

Авторефер.  
К 56

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ имени М. В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

КОВАЛЕНКО Михаил Алексеевич

УДК 664.64.03:001.5

**И С С Л Е Д О В А Н И Е  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
МУКИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ  
УСЛОВИЯХ ЕЕ БЕСТАРНОГО  
ХРАНЕНИЯ**

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

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Одесса \* 1983

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
имени М.В.ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Коваленко Михаил Алексеевич

УДК 664.64.03:001.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МУКИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ  
УСЛОВИЯХ ЕЕ БЕСТАРНОГО ХРАНЕНИЯ

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

Переучет 19 ~~83~~

V 014354

Автореферат диссертации на соискание ученой  
степени кандидата технических наук

Одесса - 1983

Работа выполнена в Одесском технологическом институте пищевой промышленности имени М.В.Ломоносова и Молдавском производственном объединении хлебопекарной промышленности.

Научный руководитель — доктор технических наук,  
профессор Мерко И.Т.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,  
профессор Казаков Е.Д.  
кандидат технических наук  
Буренин П.Д.

Ведущее предприятие: Кишиневский комбинат хлебопродуктов  
Минзага МССР

Защита состоится "7" сентября 1983 г. в 10<sup>30</sup> час. на заседании специализированного совета К 008.35.02 в 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 им.М.В.Ломоносова.

Автореферат разослан "5" августа 1983 г.

с. в.  
Ученый секретарь  
специализированного совета  
кандидат биологических наук,  
доцент

*с.в. 14357*  
В.П. Дутко

Одесский технологический  
институт пищевой промыш-  
ленности им. М. В. Ломоносова  
БИБЛИОТЕКА

Актуальность работы. Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1981-1985 годы и на период до 1990 года, в Продовольственной программе, принятой на майском (1982 г.) Пленуме ЦК КПСС, перед мукомольной промышленностью поставлена задача дальнейшего увеличения производства муки путем мобилизации интенсивных факторов, в числе которых большое значение придается повышению производительности труда и фондоотдачи, повышению эффективности капитальных вложений, снижению потерь и повышению эффективности использования сырья. В решении этой задачи важное значение имеет совершенствование способов и устройств для бестарных операций с мукой, что позволит существенно повысить производительность труда на мукомольных и хлебопекарных предприятиях, уменьшить потери муки, улучшить санитарно-гигиенические условия производства и избавиться от тяжелого физического труда.

Темпы внедрения бестарных операций с мукой еще отстают от требований, предъявляемых Постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 3 июля 1981 г. Потребность в увеличении объемов бестарных операций с мукой вызывает необходимость дальнейшего совершенствования технических средств с целью удешевления строительства и сокращения затрат на эксплуатацию. Применение бестарных установок, незащищенных от атмосферных воздействий и изготовленных с применением различных материалов, имеет ряд преимуществ по сравнению с типовыми, применяемыми в настоящее время, однако их распространению препятствует отсутствие достаточной информации о происходящих изменениях технологических свойств муки при ее хранении, обусловленных воздействием внешних факторов.

Решение этой задачи связано с необходимостью изучения влияния различных внешних факторов на технологические свойства муки, хранящейся в бестарных установках. Так, для установок бес-

тарного хранения муки, смонтированных на незащищенных от атмосферных воздействий ("открытых") площадках, к числу факторов, влияющих на технологические свойства муки, можно отнести: температуру и относительную влажность наружного воздуха, длительность хранения, аэрацию муки, материал емкости и др. Указанные зависимости изучены недостаточно, что сдерживает широкое применение более экономичных бестарных установок, смонтированных на "открытых" площадках. Важность и актуальность решения указанных вопросов предопределила выбор темы диссертационной работы.

