

Автореф
Е 90

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
им. М. В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

ЕГОРОВ Богдан Викторович

УДК 633.34:636.085.64

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВЛАГОТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ СОИ

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

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
им. М.В.Ломоносова

На правах рукописи

Дереуэт 19.87

ЕГОРОВ Богдан Викторович

УДК 633.34:636.085.64

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВЛАГОТЕПЛОВОЙ
ОБРАБОТКИ СОИ

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

02.12.11
Разработка технологи



v015037

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса- 1985

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

Научный руководитель - кандидат технических наук,
доцент И. К. ЧАЙКА

Официальные оппоненты: - доктор технических наук,
профессор Е. М. МЕЛЬНИКОВ

- доктор технических наук,
профессор Н. В. ОСТАПЧУК

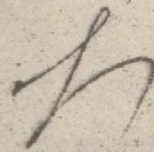
Ведущая организация - Кулиндоровский комбинат
хлебопродуктов Министерства
заготовок УССР

Защита состоится "24" мая 1985 г. в 10³⁰ час.
на заседании специализированного совета Д 068.35.01 при Одес-
ском технологическом институте пищевой промышленности имени
М. В. Ломоносова, 270039, г. Одесса, ул. Свердлова, 112.

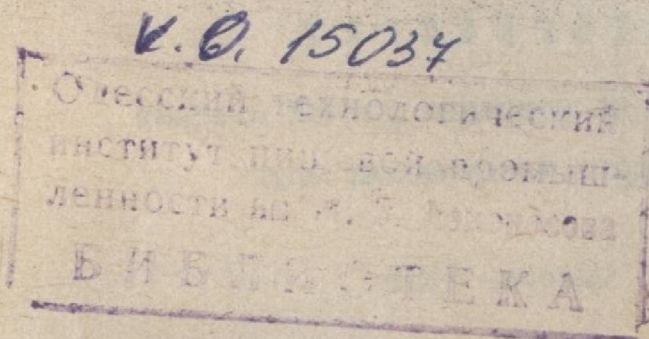
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Одесского
технологического института пищевой промышленности им. М. В. Ломо-
носова.

Автореферат разослан "19" апреля 1985 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат технических наук,
доцент



А. Ф. Загиболов



Актуальность работы. Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1981...1985 годы и на период до 1990 года, а также Продовольственной программой СССР на период до 1990 года намечено увеличить производство основных продуктов питания, особенно продукции животноводства, успешное развитие которого невозможно без обеспечения полноценными кормами высокого качества. В связи с этим намечено увеличить объем производства комбикормов на 13...15 % и особое внимание уделять обеспечению сбалансированности кормов по всем компонентам и, в первую очередь по белку, из-за дефицита которого недобор животноводческой продукции составляет около 40 %. Покрыть существующий дефицит за счет увеличения производства кормов животного происхождения не представляется возможным ввиду ограниченности сырьевых ресурсов. Поэтому все большее внимание привлекает к себе использование растительного белка, в частности соевого, отличающегося высоким качеством и сравнительно низкой стоимостью, что обусловило значительный рост производства зерна сои во всем мире, сбор которого в 1983 году составил 91,4 млн.т.

Высокое содержание белка, масла и других ценных компонентов в зерне сои предопределяет многоплановость его использования, однако в последнее время наметилась тенденция использования целых необезжиренных бобов сои в рационах сельскохозяйственных животных и птицы в качестве основного источника белка и энергии, что позволяет заменять корма животного происхождения и повышать энергетический уровень рационов. В то же время известно, что использовать зерно сои в сыром виде практически невозможно из-за высокого содержания антипитательных веществ, тормозящих протеолиз белков, усвоение витаминов и солей, а также оказывающих влияние на другие жизненно важные обменные процессы. Существующие

способы тепловой обработки либо не обеспечивают разрушения антипитательных веществ, либо, способствуя их разрушению, ведут к существенным потерям питательных веществ. Кроме того, не исследована взаимосвязь сортовых особенностей зерна сои и режимов его тепловой обработки.

Цель работы. Целью работы является повышение кормовых достоинств зерна сои путем влаготепловой обработки (ВТО). При достижении этой цели были решены следующие задачи: исследовано влияние различных способов тепловой обработки на биохимический комплекс зерна сои; установлен механизм разрушения антипитательных веществ и изменения качественно-количественных характеристик питательных веществ в процессе ВТО; исследована взаимосвязь сортовых особенностей зерна сои и режимов его тепловой обработки; разработаны комплексные показатели для оценки эффективности процесса ВТО зерна сои; установлены оптимальные значения параметров процесса ВТО зерна сои; разработаны устройства и технологическая линия для ВТО зерна сои; проведены биологическая и зоотехническая оценки эффективности ВТО зерна сои по разработанной технологии и даны практические рекомендации.

Научная новизна работы. Выявлены и математически описаны закономерности, характеризующие процесс разрушения ингибитора трипсина; впервые установлена взаимосвязь сортовых особенностей зерна сои и режимов его ВТО; введен обобщенный показатель питательной ценности, оптимизированы параметры процесса ВТО зерна сои; получены аналитические выражения, на основании которых разработана структурно-математическая модель процесса; обоснована технология ВТО зерна сои и производства комбикормов с его вводом, исследованы топология и стабильность функционирования линии ВТО зерна сои, предложена комплексная оценка качества процесса ВТО.

Практическая ценность работы. Установлены оптимальные параметры и разработана технология ВТО зерна сои, усовершенствовано ее аппаратное оформление, что позволит получать зерно сои повышенной питательной ценности; получены аналитические выражения, позволяющие корректировать режимы ВТО зерна сои и осуществлять подбор конструктивных элементов пропаривателей со стационарным слоем; разработана принципиальная схема технологического процесса подготовки зернового сырья при производстве комбикормов с вводом зерна сои после ВТО.

Основные результаты работы внедрены в цехе по переработке зерна сои колхоза "Украина" Одесской области, зоотехнические испытания проведены в колхозе "Маяк" Винницкой области.

Апробация работы. Основные материалы диссертации доложены на научных конференциях профессорско-преподавательского состава ОТИПП им.М.В.Ломоносова (г.Одесса, 1982...1985 гг.), Всесоюзной научной конференции "Производство и использование растительного белка" (г.Краснодар, 1981 г.), Республиканской научно-технической конференции по актуальным проблемам Продовольственной программы, посвященной 60-летию образования СССР (г.Тбилиси, 1982 г.) и Всесоюзной научной конференции "Пути совершенствования технологических процессов и оборудования для производства, хранения и транспортировки продуктов питания" (г.Москва, МТИПП, 1984 г.).

