

Автор ер.

ПЗ

Министерство высшего и среднего специального образования УССР

**ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**  
имени М. В. ЛОМОНОСОВА

---

НА ПРАВАХ РУКОПИСИ

Аспирант ПЕТРУНЯ Борис Николаевич

**ИССЛЕДОВАНИЕ  
И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ  
ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА  
НА МУКОМОЛЬНЫХ ЗАВОДАХ**

Специальность 05.18.02—технология зерновых,  
бобовых и крупяных товаров и комбикормов

**АВТОРЕФЕРАТ  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК**

Переучет 1980

ОДЕССА — 1975

Абтореф  
ПЗ1

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
У С С Р

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

---

Аспирант ПЕТРУНЯ Борис Николаевич  
на правах рукописи

ИССЛЕДОВАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ  
ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА НА  
МУКОМОЛЬНЫХ ЗАВОДАХ

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

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

г. Одесса – 1975 г.

V 0 1 2 5 5 7

Одесский технологический  
институт пищевой промышлен-  
ности им. М. В. Ломоносова  
Б И Б Л И О Т Е К А

Диссертационная работа выполнена на кафедре технологии переработки зерна Одесского технологического института пищевой промышленности имени М.В.Ломоносова.

Научный руководитель – кандидат технических наук,  
доцент И. Т. МЕРКО.

Официальные оппоненты: 1. Доктор технических наук,  
профессор Г. А. ЕГОРОВ.

2. Кандидат технических наук,  
доцент В. А. БУТКОВСКИЙ.

Ведущее предприятие – Одесский комбинат хлебопродуктов.

Автор фераат разослан "22" мая 1975 года

Защита диссертации состоится "23" июня 1975 г.  
на заседании Совета технологических факультетов Одесского технологического института пищевой промышленности им. М.В.Ломоносова.

Просим Вас принять участие в работе указанного Совета или прислать в 2 экземплярах заверенный печатью письменный отзыв по адресу: Одесса, 39, ул.Свердлова, 112. Технологический институт пищевой промышленности имени М.В.Ломоносова.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ СОВЕТА ИНСТИТУТА

кандидат технических наук

Л.А. ЗАПОРОЖЕЦ

*Лашков*

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В свете решений XXIV съезда КПСС и задач, поставленных перед работниками зерноперерабатывающей промышленности девятым пятилетним планом, необходимо повысить коэффициент продовольственного использования зерна путем улучшения качества и увеличения выпуска вырабатываемых продуктов.

Одним из путей решения этой задачи является глубокое изучение существующих и разработка новых методов гидротермической обработки зерна перед помолом. Управление процессом гидротермической обработки зерна перед помолом может осуществляться только при всестороннем изучении изменений, происходящих в зерне в процессе его подготовки к переработке.

По всеобщему мнению специалистов главной проблемой в современной технологии мукомольного производства является дальнейшее совершенствование процесса гидротермической обработки зерна (ГТО).

Наиболее важное значение для развития и изучения ГТО зерна перед помолом имеют труды отечественных ученых и специалистов-практиков: Я.И. Куприца, Н.И. Озолина, Н.И. Лосева, П.А. Козьмина, В.Я. Гиршова, П.Г. Демидова, И.И. Ленарского, Е.Д. Казакова, А.В. Лылова, В.Л. Кретовича, Л.Б. Айзиковича, Н.И. Соседова, Г.А. Егорова, И.Т. Мерко, П.П. Тарутича, А.М. Братухина, Б.В. Сенаторского, И.А. Наумова, А.А. Кочетовой, Н.Н. Зотовой, З.Д. Гончаровой, Н.С. Беркутовой, Ю.С. Чедаевой, Т.П. Петренко, а также работы зарубежных авторов Альтротге, Нире, Кампбелла, Джонса, Смитса, Клеве, Элиаса, Шелленбергера, Мак Мастера, Глинди и др.

Проведенный обзор и анализ ранее выполненных работ позволил установить, что среди исследователей и практиков нет единого мнения о наиболее эффективных методах и режимах ГТО зерна перед помолом. Поэтому, наряду с применением горячего кондиционирования

зерна, преимущества которого доказаны, широкое и повсеместное применение находит метод холодного кондиционирования. При этом режимы подготовки зерна к помолу и особенно такие как влажность зерна на I драной системе, продолжительность отволаживания, температура нагрева зерна при горячем кондиционировании в достаточной степени не обоснованы применительно к различному качеству зерна.

Предлагаемая работа и направлена к тому, чтобы на базе сравнительных исследований выявить наиболее эффективный метод гидротермической обработки зерна, способствующий повышению его продовольственного использования, а также обосновать режимы подготовки зерна при различных методах, что будет способствовать улучшению качества муки.

Цель работы - на основе сравнительных исследований различными методами гидротермической обработки зерна пшеницы разработать и обосновать основные направления ее совершенствования и повышения эффективности мукомольного производства.

В соответствии с этим намечены задачи исследования:

- изучить влияние режимов холодного и горячего кондиционирования зерна пшеницы основных качественных групп в различных районах произрастания на изменение его мукомольных, биохимических и хлебопекарных показателей;

- изучить влияние комплексных методов ГТД на изменение технологических свойств зерна в зависимости от типа, качества и района произрастания;

- разработать и изучить методы ГТД зерна различного качества при повышенных режимах тепловой обработки;

- провести сравнительные исследования влияния основных методов гидротермической обработки зерна на изменение его мукомольных,

биохимических и хлебопекарных показателей с целью выявления наиболее эффективных;

- разработать предложения по совершенствованию гидротермической обработки зерна на мельзаводах и провести производственную проверку.

Решение поставленных задач позволит определить наиболее эффективный метод и режимы ГТО зерна перед помолом, способствующие повышению продовольственного использования зерна и улучшению качества вырабатываемой муки.

Научная новизна работы. Изучено влияние влаги, тепла, ультразвука, вакуума, как физических факторов, на изменение биохимических и технологических свойств зерна различного качества в процессе его подготовки к помолу.

Практическая ценность заключается в разработке конкретных рекомендаций по ведению гидротермической обработки зерна на мельзаводах путем обработки зерна паром при пониженных тепловых режимах с последующим темперированием.