Цель работы. Целью исследования является обоснование применения эффективных способов и режимов бестарного хранения муки в незащищенных от атмосферных воздействий емкостях. Для достижения указанной цели поставлены и решены следующие задачи:

изучено влияние температуры наружного воздуха и ее относительной влажности на технологические свойства муки;

проведен анализ влияния длительности хранения на технологические достоинства муки;

изучено воздействие аэрации на технологические свойства муки;

изучено применение различных материалов для изготовления емкостей, устанавливаемых на незащищенных от атмосферных воздействий площадках, и влияние этих факторов на технологические свойства муки.

Научная новизна. Предложен способ бестарного хранения муки в незащищенных от атмосферных воздействий емкостях; установлено влияние основных факторов (температура и относительная влажность наружного воздуха, материал емкости, аэрация) на изменение технологических свойств муки; получены математические модели, характеризующие взаимосвязь показателей качества муки в процессе ее бестарного хранения при различных внешних условиях.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались: на Всесоюзном семинаре и секции хлебопекарной, макаронной и дрожжевой промышленности НТС Минпищепрома СССР (Киев, 1975 г.), на научной конференции ОТИП им. Ломоносова (г. Одесса, 1979 г.), на научно-технических советах Минпищепрома МССР (г. Кишинев в 1980, 1981, 1982 г.г.).

Публикация результатов. По теме диссертации опубликовано 7 статей и получено авторское свидетельство на изобретение "Способ бестарного хранения в емкостях сыпучего продукта", № 405776.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов и рекомендаций, списка использованной литературы, включающего 71 наименование, приложений. Работа изложена на 145 страницах машинописного текста, содержит 3 рисунка и 33 таблицы.

Практическая ценность работы и реализация результатов. Рекомендован для внедрения в мукомольной и хлебопекарной промышленности способ бестарного хранения муки в незащищенных от атмосферных воздействий емкостях, который является более экономичным по сравнению с существующими. Доказана возможность применения различных материалов для изготовления емкостей, устанавливаемых на незащищенных от атмосферных воздействий площадках. Подтверждена целесообразность аэрации муки, ускоряющей ее созревание и улучшающей условия хранения муки при различной температуре наружного воздуха.

Основные результаты работы внедрены на мукомольных и хлебопекарных предприятиях Молдавии в городах: Бендеры, Оргееве, Вулканешты, Сороки, Кишиневе, Унгенах, Рыбнице и др.

На защиту выносятся результаты исследований бестарного хранения муки в емкостях незащищенных от атмосферных воздействий.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе рассмотрены основные направления совершенствования бестарного хранения муки в нашей стране и за рубежом; приведен обзор исследований по вопросам изменения технологических свойств муки в процессе ее хранения.

Исследованию процессов хранения муки посвящены работы Л.Я. Ауэрмана, Н.П. Козьминой, Е.Д. Казакова, Н.И. Соседова, В.Л. Кривошича, Л.В. Башкиной, П.Д. Буренина, Т.И. Шкваркиной, Т.И. Ейвиной и др. Обобщение и анализ результатов рассмотренных исследований позволили установить следующее: предложены режимы аэрации муки, при которых наблюдается улучшение качества клейковины, однако влияние аэрирования наружным воздухом при его отрицательной температуре на технологические свойства муки изучено недостаточно: принятая в настоящее время длительность отлежки муки не учитывает условий хранения муки в бестарных установках, незащищенных от атмосферных воздействий и нуждается в уточнении;

недостаточно изучено влияние различных внешних факторов на технологические свойства муки при ее бестарном хранении;

отсутствуют данные о возможности применения для изготовления емкостей различных материалов и влияния этого фактора на технологические свойства муки;

недостаточно исследована зависимость качества хлеба от показателей качества муки при ее бестарном хранении в установках, смонтированных на незащищенных от атмосферных воздействий площадках.

В заключении главы сформулированы цель и задачи исследования.

Глава вторая посвящена выбору сорта муки как объекта исследования, обоснованию возможных способов и условий хранения, разработке экспериментальной базы, методике проведения лабораторных и производственных испытаний.