Публикация результатов. По теме диссертационной работы опубликовано 7 статей, получено 3 авторских свидетельства СССР на изобретения и I положительное решение ВНИИГПЗ на выдачу авторского свидетельства.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов и рекомендаций, списка лите-

ратуры, включающего 215 наименований, в том числе 51 иностранных, 7 приложений. Работа изложена на 258 страницах машинописного текста, содержит 58 рисунков и 50 таблиц.

На защиту выносятся:

- результаты исследования биохимического состава зерна сои, подвергнутого ВТО;
- обобщенный показатель питательной ценности зерна сои; технология ВТО зерна сои и производства комбикормов с его вводом;
- конструкции устройств для ВТО зерна сои;
- материалы по оценке эффективности функционирования технологической линии ВТО зерна сои.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе приведен обзор литературных источников, относящихся к обоснованию применения ВТО для повышения кормовых достоинств зерна сои. Работы А.П.Левицкого, М.Д.Луцика, В.В.Мосолова, Л.М.Нольсона, В.Г.Рядчикова, В.И.Сичкаря, В.Г.Щербакова, Н.Воск, L.D.Campbell, B.O.Eggum, I.E.Lienner и др. посвящены особенностям биохимического состава зерна сои, характеристике антипитательных веществ. Влияние тепловой обработки на содержание ингибитора трипсина, лектинов, активность уреазы и др. исследовано в работах В.Я.Максакова, А.В.Мехеды, В.Н.Красильникова, Д.С.Чернятина, K.Baintner, S.Blanko, G.Ellenrieder, I.L.Gatfield, H.D.Heath, K.Lorenz, B.O.Luman, J.McNaughton, F.Reese, L.Thompson, I.Tsukamoto, B.Wilson и др.

Теоретические представления о процессе тепловой обработки зерна изложены в работах А.С.Гинзбурга, Г.А.Егорова, В.Н.Кири-

евского, О. Кришера, А. В. Лыкова, Е. М. Мельникова, И. Т. Мерко и др.

Характеристика существующих способов тепловой обработки зерна сои и эффективность его использования в составе комбикормов, а также оценка эффективности технологических процессов приведены в работах В. А. Афанасьева, Р. Р. Денисовой, В. П. Елизарова, Р. К. Жук, Е. М. Клычева, А. В. Орлова, Н. В. Остапчука, В. А. Панфилова, А. Е. Чикова, L. Bitney, X. Garamboiz, L. Joung, R. L. Keller, T. Lawrence, C. A. Mann, R. Myer, E. Reo, E. J. Sebestuen, W. Vandergrift, J. Vandergrist, P. Waldroup и др.

Анализ результатов рассмотренных работ позволил установить, что существующие способы тепловой обработки зерна сои и их режимы являются недостаточно эффективными; требуется совершенствование технологии ВТО зерна сои и производства комбикормов с его вводом. В заключении сформулированы цель и задачи исследований.

Глава вторая посвящена выбору объектов и методик исследования. Приведено описание экспериментальной базы исследований. Изложены основные элементы системного подхода к исследованию процесса ВТО зерна сои, обоснован выбор критериев для оценки эффективности процесса ВТО, установлены основные уровни и интервалы варьирования факторов, приведена методика исследования с применением математической теории планирования эксперимента. Объектами исследования были зерно сои сорта Букурия, а также такие широко распространенные сорта как Амурская 41, Амурская 494, Белоснежка, ВНИИМК 9186, Надднепрянская и др.

В качестве критериев оптимальности технологического процесса ВТО зерна сои приняты:

- содержание ингибитора трипсина (Y_1), г/кг;
- переваримость белков *in vitro* (Y_2), %;
- содержание лизина (Y_3), % на возд. сух. в-во;

- содержание метионина (Y_4), % на возд.сух.в-во;
- обобщенный показатель питательной ценности зерна сои (Y_5),
определяемый по предложенному выражению:

$$p = 0,45 \cdot \frac{П_I}{П_0} + 0,10 \cdot \frac{Л_I}{Л_0} + 0,10 \cdot \frac{М_I}{М_0} + 0,35 \cdot \left(1 - \frac{ИТ_I}{ИТ_0} \right), \quad (I)$$

где $П_0, П_I$ - переваримость белков сои до и после обработки;
 $Л_0, Л_I$ - содержание лизина;
 $М_0, М_I$ - содержание метионина;
 $ИТ_0, ИТ_I$ - содержание ингибитора трипсина

Коэффициенты весомости в данном выражении рассчитаны на ЭВМ по разработанной нами программе.

Экспериментальные исследования выполнены на лабораторной установке, схема которой приведена на рис.1. В ходе исследований определяли физические свойства зерна сои и комбикормов стандартными методами по следующим показателям: объем зерновки, площадь ее внешней поверхности, коэффициент формы, порозность зернового

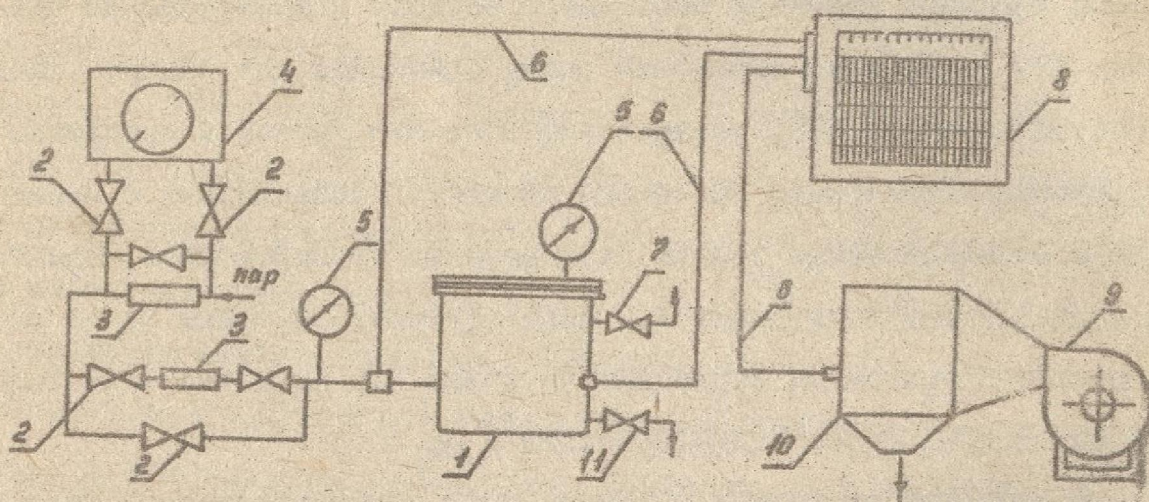


Рис.1. Схема лабораторной установки для ВТО зерна сои

1- пропариватель; 2- перепускной вентиль; 3- редукционный клапан; 4- дифманометр ДП-710Р; 5- манометр; 6- хромель-копелевая термопара; 7- вентиль сброса пара; 8- автоматический потенциометр ЭПП-0,9Мэ; 9- вентилятор; 10- охладитель; 11- вентиль слива конденсата

слоя, плотность, объемная масса, углы естественного откоса и обрушения, сыпучесть, крупность, массовая доля влаги. Химические свойства зерна сои определяли стандартными методами по таким показателям как содержание сырого протеина, сырой клетчатки, сырого жира, активность уреазы, содержание ингибиторов трипсина и химотрипсина, активность лектинов, переваримость белков, содержание лизина, определяемого на приборе "Техникон", содержание метионина, содержание витамина Е, определяемого методом тонкослойной хроматографии. Полный аминокислотный состав белков определяли на автоматическом аминокислотном анализаторе "Хромаспек", электрофорез белков проводили в 15...30 %-ном полиакриламидном геле, содержащем 0,1 % додецилсульфата натрия, при pH 8,3 в присутствии маркеров молекулярной массы.