Для осуществления предлагаемого метода ГТО зерна разработан, изготовлен и испытан в производственных условиях мельзавода кондиционер шахтного типа, обеспечивающий гидротермическую обработку зерна в заданном режиме.

Экономический эффект от внедрения метода и кондиционера составит 118 тыс. руб. в год для мельзавода производительностью 240 т/сутки.

Апробация диссертационной работы.

Основные положения диссертационной работы докладывались на XXXII и XXV научных конференциях Одесского технологического института пищевой промышленности им. М.В. Ломоносова и техническом совете Одесского комбината хлебопродуктов.

### Структура и объем диссертации.

Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, общих выводов и предложений. Работа изложена на 134 страницах машинописного текста, 4 рисунках, 53 таблицах. Библиография включает 263 наименования, из которых 32 иностранных.

### Объекты и методы исследования.

Для выполнения исследования взяты отечественные районированные образцы пшеницы I, III и IV типов, трех групп стекловидности, являющиеся представителями восточной, центральной и южной зон СССР, табл. I.

В соответствии с целью и задачами исследования предусмотрены следующие методы ГТО: холодное кондиционирование, горячее кондиционирование при атмосферных условиях и при избыточном давлении, комплексные методы и обработка зерна паром при пониженных тепловых режимах с последующим темперированием, табл. 2.

Для осуществления принятых методов гидротермической обработки зерна использовали соответствующее лабораторное оборудование.

### Методика исследования.

Образец зерна, предназначенный для гидротермической обработки, предварительно очищали от примесей. Очистка зерна от примесей предусматривала три сепараторных прохода, триерование, выделение минеральных примесей, обработку на щеточной машине и пропуск зерна через аспирационную колонку. Очищенный образец зерна подвергали ГТО по одному из принятых методов.

Холодное кондиционирование проводили путем мойки зерна в специальной моечной ванне при энергичном механическом перемешивании в течение 15 + 20 с и отволаживании в герметически закрытых ем-

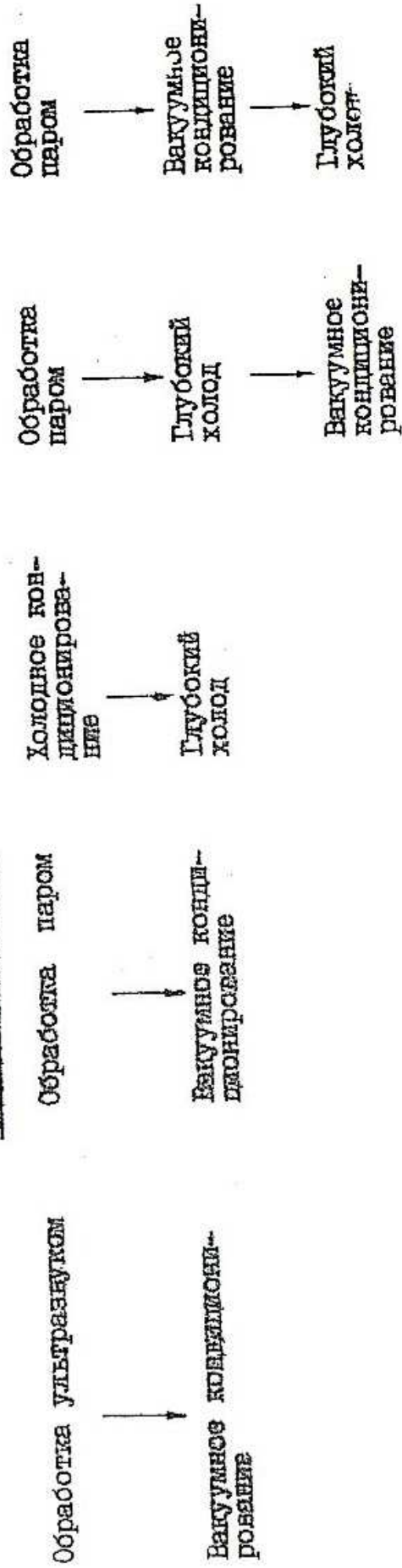
ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДОВАННЫХ ОБРАЗЦОВ  
ПШЕНИЦЫ

№ п/п	Район произрастания, год урожая	Тип	Степ- ло- вид- ность (об- щая), %	Объем- ная масса, кг/м <sup>3</sup>	Клейковина		ПЭК-ЗА, усл. ед.
					выход сырой	водопогло- тительная способность	
					%		
I.	Одесская обл., 1968	IУ	79	817	22,6	189	80
2.	Одесская обл., 1968	IУ	71	836	21,6	203	74
3.	Одесская обл., 1968	IУ	68	815	22,5	189	80
4.	Краснодарский край, 1969	IУ	53	784	24,7	198	80
5.	Одесская обл., 1969	IУ	50	773	21,7	189	80
6.	Ростовская обл., 1969	IУ	35	737	26,3	178	78
7.	Одесская обл., 1969	IУ	32	787	21,4	190	80
8.	Саратовская обл., 1969	III	50	743	20,6	192	61
9.	Башкирская АССР, 1969	I	50	745	20,5	175	60
10.	Омская обл., 1969	I	46	723	23,1	169	61
II.	Красноярский край, 1969	I	41	743	27,9	190	67
12.	Красноярский край, 1971	I	40	777	31,6	186	59
13.	Красноярский край, 1971	I	60	785	27,0	168	55
14.	Красноярский край, 1971	I	70	786	27,2	174	50
15.	Алтайский край, 1971	I	40	793	21,5	186	54

ИССЛЕДОВАЕМЫЕ МЕТОДЫ ГТО ШЕННИН

Нормальная температура $T=20^{\circ}\text{C}$	Повышенная температура $T=35\pm 5^{\circ}\text{C}$	Обработка паром $T=45\pm 60^{\circ}\text{C}$
Холодное кондиционирование	Вакуумное кондиционирование. Рост =	Жесткие режимы
$w = 13\pm 17,0 \%$	$= (0,5 \pm 0,05) \times 10^5 \text{ Па}$	$P = (0,1 - 0,3) \times 10^5 \text{ Па}$
$t = 2\pm 16 \text{ ч}$	$F = 18:28 \text{ кГц}$	$= 120\div 240 \text{ с}$
Обработка ультразвуком	Горячее кондиционирование	Мягкие режимы
Вакуумное кондиционирование	$T = 40 \pm 80^{\circ}\text{C}$	
	$T = 40 \pm 60^{\circ}\text{C}$	

Комплексные методы



костях. После завершения отволаживания зерно перед измельчением доувлажняли на  $0,3 + 0,6 \%$  и отволаживали  $20 + 30$  мин. Доувлажнение относится ко всем рассматриваемым методам.