Для изучения влияния температуры и относительной влажности наружного воздуха на технологические свойства муки при ее хранении в емкостях, смонтированных на "открытых" площадках, выбирались условия, при которых температура наружного воздуха была положительной (в летний период), отрицательной (зимний период) и близкой к 0°С (в осенне-весенний период).

Размеры экспериментальных емкостей выбраны геометрически подобными производственным (типа МIII) с коэффициентом пропорциональности  $A = \frac{1}{4}$ .

В качестве материала экспериментальных емкостей выбраны: сталь, полиэтиленовая пленка, брезент, прорезиненная лента. Изменение технологических свойств муки определяли по ее температуре, влажности, содержанию клейковины, газообразующей способности, пробным выпечкам, а также по показателям альвеографа, вальориграфа, ИДК.

Измерение температуры муки в емкостях и наружного воздуха проводилось при помощи автоматического многоточечного самопишущего моста МС I-08, гр.23, шкалой - 25°С...+50°С.

Аэрирование муки осуществлялось через микропористую перегородку с воздухопроницаемостью 150...170 л.м<sup>2</sup>/ч и давлением воздуха перед ней 200...250 мм вод.ст. шесть раз в сутки по 20 мин.

Производственные испытания проводились на установке, состоящей из двух силосов типа МIII, смонтированных на открытой площадке мукомольного завода в г.Бендеры, оборудованных вентиляционной установкой для аэрирования муки и термометрами сопротивления с многоточечным автоматическим мостом.

Отбор образцов осуществлялся через каждые пять суток хранения муки. Технологические свойства муки и происходящие с ними изменения под воздействием перечисленных условий сопоставлялись с показателями пробных выпечек. Математическая задача, целью ко-

торой было выявление взаимосвязи показателей качества муки и хлеба, формировалась как аналитическое выражение, показывающее, как объемный выход и пористость хлеба ( $Y_1, Y_2$ ) зависят от влияющих факторов  $X_1 \dots X_{13}$ , т.е.  $Y = f(X_1 \dots X_{13})$ , где  $X_1 \dots X_{13}$  показатели качества муки.

Анализ экспериментальных данных был проведен на ЭВМ при помощи пакета прикладных программ "Регрессионный анализ и прогнозирование", разработанных НИИЭИ Госплана Литовской ССР. В результате расчетов получены регрессионные модели процессов, где оценка параметров регрессий сопровождалась определением коэффициента корреляции. Адекватность полученных уравнений регрессии и корреляционных связей реальным процессам подтверждена проверкой показателей качества муки и хлеба на пятнадцатые сутки хранения муки.

В третьей главе приводятся результаты влияния отдельных факторов на технологические свойства муки.

Влияние температуры наружного воздуха на температуру хранящейся в "открытых" бестарных установках муки изучали при различной температуре ( $+6 \dots +30^\circ\text{C}$ ,  $+18 \dots -18,5^\circ\text{C}$ ) и относительной влажности наружного воздуха 62% ... 86%. Установлено, что температура пограничного слоя муки в большей мере зависит от температуры наружного воздуха чем средние слои, что может быть объяснено низкой теплопроводностью муки. При аэрации муки в емкостях наружным воздухом заметно приближение температуры всех ее слоев к температуре наружного воздуха. Аэрирование муки наружным воздухом при транспортировании и хранении способствует уравниванию температурного перепада между мукой и наружным воздухом, что позволяет предупредить конденсацию влаги на внутренних поверхностях силосов при отрицательной температуре наружного воздуха.

Относительная влажность наружного воздуха не оказывала существенного влияния на влажность хранящейся муки независимо от

материала емкостей, режимов хранения (с аэрированием или без него) и времени года. В производственной установке объем муки, защищенной ее пристенным пограничным слоем, значительно превышает массу муки, находящуюся в пограничном слое, поэтому влияние наружной температуры на среднюю температуру муки в силосе менее заметно, чем это имеет место в экспериментальных емкостях.