Изучение изменения показателей качества зерна сои и комбикормов в процессе хранения проводили в нерегулируемых лабораторных и производственных условиях. Биологическую и зоотехническую оценку эффективности ВТО сои проводили общепринятыми методами.

В третьей главе приведены результаты исследований механизма разрушения антипитательных веществ зерна сои. Установлено, что наиболее термостабильным соединением является ингибитор трипсина, который разрушается в процессе ВТО (рис.2.) по зависимости:

$$ИТ_t = ИТ_0 \cdot e^{-K_t \cdot \tau_t} \quad (2)$$

где $ИТ_0$ - исходное содержание ингибитора трипсина, г/кг;

K_t - коэффициент термолабильности ингибитора трипсина;

τ_t - продолжительность ВТО, мин

Давление пара оказывает существенное влияние на величину K_t , но при его постоянном значении физический смысл K_t сводится к характеристике термолабильных свойств ингибитора трипсина,

что позволило получить формулу для корректировки продолжительности ВТО зерна сои с различным содержанием ингибитора трипсина:

$$\tau_{кр_i} = 2,3 \frac{1}{K_{ti}} \cdot \lg(ИТ_0 / ИТ_i') \quad (3)$$

где $ИТ_i'$ — безопасное содержание ингибитора трипсина (1...2 г/кг);

K_{ti} — коэффициент термолабильности ингибитора трипсина i -го сорта зерна сои (табл. I.)

Скорость разрушения ингибитора трипсина в процессе ВТО, определяемая по формуле:

$$ИТ = ИТ_0 \cdot K_t \cdot e^{-K_t \cdot \tau} \quad (4)$$

оказалась в прямопропорциональной зависимости от его содержания в исходном зерне (рис. 2.).

Содержание белка в процессе ВТО зерна сои практически не изменяется, но его переваримость резко возрастает (рис. 3.), при этом потери лизина меньше, чем при других способах тепловой обработки (рис. 4.). ВТО зерна сои способствует увеличению числа средне- и низкомолекулярных белков за счет разрыва высокомолекулярных полипептидных цепей, причем этот эффект усиливается при увеличении длительности обработки, как видно из электрофо-

Таблица I.

Коэффициенты термолабильности ингибитора трипсина в зерне сои различных сортов

Сорт сои	Ингибитор трипсина, г/кг	K_t	Сорт сои	Ингибитор трипсина, г/кг	K_t
Смена	25,6	0,280	ВНИИМК 9186	36,1	0,260
Белоснежка	29,5	0,340	Ходсон	39,8	0,250
Амурская 494	44,3	0,250	Букурия	38,8	0,298
Амурская 41	41,3	0,265	Аркадия	34,7	0,300
Надднепрянская	13,3	0,170			

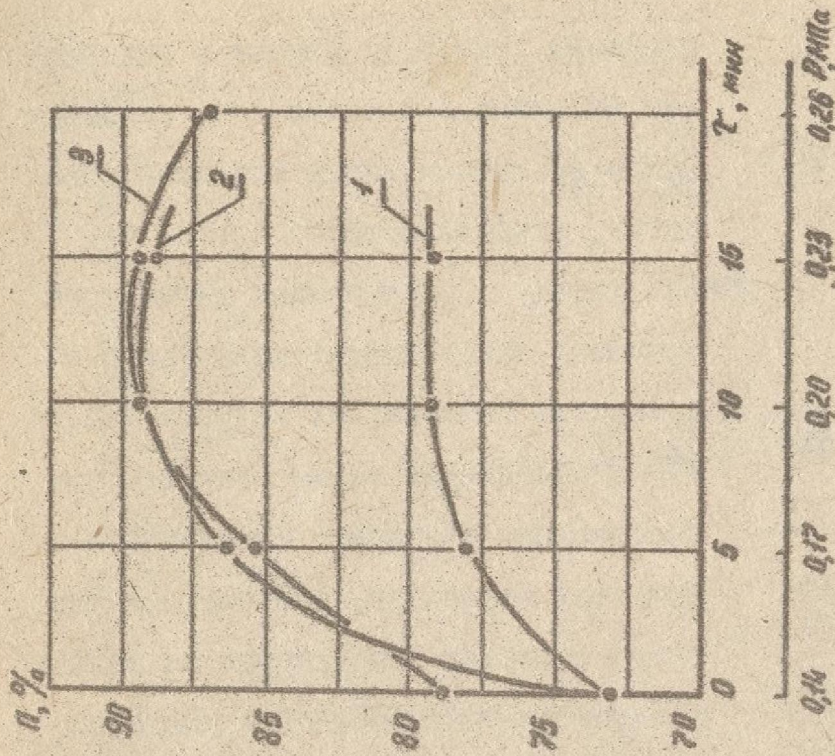


Рис. 3. Влияние ВТО на переваримость белков сои при давлении пара: 1- $P=0,14$ МПа; 2- $P=0,20$ МПа; 3- продолжительность обработки 10 мин