Горячее кондиционирование при атмосферных условиях осуществляли водой, нагретой до температуры  $40 + 80^{\circ}\text{C}$  с последующим прогреванием в теплоизолированном бункере при температуре  $40 + 60^{\circ}\text{C}$  в течение  $0,5 + 2,0$  ч.

Вакуумное кондиционирование заключалось в следующем: зерно увлажняли до  $20 + 22 \%$  путем двух-трехкратного ввода влаги с интервалом  $0,5 + 1,0$  ч. После этого образец помещали в предварительно нагретый вакуумный шкаф. Вакуумирование проводили при остаточном давлении  $(0,5 + 0,05) \cdot 10^5$  Па в течение  $1 + 2$  ч. После этого образец охлаждали до температуры  $20 + 25^{\circ}\text{C}$ , отволаживали  $1 + 2$  ч, направляли на доувлажнение, а затем в переработку.

Горячее кондиционирование при избыточном давлении проводили в пропарителях непрерывного и периодического действия, обеспечивая обработку зерна насыщенным паром при давлении  $(1,0 + 3,0) \times 10^5$  Па в течение  $20 + 50$  с (жесткие режимы обработки). После обработки зерна паром образец помещали в теплоизолированную емкость для темперирования в течение от 0 до 10 мин. Далее зерно охлаждали в моечной ванне и отволаживали в течение  $2 + 3$  ч.

Комплексные методы гидротермической обработки зерна предусматривали сочетание основных методов ГТО, которые проводили по описанным методикам.

Обработка зерна насыщенным паром при пониженных тепловых режимах предусматривала предварительное увлажнение зерна в моечной ванне, затем отволаживание в течение  $10 + 20$  мин, пропаривание насыщенным паром в течение  $1 + 6$  мин при давлении пара  $(0,1 + 0,3) \times 10^5$  Па, темперирование в теплоизолированном бункере и отволажи-

вание в обычных бункерах.

Образец зерна, подвергнутый ГТО, исследовали на изменение мукомольных свойств, а также на изменение биохимических и хлебопекарных достоинств полученной муки.

Мукомольные свойства определяли путем измельчения образца на первых трех драных системах лабораторной мельницы и измельчением такого же образца на мельнице ЛМ-8004 с выходом муки 70 %.

Крупнообразующую способность определяли путем измельчения зерна на трех драных системах. Режим измельчения и нагрузки по системам устанавливали согласно рекомендациям "Правил организации и ведения технологического процесса на мельницах". Для выявления влияния различных методов ГТО однородные образцы зерна измельчали при одинаковых межвалцовых зазорах, установленных предварительными исследованиями. Схема отсева предусматривала сортирование продуктов измельчения на классы крупности: крупная крупка средняя и мелкая, жесткий и мягкий дунсты и мука.

Биохимические и хлебопекарные показатели в муке определяли после 10-дневной отлежки. Все анализы проводили по общепринятым методикам, а пробную выпечку хлеба выполняли по методике центральной лаборатории Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур.

#### ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основании исследования влияния холодного кондиционирования на изменение мукомольных, биохимических и хлебопекарных свойств зерна и муки установлено, что с увеличением влажности зерна, направляемого на I др.с., в пределах от 15,0 до 18,4 % для разных качественных групп, наблюдается увеличение извлечения круподуновых продуктов первого качества средних и мелких фракций

за счет уменьшения количества извлекаемой крупной крупки. Общее извлечение круподунстовых продуктов первого качества, с увеличением влажности зерна в указанных пределах, снижается. Так, для пшеницы IY типа I группы стекловидности повышение влажности зерна вызвало уменьшение количества извлекаемых круподунстовых продуктов первого качества на 9,4 %. Для зерна II группы стекловидности изменение влажности от 14,0 до 17,0 % снизило извлечение продуктов первого качества на 5,0 %. Средневзвешенная зольность продуктов извлечения I-III др.с. с увеличением влажности зерна, направляемого на I др.с., уменьшается.

Исследование влияния влажности зерна, направляемого на I др.с., на изменение его мукомольных свойств и биохимических и хлебопекарных достоинств муки позволило сделать вывод о том, что с увеличением влажности зерна выход муки уменьшается, ее зольность снижается. Из биохимических показателей отмечается снижение сахаробразующей способности муки, объемный выход и пористость хлеба, с увеличением влажности зерна, направляемого на I др.с., увеличиваются, но до определенного предела.

Подобные закономерности наблюдаются и при исследовании влияния влажности зерна пшеницы I и III типов.

Количественное изменение извлечения круподунстовых продуктов первого качества с увеличением влажности зерна, направляемого на I др.с., может быть объяснено изменением структурно-механических свойств зерна, происходящих под влиянием расклинивающего действия воды, а снижение средневзвешенной зольности продуктов извлечения, согласно исследованиям Е.Д. Казакова и И.А. Сахаровой, объясняется переносом минеральных веществ из эндосперма в зародыш. Кроме этого, снижение зольности можно объяснить повышением эластичности оболочек и лучшим отделением последних от эндосперма.

На основании проведенных исследований можно рекомендовать при переработке пшеницы следующие пределы влажности зерна, направляемого на I др.с.: пшеница IV типа I группы стекловидности 16,5 ÷ 17,5 %; II группы стекловидности 16,0 ÷ 16,5 %, для III группы стекловидности 15,5 ÷ 16,0 %; пшеница I типа I группы стекловидности 15,0 ÷ 16,0 %, для II группы стекловидности - 15,0 ÷ 15,5 % и для III группы стекловидности 14,0 ÷ 15,0 %.