Изучено влияние температуры наружного воздуха на технологические свойства муки. При положительной температуре наружного воздуха ( $+7\dots+30^{\circ}\text{C}$ ) за первые пять-десять суток бестарного хранения муки в емкостях из различных материалов отмечено некоторое увеличение содержания клейковины, улучшение отдельных показателей качества муки и объемного выхода хлеба. Через пятнадцать суток хранения несколько возросли газообразующая способность, удельная работа деформации теста, упругость теста, однако объемный выход хлеба немного снижался, хотя был выше чем в контрольном образце. В летний период исследования проводились на муке, выработанной из помольной партии, в которой 40...60% содержалось свежееубранного зерна, и устойчивой корреляции между показателями качества муки и хлеба не выявлено. Если же взять за основу объемный выход, пористость и органолептические показатели качества хлеба, то можно предположить, что оптимальный срок, необходимый для отлежки, в этот период находится в пределах от пяти до десяти суток.

При отрицательной температуре наружного воздуха ( $-1\dots-3^{\circ}\text{C}$ ) после пяти суток бестарного хранения муки отмечено некоторое увеличение содержания клейковины, упругости теста и снижение удельной работы деформации теста и объемного выхода хлеба. После десяти суток хранения муки отмечено незначительное снижение объемного выхода хлеба. После пятнадцати суток улучшились показатели качества муки и пробных выпечек. Это указывает на то, что

для улучшения хлебопекарных свойств муки необходимо большее время чем это имеет место при положительной температуре наружного воздуха.

Проверка результатов, полученных на экспериментальной установке, осуществлялась на производственной установке по той же методике. Исследование проводилось при отрицательной температуре наружного воздуха, как менее изученной, на муке I сорта. Результаты производственных испытаний соответствовали полученным на экспериментальной установке.

Продолжительность хранения является одним из важных факторов, оказывающих воздействие на процесс созревания муки. Поэтому в работе проведены исследования и выявлены изменения технологических свойств муки в зависимости от продолжительности хранения в емкостях, установленных на "открытых" площадках. Результаты опытов группировались в зависимости от температуры наружного воздуха. Конечные результаты хранения муки при прочих равных условиях зависели от исходных свойств клейковины. При отлежке муки качество слабой клейковины улучшилось. Так, при положительной температуре наружного воздуха ( $+18...+28^{\circ}$ ) количество сырой клейковины в муке возрастало к первоначальному после пяти суток на 0,6%, после десяти - на 1,35%, после пятнадцати - на 1,7%. Показатели количества сырой клейковины в опытных партиях оказались выше чем в контрольной. Удельная работа деформации после пяти суток снизилась на 0,3% по сравнению с первоначальным показателем, а после десяти и пятнадцати суток возросла соответственно на 7,6% и 9,5%. По показателю отношения упругости и растяжимости ( $P/L$ ) устойчивой зависимости от сроков хранения муки не установлено. Водопоглотительная способность к исходному после пяти и десяти суток снижалась на 2,9 и 0,7%, а после пятнадцати - воз-

росла на 0,9%. Объемный выход хлеба увеличился после пяти суток хранения муки на 8,6%, после десяти суток этот показатель не изменился, после пятнадцати - на 9,6% был выше, чем в исходном.

При отрицательной температуре наружного воздуха изменения технологических свойств муки, хранимой в экспериментальных емкостях, были менее заметны чем при положительной температуре (табл. I).