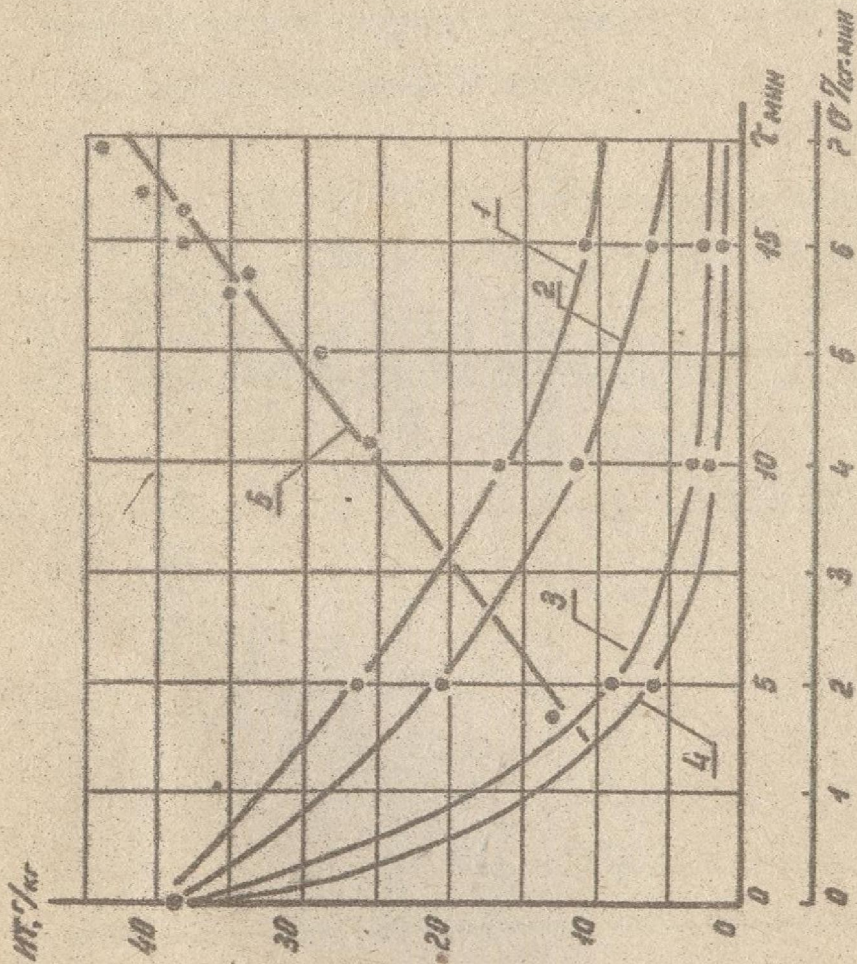


Рис. 2. Разрушение ингибитора трипсина (ИТ) в процессе ВТО зерна сои (1, 2, 3 и 4 при $P=0,14$; 0,17; 0,20 и 0,23 МПа соответственно) и влияние исходного содержания ингибитора трипсина на скорость его разрушения (5)

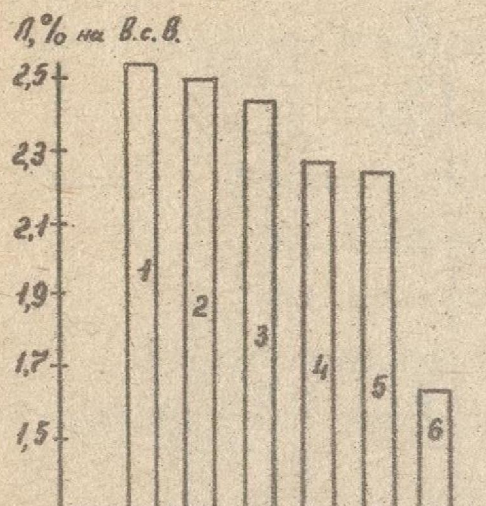


Рис. 4. Влияние тепловой обработки на содержание лизина в зерне сои: 1- исходное зерно; 2, 3, 4- ВТО при $P=0,20$ МПа и $\tau=5, 10$ и 15 мин соответственно; 5- СВЧ-обработка при $\tau=9$ мин; 6- поджаривание при $t=180$ °C и $\tau=90$ мин

реграммы (рис. 5.). Данные о содержании витамина Е в зерне сои, подвергнутом различным видам тепловой обработки, свидетельствуют о том, что ВТО наряду с разрушением ингибитора трипсина способствует наибольшей сохранности питательных веществ (рис. 6). ВТО способствует также наиболее существенному улучшению санитарного качества зерна сои, поэтому при его вводе в состав комбикормов не только экономится высокобелковое сырье животного происхождения, но и значительно улучшается санитарное качество готовой продукции (табл. 2.).

Таблица 2.

Изменение состава микрофлоры зерна сои и комбикормов											
Продукт, способ обработки	Режимы			Общая обсе- нен- ность, кл/г	Плесени, кл/г				Группы микро- организмов		
	τ мин	t °C	P МПа		<i>Asper- gillus</i>	<i>Penicil- lium</i>	<i>Mucor</i>	<i>Rhizopus</i>	Ана- эробы	<i>Cl.perfr.</i>	<i>Cl.bot.</i>
Зерно сои:											
исходное	-	-	-	175000	100	100	+	-	+	+	-
после ВТО	15	132	0,20	350	-	-	-	-	+	-	-
после под- жаривания	90	180	-	550	-	-	-	-	-	-	-
после СВЧ- обработки	9	105	-	400	-	-	-	-	-	-	-
Комбикорм:											
НК6-6 Укр194	-	-	-	12600	-	2800	+	-	+	+	+
НК6-6 Укр151 (10 % сои)	-	-	-	9500	-	2300	-	-	+	+	-

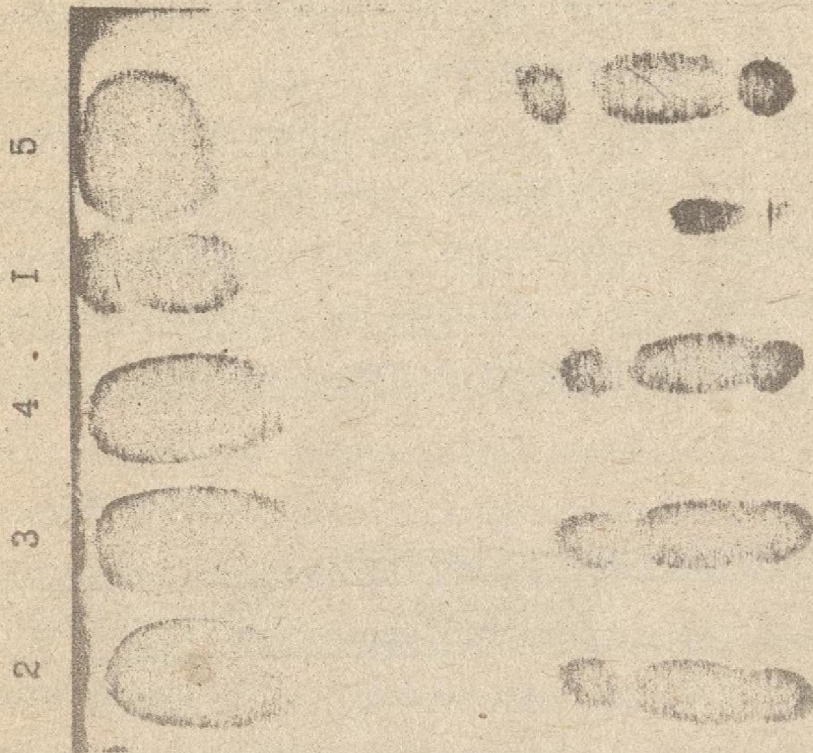


Рис. 6. Влияние тепловой обработки на содержание витамина Е в зерне сои: 1-свидетель (30 %-ный α -токоферол; 2, 3-ВТО при $t = 15$ мин и $P = 0,20$ и $0,10$ МПа соответственно; 4- СВЧ-обработка при $t = 9$ мин; 5- поджаривание при $t = 180$ °С и $t = 90$ мин