Из анализа результатов исследования влияния продолжительности отволаживания зерна в процессе холодного кондиционирования на изменение технологических свойств зерна установлено, что с увеличением продолжительности отволаживания в пределах 4 ÷ 24 ч извлечение крупной крупки уменьшается, зольность ее снижается. Эти изменения особенно заметны при отволаживании в первые 4 ч. Наряду со снижением извлечения крупной крупки, с увеличением продолжительности отволаживания возрастает извлечение круподуновых продуктов первого качества средних и мелких фракций. Средневзвешенная зольность продуктов извлечения первого качества снижается с увеличением продолжительности отволаживания до 12 ч.

Из исследований влияния продолжительности отволаживания на выход и качество муки 70 % помола установлено, что с увеличением продолжительности отволаживания до 10 ÷ 12 ч для пшеницы IV типа I и II групп стекловидности и до 6 ÷ 8 ч для III группы стекловидности выход муки возрастает на 0,5 - 1,0 %, а зольность ее снижается. Дальнейшее увеличение продолжительности отволаживания не дает заметного эффекта улучшения технологического процесса. Остальные показатели существенных изменений не претерпевают. Так, если для зерна I группы стекловидности при отволаживании 6 ч получена мука с зольностью 0,53 %, то при отволаживании 10 ÷ 12 ч зольность муки снизилась до 0,51 % при увеличении общего выхода муки

на 0,5 %. Для зерна II группы стекловидности зольность уменьшилась на 0,03 % при увеличении общего выхода на 1,0 %. При исследовании влияния продолжительности отволаживания зерна III группы стекловидности зольность изменилась с 0,56 %, при продолжительности отволаживания 4 ч, до 0,51 % - при отволаживании 6 + 8 ч.

Кроме этого, исследованиями установлено, что с увеличением продолжительности отволаживания снижается сахаробразующая способность, несколько расслабляется клейковина, а хлебопекарные показатели муки получили лучшую оценку при продолжительности отволаживания зерна 4 + 12 ч.

Эти данные подтверждают ранее проведенные исследования Г.А. Егорова и Т.П. Петренко и могут быть объяснены завершением периода активного разрыхления эндосперма, а также частичным отслаиванием оболочек и повышением их эластичности.

На основании проведенных исследований влияния продолжительности отволаживания на изменение мукомольных, биохимических и хлебопекарных достоинств для пшеницы I, III и IV типов определена технологически целесообразная продолжительность отволаживания, приведенная в табл.3.

Таблица 3.

Рекомендуемая продолжительность отволаживания при колодном кондиционировании

Тип пшеницы	Группа стекловидности	Продолжительность отволаживания, ч
I	I	8 - 10
	II	8 - 10
	III	6 - 8
III	II	6 - 8
	I	10 - 12
IV	II	8 - 10
	III	6 - 8

Кроме этого, в разделе исследование холодного кондиционирования нами изучено влияние кратности увлажнения и смешивания помольных партий на процесс ГТО.

В результате этих исследований установлено, что кратность увлажнения оказывает влияние на количественно-качественную характеристику круподуновых продуктов первого качества и зависит от стекловидности зерна. На основании проведенных исследований установлено, что для зерна I группы стекловидности кратность должна быть равна 3, для II и III групп стекловидности - 3-2.

Изучая влияние смешивания различного по качеству зерна, уточнили, что смешивание компонентов помольной смеси целесообразнее проводить после их гидротермической обработки при соответствующих режимах.

В работе изучено влияние горячего кондиционирования на изменение мукомольных овойств зерна и биохимических и хлебопекарных достоинств выработанной муки. Горячее кондиционирование осуществляли при атмосферных условиях и при избыточном давлении пара.

Горячее кондиционирование при избыточном давлении пара от  $0,5 \cdot 10^5$  Па до  $3,0 \cdot 10^5$  Па и продолжительности нагрева зерна 40 с проводили по схеме скоростного кондиционирования.

Анализ экспериментальных данных показал, что с увеличением давления пара извлечение крупной крупки снижается, а выход продуктов извлечения первого качества средних и мелких фракций возрастает, что можно объяснить увеличением степени разрыхления эндосперма. При этом с ростом давления зольность крупной крупки повышается особенно при изменении давления от  $1,0 \cdot 10^5$  до  $2,0 \cdot 10^5$  Па. Так, если при давлении пара  $1,0 \cdot 10^5$  Па зольность крупной крупки составляла 1,25 %, то при давлении пара  $1,5 \cdot 10^5$  Па и  $2,0 \cdot 10^5$  Па зольность возросла до 1,29 %.

Это можно объяснить тем, что молекулы воды, нагретые до  $100^{\circ}\text{C}$ , с большей скоростью проникают по всей толщине зерна. Проникающая вглубь зерна нагретая вода вызывает пластифицирование его биополимеров, что на первых этапах обработки способствует снижению извлечения крупной крупки и увеличению извлечения средних и мелких фракций.

Дальнейшее увеличение интенсивности воздействия на зерно паром приводит к чрезмерному размягчению его и затруднению вымалываемости, что сказывается на повышении зольности крупной крупки и снижении общего выхода муки.

Общее извлечение продуктов первого качества с увеличением давления пара имеет тенденцию к снижению. Средневзвешенная зольность круподунстовых продуктов I-III гр.с. с ростом давления пара возрастает. Так, если при давлении пара  $1,0 \cdot 10^5$  Па средневзвешенная зольность равна 0,82 %, то при давлении  $1,5 \cdot 10^5$  Па и  $2,0 \cdot 10^5$  Па соответственно 0,84 и 0,86%. Подобные закономерности наблюдаются и для зерна II и III групп стекловидности, но для III группы проявляются в меньшей мере. Проведенные исследования влияния давления пара на процесс крупобразования для пшеницы III и I типов подтвердили ранее полученные зависимости.

Исследуя влияние давления пара на изменение мукомольных свойств зерна и биохимических и хлебопекарных достоинств муки, установлено, что по мере роста давления пара выход муки снижается, уменьшается также и ее зольность при давлении пара, не превышающем  $(1,0 + 1,5) \cdot 10^5$  Па. Так, наименьшая зольность муки, полученной из зерна I и II групп стекловидности, соответствует давлению пара  $1,0 \cdot 10^5$  Па, для зерна III группы стекловидности наименьшая зольность муки получена при давлении пара  $0,5 \cdot 10^5$  Па.