Таблица I

Влияние отрицательной температуры на технологические свойства муки I сорта (помольная партия № 2, температура в пределах  $-1...-8^{\circ}\text{C}$ )

Показатели	I сутки		5 суток		10 суток		15 суток	
	опыт	конт- роль	опыт	конт- роль	опыт	конт- роль	опыт	конт- роль
Содержание сырой клейковины %	28,1	28,1	28,4	28,2	28,6	28,0	29,2	28,4
То же сухой, %	11,3	11,3	11,3	11,2	11,3	11,8	11,4	11,6
Показатель ИДК	56,0	56,0	57,0	56,0	62,0	57,0	64,0	56,0
Упругость теста по альвеографу, мм	92,0	92,0	90,0	90,0	90,0	95,0	98,0	94,0
Растяжимость теста по альвеографу, мм	94,0	94,0	96,0	95,0	99,0	95,0	98,0	96,0
Удельная работа деформации, Дж. $10^{-4}$	301,0	301,0	309,1	280,0	328,0	330,0	336,0	320,0
Водопоглощительная способность муки	65,0	65,0	64,0	63,0	64,0	64,0	64,1	64,0
Газообразующая способность, $\text{см}^3$	1320,0	1320,0	1330,0	1320,0	1332,0	1326,0	1330,0	1326,0
Объемный выход хлеба, $\text{см}^3$	540,0	540,0	536,0	560,0	558,0	540,0	560,0	535,0
Пористость хлеба, %	71,0	71,0	74,0	71,0	74,0	72,2	74,1	72,0

Приведенные данные показывают, что положительные изменения технологических свойств муки происходили при отрицательной темпе-

ратуре наружного воздуха, однако этот процесс несколько замедлен и завершается, в основном, к пятнадцати суткам бестарного хранения.

Установлено, что хранение муки в силосах в летний период приводило к некоторому возрастанию кислотности, что явилось следствием накопления в муке жирных кислот в результате гидролиза жира муки. При отрицательной температуре наружного воздуха хранение муки в течение пятнадцати суток не приводило к заметному изменению кислотности и кислотного числа, что подтверждает результаты, приведенные в работах Н.П.Козьминой и Л.В.Башкиной. Видимо, гидролитическое расщепление жиров в условиях отрицательных температур происходит медленнее.

Оценивая полученный результат, можно прийти к выводу, что в процессе хранения муки клейковина укрепляется. В опытных и производственных бестарных установках созревание муки происходило заметнее чем в контрольных образцах, затаренных в мешки. Н.П.Козьмина указывает на существенную роль при созревании муки процессов гидролиза липидной фракции и появление в результате этого свободных непредельных жирных кислот, а также продуктов окисления, образующихся только в присутствии кислорода и ускоряющих процесс изменения свойств муки. Этим можно объяснить скорость изменения свойств муки при тарном и бестарном способе хранения, а также замедленное ее созревание при отрицательной (в исследуемых пределах) температуре наружного воздуха. Существенную роль при этом играет исходное качество муки.

Насыщение муки кислородом воздуха происходит в результате применения пневматических транспортных средств на современных мельничных и хлебопекарных предприятиях. Исследование влияния этого фактора на технологические свойства муки проводилось на

опытных и производственных установках. Аэрирование муки в экспериментальных емкостях при положительной температуре наружного воздуха (средняя температура первых пяти суток  $+22^{\circ}\text{C}$ , вторых  $+20^{\circ}\text{C}$ , третьих  $+14^{\circ}\text{C}$ ) привело к общему улучшению технологических свойств муки. Так, после пяти и десяти суток отмечалось укрепление клейковины и увеличение объемного выхода хлеба. После пятнадцати суток показатели количества клейкозины и  $\text{И}_{\text{дд}}$  практически не менялись, снижался объемный выход хлеба, водопоглотительная способность и сила муки продолжали возрастать, а разжижаемость снижалась, содержание сухой клейковины практически не менялось.

Полученные данные свидетельствуют о том, что при свободном доступе кислорода процесс укрепления клейковины происходит быстрее под воздействием продуктов окисления свободных непредельных жирных кислот.

Экспериментально доказано, что аэрирование муки при отрицательной температуре наружного воздуха также приводит к улучшению показателей ее качества, хотя положительные изменения были менее заметны и отмечались после пятнадцатисуточного хранения.