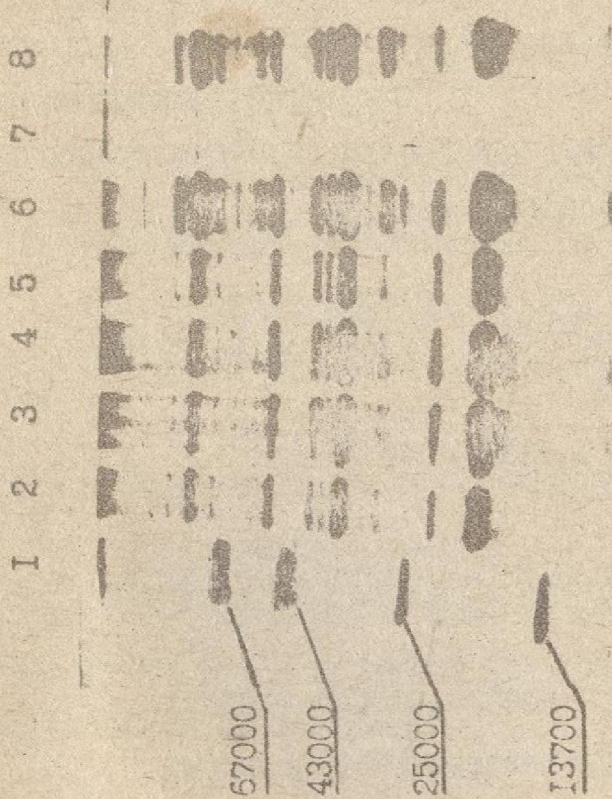


Рис. 5. Влияние тепловой обработки на белковый комплекс зерна сои: 1- маркер молекулярной массы; 2, 3, 4- ВТО при $P = 0,20$ МПа и $t = 10, 15$ и 20 мин соответственно; 5- ВТО при $P = 0,10$ МПа и $t = 15$ мин; 6- исходное зерно; 7- поджаривание при $t = 180$ °С и $t = 90$ мин; 8- СВЧ-обработка при $t = 9$ мин

Опыты по хранению показали, что в течение 60 суток хранения в нерегулируемых условиях происходит незначительное ухудшение показателей качества зерна сои и комбикормов.

В четвертой главе приведены результаты оптимизации параметров процесса ВТО зерна сои. Эксперимент проводили согласно ротатбельному композиционному униформ-плану второго порядка. Значение уровней изменяемых факторов и интервалы их варьирования приняты на основании априорной информации и предварительных исследований (табл.3.).

Таблица 3.

Уровни и интервалы варьирования факторов		
Показатели	Продолжительность ВТО, мин	Давление пара, МПа
Верхний уровень	15,0	0,20
Основной уровень	10,0	0,17
Нижний уровень	5,0	0,14
Интервал варьирования	5,0	0,03
Кодовое обозначение	X_1	X_2

В результате реализации матрицы плана были получены уравнения регрессии (в кодированных значениях факторов, $\alpha = 0,05$):

для ингибитора трипсина

$$Y_1 = 4,336 - 4,023X_1 - 5,371X_2 + 1,356X_1^2 + 2,121X_2^2 + 2,72X_1X_2 \quad (5)$$

для переваримости белков

$$Y_2 = 84,48 + 4,21X_2 - 1,258X_1^2 - 1,11X_2^2 + 0,575X_1X_2 \quad (6)$$

для лизина

$$Y_3 = 2,736 - 0,102X_1 - 0,089X_2 + 0,016X_1^2 - 0,027X_2^2 - 0,053X_1X_2 \quad (7)$$

для метионина

$$Y_4 = 0,646 + 0,0404X_1 - 0,03X_2 - 0,0193X_1^2 + 0,0057X_2^2 + 0,02X_1X_2 \quad (8)$$

для обобщенного показателя питательной ценности

$$Y_5 = 1,047 + 0,0424X_1 + 0,0656X_2 - 0,0223X_1^2 - 0,0241X_2^2 - 0,0197X_1X_2 \quad (9)$$

Оптимальные значения факторов, определенные путем суперпозиции линий равного выхода для параметров $Y_1 \dots Y_4$, составили $X_1 = 0,60$ и $X_2 = 1,0$, а оптимальные значения факторов, определенные расчетным путем для параметра Y_5 , составили $X_1 = 0,45$ и $X_2 = 1,17$, т.е. оптимум находится в пределах $X_1 = 0,45 \dots 0,60$ и $X_2 = 1,0 \dots 1,17$ или в натуральном значении $X_1 = 12,25 \dots 13,0$ мин и $X_2 = 0,20 \dots 0,205$ МПа, что подтверждает возможность использования р-показателя (Y_5) в качестве критерия оптимальности процесса ВТО зерна сои. Однако реализация этих режимов в пропаривателях со стационарным слоем затруднена из-за явления деформации полей температур и влагосодержания, о чем свидетельствует пространственное распределение показателей ВТО в зерновом слое (рис. 7.). Следовательно, существует так называемый активный объем зерна, в котором при определенных условиях обработки получают заданное значение целевого показателя (содержание ингибитора трипсина). На основании экспериментальных данных получено выражение для определения величины активного объема зерна сои:

$$V_{\text{акт.}} = (388,9 - 33,61 \cdot \rho) \cdot \tau \cdot K \cdot e^{-14,68 \cdot \tau} \quad (10)$$

где K — коэффициент, учитывающий физико-биохимические свойства ингибитора трипсина:

$$K = K_{t_2} / K_{t_1} \quad (11)$$

где K_{t_1} — коэффициент термолабильности ингибитора трипсина в зерне сои сорта Букурня;

K_{t_2} — коэффициент термолабильности ингибитора трипсина в зерне сои других сортов

Таким образом, представляется возможным определить степень взаимодействия фаз в процессе ВТО зерна сои в аппаратах со стационарным слоем по формуле:

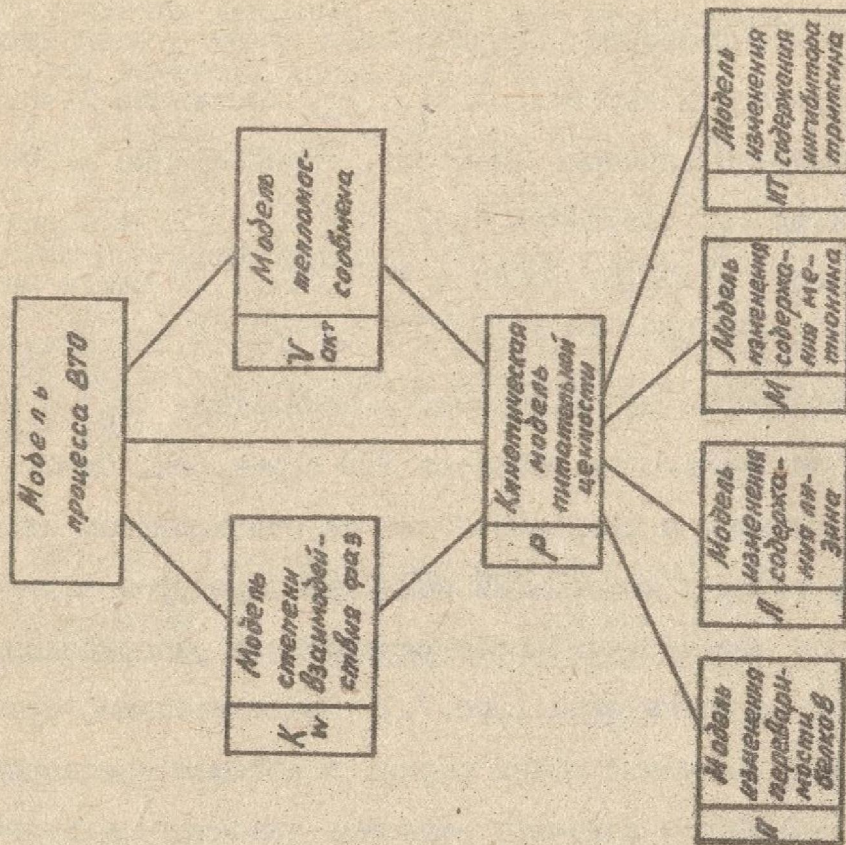


Рис. 8. Структурно-математическая модель процесса ВТО зерна сои в пропаривателе со стационарным слоем

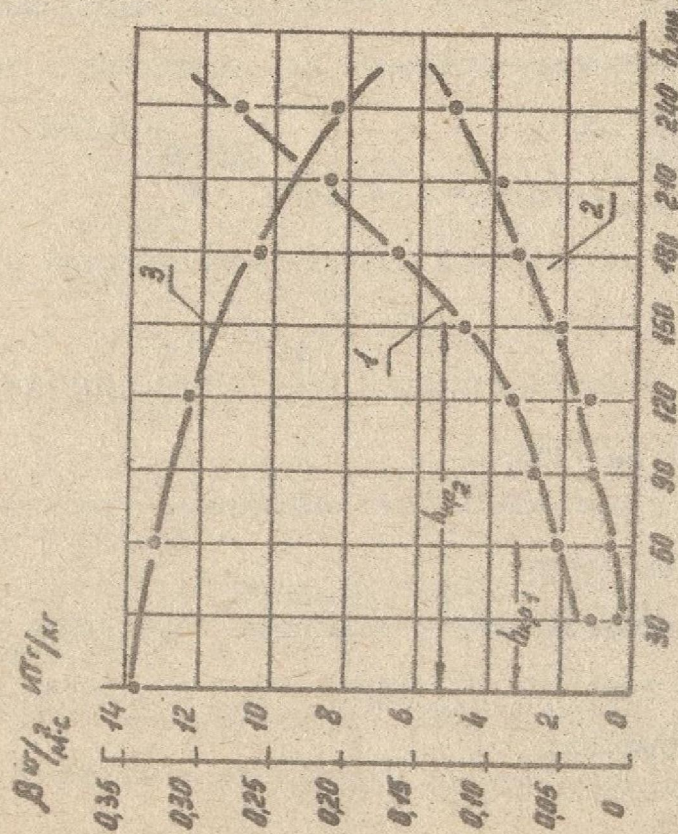


Рис. 7. Пространственное распределение показателей ВТО в зерновом слое: содержание ингибитора трипсина при $P=0, 20 \text{ МПа}$ и $\tau=10 \text{ мин}$ (1) и при $P=0, 20 \text{ МПа}$ и $\tau=15 \text{ мин}$ (2); коэффициент массоотдачи от пара к зерновке при $P=0, 20 \text{ МПа}$ и $\tau=15 \text{ мин}$ (3)

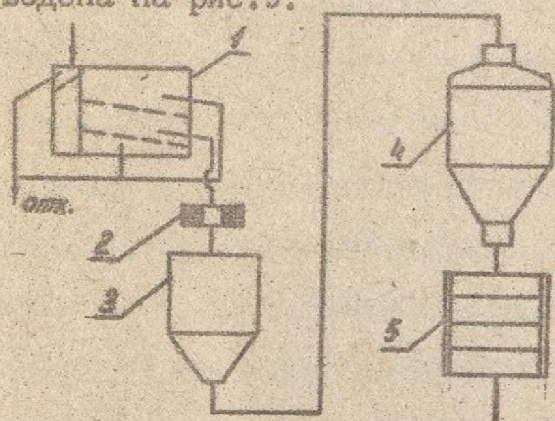
$$K_w = (V_{окт} / V_p) \cdot n \quad (12)$$

где V_p – рабочий объем пропаривателя, м³;

n – число форсунок, шт.

Полученные результаты и выражения позволили разработать структурно-математическую модель процесса ВТО зерна сои с учетом принятых допущений (рис.8.), анализ которой на ЭВМ показал, что для реализации разработанных режимов в аппарате Г.С.Неруша или типа А9-БПБ необходимо установить дополнительное число форсунок, доведя их общее количество до 140 шт при условии равномерного пространственного расположения. Кроме того, в результате проведенных исследований были разработаны усовершенствованные конструкции пропаривателя, защищенные авторскими свидетельствами на изобретения А.С.1026761, А.С.1037907, А.С.1042728, а также заявка №3606754/30 (положительное решение ВНИИПТЭ от 24.07.1984 г.).

В пятой главе обоснована технология ВТО зерна сои и производства комбикормов с его вводом, проведена оценка эффективности функционирования технологической линии ВТО и использования зерна сои повышенной питательности, выполнен расчет экономической эффективности. Схема технологического процесса ВТО зерна сои приведена на рис.9.

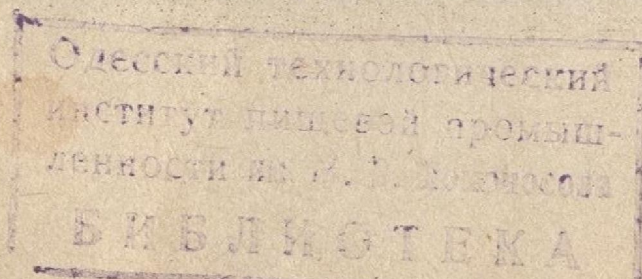


Давление пара $P=0,20 \pm 0,02$ МПа
Температура $t_1=132 \pm 2$ °С
Расход пара $q_1=82...86$ кг/т
Продолжительность ВТО $\tau_1=13 \pm 1$ мин

Продолжительность $\tau_2=3...4$ мин
Скорость воздуха $v=2,5...3,5$ м/с
Расход $q_2=5,0...5,5$ м³/с
Температура $t_2=18...22$ °С

Рис.9. Схема технологического процесса ВТО зерна сои:

1- сепаратор; 2- магнитная колонка; 3- емкость;
4- пропариватель; 5- охладитель



К.В. 15034

Эффективность работы линии ВТО зерна сои определяли методом количественного анализа материальных потоков (рис.10).