Сахарообразующая способность муки, по мере роста давления, а, следовательно, и температуры нагрева зерна, снижается. Это

можно объяснить на первой стадии более полным отделением оболочечных частиц, а при повышении температуры до  $53^{\circ}\text{C}$  и выше снижением активности ферментов.

Выход сырой клейковины по мере роста давления пара снижается, а ее упругость и упругость теста повышаются. Удельная энергия деформации теста с повышением давления пара до  $1,0 \cdot 10^5$  Па возрастает, но дальнейшее увеличение давления пара чрезмерно укрепляет клейковину, значительно повышает упругость теста, что вызывает снижение объемного выхода и пористости хлеба.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что, несмотря на сокращение продолжительности отволаживания в несколько раз при обработке зерна паром при жестких режимах, увеличивать давление пара сверх технологически целесообразной величины нельзя, т.к. при этом значительно ухудшаются хлебопекарные достоинства полученной муки.

Проверка метода обработки зерна паром при жестких режимах на пшенице I и III типов показала аналогичные результаты.

Исследование влияния горячего кондиционирования при атмосферных условиях проводили путем увлажнения зерна водой, нагретой до температуры  $40 \pm 80^{\circ}\text{C}$ , с последующим прогреванием в теплоизолированном бункере.

В результате проведенных исследований установлено, что температура воды в пределах  $40 \pm 80^{\circ}\text{C}$  существенного влияния не оказывает на выход и зольность муки, газообразующую способность теста и сахарообразующую способность муки, выход сырой клейковины и ее качество. Исследованиями также выявлено, что температура прогрева  $50^{\circ}\text{C}$  и выше в зависимости от исходного качества зерна несколько снижает выход сырой клейковины, повышает упругость клейковины и теста. Применение прогрева зерна (темперирования) при температуре выше  $50^{\circ}\text{C}$  отрицательно сказывается на выход клей-

ковины, физические свойства теста и хлебопекарные достоинства муки.

Изучение влияния продолжительности отволаживания при горячем кондиционировании на изменение технологических свойств пшениц IУ типа показывает, что с повышением температуры прогрева от 40 до 50°С время, необходимое для отволаживания, сокращается. Так, для пшеницы IУ типа II группы стекловидности оно снизилось с 6 ч при темперировании 40°С до 4 ч при темперировании 50°С. Мукомольные показатели при этом практически остались без изменений, но биохимические и хлебопекарные изменились под воздействием более высокой температуры прогрева зерна.

Исходя из результатов исследования для пшеницы IУ типа II группы стекловидности, следует считать целесообразной температуру прогрева зерна 40°С и продолжительность 1 ч при последующем отволаживании 6 ч.

Горячее кондиционирование пшеницы паром при пониженных тепловых режимах осуществляли в лабораторных пропаривателях, обеспечивающих обработку зерна паром при давлении  $(0,1 + 0,3) \cdot 10^5$  Па и продолжительности прогрева зерна в течение 1 + 6 мин с последующим длительным темперированием 0,5 + 2 ч. Экспериментальные данные IГО пшеницы IУ типа паром при пониженных режимах тепловой обработки для двух групп стекловидности, приведены в табл.4. Анализ данных табл.4 показывает, что с увеличением продолжительности обработки от 1 до 6 мин извлечение крупной крупки снижается, зольность ее изменяется незначительно. Для пшеницы IУ типа I группы стекловидности уменьшение извлечения крупной крупки составило 0,6 %, а снижение ее зольности 0,03 % и имеют наименьшие значения при продолжительности нагрева зерна 2 + 4 мин.

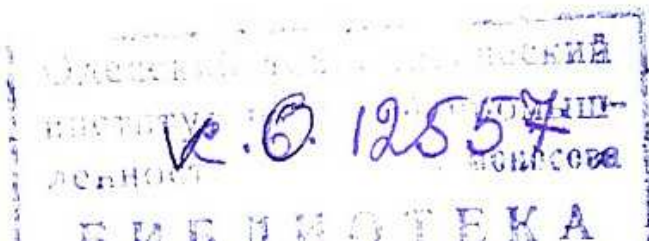


Таблица 4

Влияние обработки зерна паром при пониженных режимах тепловой обработки на извлечение и зольность крупок, дунстов и муки I-III драных систем /пшеница IY типа/

Продолжительность нагрева зерна	Крупная крупка		Средняя + мелкая крупка		Дунст		Мука		Всего продуктов		
	извлечение	зольность	извлечение	зольность	извлечение	зольность	извлечение	зольность	извлечение	зольность	
	%										
I	28,0	1,22	23,9	0,60	14,2	0,55	9,0	0,54	75,1	0,81	0,0108
2	27,5	1,19	24,0	0,59	14,4	0,54	8,5	0,53	74,4	0,80	0,0107
4	27,4	1,19	24,1	0,59	14,5	0,55	8,3	0,53	74,3	0,80	0,0107
6	27,4	1,20	24,0	0,60	14,6	0,55	8,2	0,54	74,2	0,81	0,0108

Стекловидность 68 %, продолжительность отволаживания 6 ч

I	30,1	1,34	20,7	0,61	11,0	0,58	8,2	0,56	70,0	0,91	0,0130
2	28,9	1,33	21,1	0,60	11,3	0,57	8,8	0,55	70,1	0,90	0,0128
4	28,7	1,34	21,2	0,59	11,4	0,57	8,7	0,55	70,0	0,89	0,0127
6	28,6	1,36	21,3	0,59	11,4	0,58	8,0	0,56	69,3	0,91	0,0130

Стекловидность 53 %, продолжительность отволаживания 5 ч

Для II группы стекловидности наименьшая величина зольности получена при продолжительности нагрева 2 мин, для зерна III группы стекловидности лучшее время нагрева зерна паром 1÷2 мин.

С увеличением продолжительности прогрева зерна паром возрастает извлечение средних и мелких фракций круподуновых продуктов первого качества. Средневзвешенная зольность продуктов извлечения имеет наименьшее значение при продолжительности нагрева 2 ÷ 4 мин для зерна I и II группы стекловидности.

Эти выводы подтверждаются экспериментальными данными табл.5. Из данных табл.5 видно, что наиболее целесообразной продолжительностью прогрева зерна паром можно считать для зерна I и II группы стекловидности 2-4 мин, для III группы - 1÷2 мин. При этих режимах проявились наилучшие мукомольные свойства зерна и хлебопекарные достоинства муки.