На производственной установке аэрирование муки проводилось при отрицательной температуре наружного воздуха ( $-1^{\circ}\text{C} \dots -4^{\circ}\text{C}$ ) и режимах, соответствующих экспериментальным. Результаты (табл. 2) соответствовали полученным на экспериментальной установке. Производственные испытания на мельзаводе и хлебокомбинате г. Бендеры в течение длительного времени, куда направлялась мука, подвергавшаяся аэрированию и охлаждению до отрицательных температур, показали, что, не прибегая к особым технологическим приемам, кроме некоторого повышения температуры воды на замес, на хлебозаводе можно получать продукцию хорошего качества. Тестоприготовление велось на жидких, а также больших густых опарах.

Таблица 2

Влияние аэрации на изменение технологических свойств  
муки I сорта при ее бестарном хранении в  
производственной установке

(Отрицательная температура наружного воздуха)  
(-1...-4°C)

Обозначение	I сутки		5 суток		10 суток		15 суток	
	опыт	конт- роль	опыт	конт- роль	опыт	конт- роль	опыт	конт- роль
Содержание сы- рой клейкови- ны, %	26,2	26,2	26,8	26,2	27,2	26,4	27,6	27,2
Показатель ИДК	75,0	75,0	76,0	75,0	76,0	75,0	78,0	79,0
Упругость теста по альвеографу, мм	63,0	63,0	71,0	70,0	69,0	73,0	70,0	72,0
Растяжимость теста по альве- ографу, мм	50,0	50,0	53,0	52,0	54,0	49,8	58,0	49,0
Сила муки, дж. $10^{-4}$	237,0	237,0	240,0	234,0	258,0	243,0	262,0	249,0
Водопоглоти- тельная спо- собность, %	64,4	64,4	65,0	65,6	64,8	64,4	65,6	65,0
Время образова- ния теста по ва- лориграфу, мин	8,0	8,0	8,0	9,0	9,5	8,0	8,5	9,0
Стабильность тес- та по валоригра- фу, мин	3,0	3,0	3,0	3,2	3,0	3,0	3,0	3,0
Газообразующая спо- собность муки	1160,0	1160,0	1180,0	1160,0	1190,0	1190,0	1200,0	1190,0
Объемный выход хлеба	552,0	552,0	540,0	552,0	555,0	540,0	560,0	556,0
Пористость хлеба	74,0	74,1	74,6	75,8	75,0	72,4	75,0	75,0

Анализ полученных данных показывает, что получаемый техно-  
логический эффект при аэрации муки I сорта с нормальной и слабой  
клейковиной позволяет положительно оценить аэрацию муки в бес-  
тарных устройствах, хотя при отрицательной температуре наружного  
воздуха положительные изменения менее заметны. Объяснить полу-  
ченные результаты можно процессами гидролиза липидной фракции.

Поиск для бестарных установок новых экономически выгодных  
технических решений побуждает к использованию для изготовления

емкостей различных материалов. Влияние материала емкости на свойства хранящейся в ней муки изучалось на экспериментальной установке.

При положительной температуре наружного воздуха выявлено, что количество клейковины в емкостях, изготовленных из различных материалов, не одинаково, однако различия в показателях носили случайный характер и, как правило, находились в пределах погрешности опытов. Содержание клейковины в емкостях из различных материалов отличалось от среднего показателя за 5, 10 и 15 суток хранения соответственно 0,2%...1,3%, 0,01%...2%, 0,8%...2,4%. Содержание  $CO_2$  в отдельных емкостях после 10 суток отличалось от среднего на 1,3%...5,6%. Устойчивых тенденций при этом не было выявлено. Подобные результаты получены и для других показателей качества муки и пробных выпечек.

Исследования, проведенные при отрицательной температуре наружного воздуха не выявили иных закономерностей во влиянии материала емкости на технологические свойства муки.