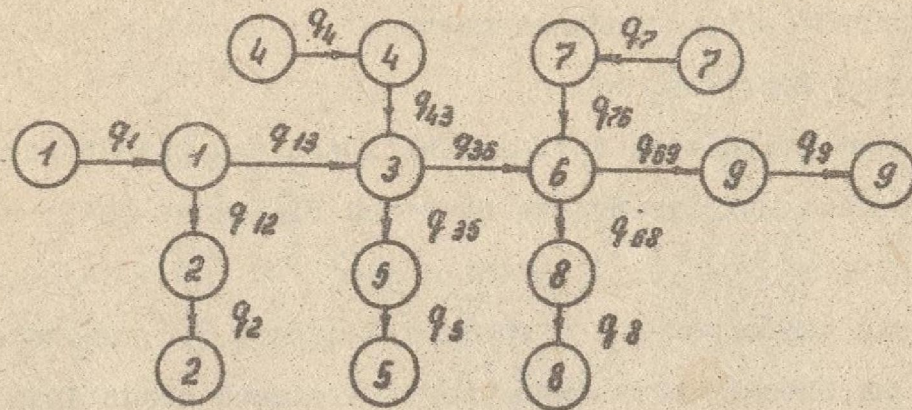


Рис.10. Материальный потоковый граф технологической линии ВТО зерна сои: q_1 - количество исходного зерна; $q_{12} = q_2$ - количество примесей; q_{13} - очищенное зерно; $q_{43} = q_4$ - количество влаги, поступающей с паром; $q_{35} = q_5$ - количество влаги в отработанном паре; q_{36} - пропаренное зерно; $q_{76} = q_7$ - количество влаги, поступающей с воздухом; $q_{68} = q_8$ - количество влаги в отработанном воздухе; $q_{69} = q_9$ - обработанное зерно

Уравнения балансов по потокам и матрица смежности исходного графа имеют вид:

$$\begin{array}{lcl}
 q_1 - q_{12} - q_{13} = 0 & 1 \\
 q_{12} - q_2 = 0 & 2 \\
 q_{13} + q_{43} - q_{35} - q_{36} = 0 & 3 \\
 q_{43} - q_4 = 0 & 4 \\
 q_{35} - q_5 = 0 & 5 \\
 q_{36} - q_{68} + q_{76} - q_{69} = 0 & 6 \\
 q_{76} - q_7 = 0 & 7 \\
 q_{68} - q_8 = 0 & 8 \\
 q_{69} - q_9 = 0 & 9
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 (I3) \\
 N =
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \begin{array}{cccccccccc}
 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \\
 \begin{array}{c} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \end{array} & \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}
 \end{array}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 (I4)
 \end{array}$$

В результате декомпозиции материального потокового графа и матрицы смежности N была определена последовательность расчета уравнений: (2) → (5) → (8), (1) → (4) → (7), (3) → (6) → (9).

При исследовании качественных характеристик процесса ВТО был использован показатель стабильности процесса, определяемый по формуле:

$$p = 1 - N/N_{\max} \quad (15)$$

где H - энтропия системы: $H = -\sum P(x_i) \lg_2 P(x_i)$, (16)

$P(x_i)$ - вероятность попадания случайной величины в заданный интервал

Стабильность функционирования линии ВТО, состоящей из трех подсистем- очистки (А), пропаривания (В) и охлаждения (С) составит:

$$P_{abc} = P_A + P_{B/A} + P_{C/AB} - 2 \quad (17)$$

В результате исследований было установлено, что при использовании в качестве пропаривателя аппарата Г.С.Неруша стабильность всей системы составила $P_{abc} = 0,25$, а при установке расчетного числа форсунок $P_{abc} = 0,73$, т.е. стабильность системы возросла.

С целью устранения возможного искажения значений показателей на третьем уровне иерархической структуры качества процесса ВТО сои был использован К-показатель:

$$K = (1,25p - 1) \cdot (1,57q - 1) \cdot T/R, \quad (18)$$

где T - показатель, учитывающий изменение технологических свойств зерна сои;

R - коэффициент учета себестоимости, $R = C_i / C_{min}$

Обработка считается эффективной при $K > 0$, если же в результате ВТО была разрушена значительная часть питательных веществ, или не был разрушен ингибитор трипсина, то $p \leq 0,80$, т.е. в этом случае $K \leq 0$ и такая обработка неэффективна, неэффективна она и в том случае, если невысока стабильность, т.е. $q \leq 0,60$.

После ВТО массовая доля влаги в зерне сои составляет 15,8 ... 18,0 %. Измельчение такого зерна затруднено, а его сушка нежелательна из-за дополнительного теплового воздействия на биохимический комплекс. Однако при смешивании зерна сои с другими зерновыми компонентами и последующем отволаживании смеси влага перераспределяется и измельчение смеси не вызывает затруднений. При вводе зерна сои в состав комбикормов в количестве до 25 %

необходимое время отволаживания зерновой смеси составляет около 5 ч. Кроме того, ввод зерна сои способствует резкому снижению количества пыли, выделяемой при измельчении зерносмесей и не снижает однородности получаемого комбикорма.

С целью проверки разработанных режимов ВТО сои в производственных условиях в колхозе "Маяк" Винницкой области проведены испытания опытной партии комбикорма, содержащего 10 % сои, обработанной по разработанной технологии. Ввод зерна сои позволил заменить 50 % белка животного происхождения без снижения продуктивности брейлеров при снижении расхода кормов на 3,5 %, экономический эффект составил 43 руб. на 1 т комбикорма. Технологическая линия ВТО зерна сои смонтирована и принята в эксплуатацию в колхозе "Украина" Одесской области.

Часть работы, посвященная изучению влияния ВТО на биохимический состав сои, выполнена при научном консультировании д.б.н., профессора Левицкого А.П.

Выводы и рекомендации

1. Установлены общие закономерности процесса ВТО зерна сои, выявлен и математически описан характер разрушения наиболее термостабильного антипитательного вещества - ингибитора трипсина и определены коэффициенты его термостабильности в зерне сои различных сортов. Показано, что ВТО зерна сои при $P=0,20 \pm 0,02$ МПа и $t=10 \dots 15$ мин способствует практически полному разрушению ингибитора трипсина; ингибитор химотрипсина, лектины и уреазы в сравнении с ингибитором трипсина менее устойчивы к воздействию тепла.