Проверка данного метода ГТО на других образцах зерна подтвердила, что снижение давления пара до  $(0,1 + 0,3) \cdot 10^5$  Па при увеличении продолжительности нагрева и отволаживания улучшают мукомольные свойства зерна, биохимические и хлебопекарные достоинства муки. На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что метод ГТО при пониженных тепловых режимах положительно влияет на улучшение биохимических и хлебопекарных достоинств муки, а также легко поддается регулированию интенсивности теплового воздействия в случае переработки зерна различного качества.

В работе уделено внимание изучению комплексных методов ГТО. На основании проведенных исследований установлено, что комплексные методы, предусматривающие тепловую обработку, способствуют большему разрыхлению эндосперма. Из рассмотренных шести комплексных методов лучшим может быть признан метод, предусматривающий обработку зерна ультразвуком и в вакууме. При этом методе обеспе-

Влияние продолжительности нагрева зерна паром при пониженных режимах тепловой обработки на мукомольные, биохимические и хлебопекарные показатели муки в зависимости от стекловидности зерна / пшеница IY типа /

Продолжительность нагрева зерна, мин	Биохимические показатели										Физические свойства теста		Хлебопекарные показатели	
	Мука		Сахарообразующая способность теста, на 100 гр муки		Сахарообразующая способность муки, на 10 г муки		Клейковина		Показатели альвеограмм		Показатели теста	Объем хлеба на 100 г муки, м <sup>3</sup>	Пористость мякини, %	
	Выход	Зольность	Газообразующая способность	Зольность	Выход сырой	Водопоглощение	Лептательная способность	Пек-3А, усл. ед.	W10-4	P/L				
1	72,0	0,52	1270	204	27,0	210	68	190	1,8	485	74			
2	72,5	0,52	1300	203	26,8	210	68	190	1,9	490	72			
4	72,7	0,53	1320	201	26,2	208	65	185	2,0	485	72			
6	71,8	0,51	1250	198	26,0	200	63	180	2,1	480	70			

Стекловидность 68 %, продолжительность отволаживания 6 ч

Стекловидность 53 %, продолжительность отволаживания 5 ч

1	71,3	0,49	1170	200	29,3	218	76	190	1,7	510	75
2	71,5	0,48	1180	202	29,1	216	75	195	1,8	515	74
4	72,0	0,49	1200	198	28,9	214	73	193	1,9	510	74
6	71,8	0,49	1170	196	28,7	215	72	193	2,0	500	72

чен больший выход муки, ниже ее зольность и лучшие хлебопекарные достоинства, но реализация данного метода в производственных условиях вызывает затруднения.

Исучая влияние тепла на процесс гидротермической обработки зерна, проведены исследования влияния нагрева на количественно-качественные изменения клейковины, изменение растворимости азотистых веществ и снижение активности фермента каталазы в процессе тепловой обработки зерна. В результате проведенных исследований установлено:

- зерно пшеницы нормального качества не следует нагревать выше  $50^{\circ}\text{C}$ , т.к. нагрев до более высокой температуры вызывает снижение выхода сырой клейковины и ухудшение хлебопекарных достоинств муки;

- обработка зерна паром при жестких режимах снижает водосолерастворимые и спирторастворимую фракции и увеличивает плотный остаток азотистых веществ в три раза;

- нагрев зерна выше  $40^{\circ}\text{C}$  вызывает снижение активности каталазы.

Из анализа исследования влияния температуры на количественно-качественные изменения клейковины, фракционный состав азотистых веществ и активность каталазы следует, что гидротермическую обработку зерна пшеницы целесообразнее проводить при пониженных тепловых режимах, которые позволяют улучшить мукомольные свойства зерна, не вызывая ухудшения биохимических и хлебопекарных достоинств муки, а также способствуют управлению процессом ГТО зерна в зависимости от его качества.

После исследования отдельных методов и параметров ГТО нами проведены сравнительные исследования влияния основных методов ГТО на изменение мукомольных свойств зерна, биохимических и хлебопекарных достоинств муки. Сравнительные исследования представ-

лени на примере пшеницы IY типа, табл. 6.

Анализ приведенных данных свидетельствует о том, что применение обработки зерна ультразвуком, вакуумом и теплом повышает степень разрыхления эндосперма, что подтверждается уменьшением извлечения крупной крупки, снижением ее зольности и увеличением извлечения средних и мелких фракций круподунстовых продуктов первого качества. Повышение степени разрыхления эндосперма способствует снижению средне-взвешенной зольности продуктов извлечения.

Применение тепловых методов позволило значительно улучшить технологические свойства зерна. Так, если для пшеницы IY типа II группы стекловидности при холодном кондиционировании извлечение крупной крупки оставило 33,7 % с зольностью 1,29 %, при горячем кондиционировании крупной крупки получено 32,9 %, а ее зольность 1,25 %.

Вакуумное кондиционирование способствовало более глубоким структурно-механическим изменениям в зерне, а извлечение крупной крупки составило 30,6 % с зольностью 1,27 %. Обработка зерна ультразвуком и в вакууме практически не внесла существенных изменений в перераспределение извлечения продуктов первого качества.

Воздействие на зерно паром при пониженных тепловых режимах позволило снизить извлечение крупной крупки до 28,9 % за счет увеличения извлечения средних и мелких фракций. При этом общее извлечение и средневзвешенная зольность продуктов извлечения I-III др.с. незначительно уступает результатам, полученным при вакуумном кондиционировании.

Исследуя влияние различных методов ГТО, можно сделать вывод о том, что повышение интенсивности воздействия на зерно способствует большему извлечению круподунстовых продуктов первого качества средних и мелких фракций.

