оптимизации процесса гранулирования комбикормов, содержащих мелассо-карбамидный раствор. - Тр./ВНИИ комбикормовой пром-сти, 1984, вып.24, с.32-33.

В.И. Зоткин