2. Изучено влияние ВТО на переваримость белков сои, их аминокислотный состав и электрофоретические свойства; показано, что ВТО при $P=0,20 \pm 0,02$ МПа и $t=10 \dots 15$ мин способствует значительному увеличению переваримости соевых белков, при этом су-

ществленных изменений в их аминокислотном составе не наблюдается, за исключением лизина и метионина. Путем электрофореза было установлено, что в результате ВТО происходит увеличение числа средне- и низкомолекулярных белков, при этом содержание витаминов Е уменьшается незначительно по сравнению с другими способами тепловой обработки.

3. Исследованием влияния ВТО на биохимический комплекс зерна сои было установлено, что наибольшим изменениям в процессе обработки подвержены содержание ингибитора трипсина, переваримость белков, содержание лизина и метионина, на основании чего предложено уравнение, позволяющее определить изменение питательной ценности зерна сои посредством p -показателя.

4. Оптимальными параметрами процесса ВТО зерна сои по показателям содержания ингибитора трипсина, переваримости белков, содержания лизина и метионина являются: $P=0,20\pm0,02$ МПа, $t=13\pm1$ мин, а оптимальные параметры, определенные по p -показателю составили: $P=0,205\pm0,02$ МПа, $t=12,25\pm1$ мин, т.е. подтверждена возможность использования p -показателя в качестве критерия оптимизации процесса ВТО зерна сои.

5. Установлен характер распределения температурных полей и показателей ВТО зерна сои в околофорсуночном пространстве пропаривателя со стационарным слоем; введено понятие активного объема, как объема зерна сои, в котором при определенных условиях обработки происходят заданные изменения целевых показателей; предложено уравнение для его определения, что позволяет контролировать однородность ВТО.

6. Разработана структурно-математическая модель процесса ВТО зерна сои, анализ которой на ЭВМ позволяет регулировать условия процесса и осуществлять подбор конструктивных элементов

пропаривателей для достижения высокой эффективности обработки.

7. Разработана принципиальная схема технологической линии ВТО зерна сои, определена эффективность ее функционирования путем анализа материального потокового графа и определения стабильности процесса, предложена комплексная оценка качества ВТО.

8. Разработаны усовершенствованные конструкции пропаривателей для ВТО зерна сои, защищенные авторскими свидетельствами СССР на изобретения.

9. Установлено, что измельчение зерна сои, подвергнутого ВТО, в составе зерновых смесей после их предварительного отволаживания в течение 4...5 ч не ухудшает показателей работы измельчающего оборудования, а увеличение ввода зерна сои способствует резкому снижению количества пыли, выделяемой при измельчении зерновых смесей. Кроме того, ввод зерна сои в состав комбикормов в виде зерносмесей способствует снижению удельного давления их прессования на 30 %.

10. Производственной проверкой установлено, что разработанные математические модели достаточно точно отражают реальный процесс ВТО зерна сои, а полученные режимы являются оптимальными в производственных условиях.

II. Подтверждена высокая эффективность ВТО зерна сои по разработанной технологии, установлено, что использование зерна сои в составе комбикормов для бройлеров позволяет заменять 50 % белка животного происхождения без снижения их продуктивности. Экономический эффект от использования зерна сои повышенной питательной ценности при производстве комбикормов составляет 43 руб. на 1 т вырабатываемых комбикормов.

12. Для реализации результатов работы в промышленности рекомендуются: принципиальная схема технологического процесса ВТО

зерна сои и подготовки зернового сырья при производстве комбикормов, комплексная оценка качества и оптимальные режимы:

Параметры обработки	Режимы
Исходная массовая доля влаги в зерне, %	10...12
Давление пара, МПа	$0,20 \pm 0,02$
Температура пара, °С	132 ± 2
Расход пара, кг/т	82...86
Продолжительность обработки, мин	$13,0 \pm 1,0$

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Автоклавирование зерна сои /Б.В.Егоров, А.П.Левицкий, В.В.Шерстобитов, И.К.Чайка. -Кормопроизводство, 1984, №12, с.25-26.
2. А.С.1042728 (СССР). Аппарат для пропаривания зерна /Б.В.Егоров, В.В.Шерстобитов. -Опубл. в Б.И. №35, 1983.
3. А.С.1026761 (СССР). Кормозапарник /Б.В.Егоров, В.В.Шерстобитов. -Опубл. в Б.И. №25, 1983.
4. А.С. 1037907 (СССР). Устройство для пропаривания кормов/ Б.В.Егоров, В.В.Шерстобитов, И.К.Чайка, А.П.Левицкий. -Опубл. в Б.И. №32, 1983.
5. Влияние тепловой обработки на антиферментные свойства зерна /А.С.Магопек, И.К.Чайка, А.П.Левицкий, Б.В.Егоров. -Одесса, 1983, -6 с. (Рукопись деп. во ВНИИТЭИСХ №50-83 Деп.).
6. Егоров В.В., Шерстобитов В.В. Повышение питательной ценности семян сои. - В кн.: Материалы Республиканской научно-технической конференции молодых ученых Закавказья по актуальным проблемам Продовольственной программы, посвященной 60-летию образования СССР, Тбилиси, 1982, с.32-33.
7. Егоров В.В., Шерстобитов В.В. Повышение эффективности шелушения и тепловой обработки сои. -Изв.вузов. Пищ.технология,

1984, № 5, с. 57-59.

8. Заявка №3606754/30 от 15.06.83. Аппарат для пропаривания зерна /Б.В.Егоров, В.В.Шерстобитов, Э.В.Кенигсберг и др. Положит.реш.ВНИИПТЭ о выдаче авторского свидетельства от 24.07.84.

9. Структурно-математическая модель влаготепловой обработки семян сои /Б.В.Егоров, А.П.Левицкий, В.В.Шерстобитов и др. - Пищевая пром-сть, 1984, № 4, с. 55-56.

10. Технологические способы повышения содержания белка в кормах /И.К.Чайка, А.С.Магопец, Е.А.Фесенко, Б.В.Егоров.- В кн.: Производство и использование растительного белка, Краснодар, 1981, с.291.

11. Чайка И.К., Егоров Б.В., Левицкий А.П. Влияние технологических способов обработки на содержание ингибиторов трипсина в семенах сои. - В кн.: Протеолитические ферменты и их ингибиторы в семенах зерновых и зернобобовых культур, 1982, с. 95-100.-Тр./ВСГИ, Одесса.



БР 00384 Подписано к печати 11.1У.85г. Форм.бум. 60х84 1/16;

Печ.л. 0,75; бум.л. 0,375; усл. печ.л. 0,7. Заказ 5343р. Тираж 100.

Издательство "Черноморська комуна", пл. 50-летия СССР, 1