Сравнительные исследования влияния основных методов ГТО зерна на извлечение и зольность крупок, дунстов и муки I-II дражных систем (пшеница IY типа)

Методы кондиционирования	Крупная крушка		Средняя и мелкая крушки		Дунст		Мука		Всего продуктов			
	извлечение	зольность	извлечение	зольность	извлечение	зольность	извлечение	зольность	извлечение	средневзвешенная зольность на 1% влечения	средневзвешенная зольность	влечения
Холодное кондиционирование	33,7	1,29	18,7	0,58	10,7	0,56	6,6	0,54	69,7	0,92	0,0132	
Обработка ультразвуком	33,6	1,29	19,0	0,57	10,9	0,54	6,4	0,53	69,9	0,91	0,0130	
Обработка паром при ленточных режимах	33,6	1,34	19,1	0,66	10,8	0,57	6,9	0,54	70,4	0,94	0,0134	
Обработка паром при пониженных тепловых режимах	28,9	1,33	21,1	0,60	11,3	0,57	8,8	0,58	70,1	0,90	0,0126	
Вакуумное кондиционирование	30,6	1,27	21,4	0,58	11,2	0,56	7,0	0,55	70,2	0,87	0,0124	
Горячее кондиционирование при атмосферных условиях	32,9	1,25	19,5	0,55	11,0	0,52	6,7	0,48	70,1	0,87	0,0123	
Обработка ультразвуком в вакууме	30,4	1,27	21,3	0,58	11,4	0,54	6,9	0,54	70,0	0,86	0,0123	

Стекловолоконность 53 %

%

В табл. 7 представлены экспериментальные данные влияния основных методов ГТО на изменение мукомольных свойств зерна, биохимических и хлебопекарных достоинств муки 70% выхода. Результаты исследования влияния основных методов ГТО на изменение технологических показателей зерна свидетельствуют о том, что наиболее эффективным является комплексный метод обработки зерна ультразвуком и в вакууме. Так, этот метод ГТО позволил получить выход муки 72,0% с зольностью 0,47%, при горячем кондиционировании 72,2% с зольностью 0,47%, тогда как при холодном кондиционировании выход муки 72,0% с зольностью 0,50%. Обработка зерна паром при пониженных тепловых режимах обеспечила выход муки 71,5%, а ее зольность 0,48%. Сахарообразующая способность муки при методах ГТО, предусматривающих тепловое воздействие, несколько снижается.

Хлебопекарные достоинства муки, полученной из зерна II группы стекловидности при холодном кондиционировании, характеризуются объемным выходом хлеба  $485 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$  и пористостью 76%, тогда как при горячем кондиционировании объем хлеба был  $525 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$  и пористость 78%.

Проанализировав хлебопекарные показатели в зависимости от метода ГТО, можно установить, что наименьший объемный выход хлеба  $460 \times 10^{-6} \text{ м}^3$  и пористость 72%, соответствуют обработке зерна паром при жестких режимах. Обработка зерна паром при мягких режимах позволила получить объем хлеба  $515 \times 10^{-6} \text{ м}^3$  и пористость 74%.

Для остальных качественных групп исследуемого зерна получены аналогичные зависимости.

Для более полного изучения влияния рекомендуемых методов гидротермической обработки при пониженных тепловых режимах на изменение технологических свойств зерна и определение оптимальных параметров кондиционирования, в исследованиях применен метод

Сравнительные исследования влияния основных методов ГГО зерна на мукомольные, биохимические и хлебопекарные показатели муки (пшеница IY типа)

Метод и режим кондиционирования	Мука		Биохимические показатели				Физические свойства теста		Хлебопекарные показатели		
	Выход, зольность	%	газообразуемость	сахарообразующая способность теста, мл CO <sub>2</sub> на 100г муки	клейковина	выход сырой клейковины	поглощение воды	показание альвеограмм	объем хлеба из 100 г муки	пористость мякиши, %	
Холодное кондиционирование	72,0	0,50	II70	205	29,2	215	81	I70	1,5	485	76
Обработка ультразвуком	72,0	0,49	II60	204	29,5	218	80	I80	1,6	495	76
Обработка паром при жестких режимах	71,0	0,50	III0	188	27,3	186	68	I89	2,5	460	72
Обработка паром при пониженных температурных режимах	71,5	0,48	II80	202	29,1	216	75	I95	1,8	515	74
Вакуумное кондиционирование	72,0	0,48	II70	203	29,6	218	78	200	1,6	520	76
Горячее кондиционирование при атмосферных условиях	72,2	0,47	II70	200	29,3	222	79	I90	1,6	525	78
Обработка ультразвуком и в вакуум.	72,0	0,47	II70	202	29,9	220	78	200	1,7	520	76

Стекловолоконность 53 %

планирования экспериментов.

При изучении метода ГТО путем увлажнения зерна нагретой водой с последующим прогреванием в теплоизолированном бункере, приняты независимые факторы:

$T_в$  - температура воды,  $^{\circ}\text{C}$  ;

$T_з$  - температура зерна в бункере,  $^{\circ}\text{C}$  ;

$T_m$  - продолжительность темперирования зерна в бункере, ч ;

$T_о$  - продолжительность отволаживания после темперирования зерна в бункере, ч.

При исследовании обработки зерна насыщенным паром при пониженных тепловых режимах избрали независимые факторы:

$T_п$  - продолжительность пропаривания зерна, мин;

$T_n$  - продолжительность темперирования зерна в теплоизолированном бункере, ч ;

$T_о$  - продолжительность отволаживания зерна после темперирования, ч.

Критериями оптимизации приняты зольность муки 70 % выхода и объемный выход хлеба, выпеченного из этой муки.

В результате опыта для принятых критериев оптимизации получили уравнения регрессии, из которых определили степень влияния отдельных факторов на процесс ГТО.

Оптимальные значения режимов кондиционирования определили графическим методом путем построения кривых равного значения по каждому параметру оптимизации.

Так, для горячего кондиционирования при атмосферных условиях определены оптимальные режимы кондиционирования:

- температура воды  $40 + 50^{\circ}\text{C}$  ;
- температура нагрева зерна в бункере  $40 + 50^{\circ}\text{C}$  ;
- продолжительность нагрева зерна в бункере  $1,0 + 1,5$  ч для пшеницы I типа и  $1,0 + 2,0$  ч для IV типа;
- общая продолжительность ГТО  $6 + 8$  ч.

Для горячего кондиционирования паром при пониженных тепловых режимах:

- продолжительность нагрева зерна паром  $2 + 3$  мин ;
- продолжительность темперирования зерна в бункере  $1,0 + 1,5$  ч ;
- продолжительность отволаживания в обычных закромах  $4 + 6$  ч.

#### Производственные испытания

Метод обработки зерна паром при пониженных тепловых режимах проверен в производственных условиях на мельзаводе № 2 Одесского комбината хлебопродуктов.

Для реализации предлагаемого метода ГТО разработан и изготовлен кондиционер конструкции ОТИШ шахтного типа, обеспечивающий обработку зерна паром при пониженных тепловых режимах.

Кондиционер конструкции ОТИШ представляет вертикальную шахту в виде трубы  $\varnothing 600$  мм, состоящую из трех секций, которые соединяются между собой фланцами. По высоте шахты установлены четыре паропроводящие крестовины во второй и третьей секциях со специальными конусами, служащими для перемешивания зерна во время его движения сверху вниз и недопущения сводообразования внутри шахты. Парораспределительные крестовины и конуса развернуты один относительно другого на  $30^{\circ}$ .

В верхней секции кондиционера установлены два нагревательные элемента, которые включаются в работу в случае необходимости и могут работать независимо один от другого.

Выпускное устройство обеспечивает равномерный выпуск зерна по всему сечению шахты. Высота кондиционера 3500 мм, давление подводимого пара  $(0,2 + 0,3) \cdot 10^5$  Па, температура нагрева межзернового пространства  $38 + 45^\circ\text{C}$ , приращение влаги в аппарате  $0,6 + 0,8$  %. Производительность -  $9 + 10$  т/ч.

Кондиционер испытан в производственных условиях и принят в постоянную эксплуатацию. В результате проведенных испытаний при трехсортном 78 % помоле выход муки высоких сортов увеличился на 2,51 %, а общий выход муки на 1,26 %.

#### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Проведенными исследованиями подтверждено, что гидротермическая обработка зерна перед помолом способствует улучшению его мукомольных, биохимических и хлебопекарных достоинств и повышению эффективности технологического процесса производства муки.

2. При холодном кондиционировании наиболее существенное влияние на изменение технологических свойств зерна оказывает влажность. С увеличением влажности зерна, поступающего на I драную систему, до 15-17,5 % в зависимости от качества зерна зольность круподуновых продуктов первого качества снижается.

Установлена технологически целесообразная влажность зерна определенного качества, при которой проявляются лучшие его мукомольные и хлебопекарные достоинства.

3. Определено рациональное время отволаживания зерна различных качественных групп при холодном кондиционировании (темпера-

тура  $15 \pm 20^{\circ}\text{C}$ ), которое изменяется в пределах  $6 \pm 12$  ч. Увеличение продолжительности отволаживанья сверх указанного не дает заметного улучшения технологических свойств зерна.

4. Изученные методы горячего кондиционирования показали положительное влияние температурного фактора на эффективность всего технологического процесса производства муки, что связано с ускорением структурно-механических и биохимических изменений в зерне.

5. Разработка и исследование методов горячего кондиционирования зерна при пониженных режимах тепловой обработки (увлажнение зерна горячей водой с последующим темперированием в теплоизолированном бункере и обработка зерна паром при пониженных режимах) показали, что эти методы просты по устройству и позволяют получать результаты, не уступающие скоростному кондиционированию.

6. Обработка зерна пшеницы при пониженных тепловых режимах (нагрев зерна до  $40 \pm 45^{\circ}\text{C}$ ) способствует существенному улучшению мукомольных и биохимических свойств зерна, а также хлебопекарных достоинств муки. Установлены оптимальные режимы методов горячего кондиционирования при пониженных тепловых режимах.

7. Горячее кондиционирование при избыточном давлении пара выше  $1,5 \cdot 10^5$  Па отрицательно влияет на изменение биохимических и хлебопекарных достоинств муки. Так, при этом снижается выход сырой клейковины, значительно повышается упругость клейковины и теста, что вызывает снижение объемного выхода и пористости хлеба.

8. Комплексные методы гидротермической обработки зерна, включающие тепловую обработку при пониженных режимах, обработку ультразвуком и в вакууме, показали, что лучшими являются сочетания обработки ул. звуком и в вакууме, что объясняется повышением скорости проникновения влаги в зерно под действием ультразвука и увели-

чением съема влаги в связи с повышением температуры парообразования при вакуумировании.

9. Сравнительные исследования и расчет приведенных годовых затрат по основным методам ГГО свидетельствуют о том, что по технологическим и технико-экономическим показателям наиболее эффективными являются методы горячего кондиционирования при пониженных тепловых режимах.

10. Проведенные производственные испытания метода обработки зерна паром при пониженных тепловых режимах на мельзаводе подтвердили технологическую и технико-экономическую целесообразность указанного метода, при котором достигнуто увеличение выхода муки высших сортов на 2,51 %, общего выхода муки на 1,26 % при некотором улучшении качества муки высших сортов по цвету и зольности.

Экономический эффект от внедрения данного метода на мельзаводе производительностью 240 т/сутки составит 118 тыс. руб. в год.

11. Для реализации данного метода в производственных условиях разработан и изготовлен кондиционер конструкции ОИИИ.

Кондиционер установлен и испытан в зерноочистительном отделении мельзавода № 3 Одесского комбината хлебопродуктов.

Кондиционер ОИИИ обеспечивает производительность зернового потока 8 + 10 т/ч, нагрев зерновой массы 38-45°С, приращение влаги 0,6 + 0,8 %.

По материалам диссертации опубликованы следующие работы:

1. Б.Н. Петруня. Влияние обработки зерна паром на изменение его технологических свойств. Известия вузов "Пищевая технология", № 5, 1972.
2. И.Т. Мерко, Б.Н. Петруня. Горячее кондиционирование пшеницы. М., Сб. "Хранение и переработка зерна", серия "Мукомольно-крупяная"

промышленность", ЦНИИТЭИ Минзага СССР, вып. 5, 1973.

3. И.Т. Мерко, Б.Н. Петруня. Комплексные методы гидротермической обработки пшеницы. Известия вузов "Пищевая технология", № 4, 1973.

4. И.Т. Мерко, Б.Н. Петруня. Исследование технологической эффективности некоторых методов кондиционирования пшеницы. Реферативная информация о законченных научно-исследовательских работах в вузах УССР. Пищевая промышленность, вып.9, 1974.