Полученные данные свидетельствуют о том, что материал емкости не оказывает существенного влияния на изменение технологических свойств муки при ее бестарном хранении.

Четвертая глава посвящена моделированию процесса бестарного хранения муки в емкостях, установленных на "открытых" площадках и исследованию взаимосвязи между показателями свойств муки и качеством пробных выпечек при различных внешних условиях бестарного хранения муки. Оценивая рассчитанные коэффициенты вариации, показатели ошибки средней арифметической и ее достоверность, пришли к выводу, что выборки достаточно однородны и поэтому выбранные показатели качества муки могут быть использованы в уравнениях регрессии. При помощи расчетов, проведенных на ЭВМ, выбиралась форма связи исследуемых показателей по одному из девятнадцати

уравнений регрессии и получены уравнения регрессии, коэффициенты уравнений, коэффициенты парной корреляции, остаточная дисперсия, характеризующие зависимость показателей качества муки и хлебных выпечек.

При бестарном хранении в емкостях на "открытых" площадках и положительной температуре наружного воздуха показатели качества муки, изменявшиеся под воздействием внешних факторов и длительности хранения, находились в слабой корреляционной связи с показателями хлебных выпечек. Полученный результат можно объяснить использованием в помольной партии зерна нового урожая, что имело место в летний период, и воздействием положительной температуры, стимулирующей созревание муки.

Регрессионный анализ связи качества муки и объемного выхода хлеба при отрицательной температуре наружного воздуха показан в табл. 3.

Таблица 3

Зависимость объемного выхода хлеба ( $Y_1$ ) от показателей качества муки при отрицательной температуре наружного воздуха

Наименование показателей	Уравнение регрессии	Коэф. корреляции	Коэффициенты уравнения		
			$a_0$	$a_1$	$a_2$
I	2	3	4	5	6
Газообразующая способность ( $X_2$ )	$Y_1 = a_0 + a_1 x$	0,71	-22,7	0,47	-
Содержание клейковины:					
сырой ( $X_3$ )	$Y_1 = a_0 e^{a_1 x}$	0,63	420,6	0,009	-
сухой ( $X_4$ )	$Y_1 = a_0 + \frac{a_1}{x} + \frac{a_2}{x^2}$	0,75	-103,9	5168,0	27707,0
Показатель ИДК ( $X_5$ )	$Y_1 = a_1 x + a_2 x^2 + a_0$	0,86	-3,7	92,3	-1,2
Упругость ( $X_6$ )	$Y_1 = a_0 + \frac{a_1}{x} + \frac{a_2}{x^2}$	0,72	26,2	45000	800,8
Сила муки ( $X_8$ )	$Y_1 = a_0 e^{a_1 x} + a_2$	0,80	362	0,0053	0,101
Водопоглотительная способность муки ( $X_9$ )	$Y_1 = a_0 + \frac{a_1}{x} + \frac{a_2}{x^2}$	0,87	-174,4	107919	3515021
Время образования теста по В ( $X_{10}$ )	$Y_1 = a_0 + a_1 x$	0,73	12,2	63,6	-

Можно отметить высокую степень связи исследуемых показателей, так как коэффициенты корреляции были, в основном, в пределах 0,68...0,87. Более существенная корреляционная зависимость показателей качества муки и хлеба чем это имело место при положительной температуре наружного воздуха указывает на некоторую стабилизацию происходящих в муке процессов в связи с переработкой зерна, прошедшего послеуборочное дозревание, и низкой температурой среды, замедляющей технологические и биохимические процессы в муке.

Полученные данные, оценивающие технологические свойства муки, хранившейся в емкостях, изготовленных из стали, брезента, полимерной пленки и прорезиненной ткани, а также контрольных образцов, содержащихся затаренными в мешках в складе, сравнивались с качеством выпеченного из отобранных образцов муки хлеба. Статистический анализ показал наличие определенной связи между объемным выходом хлеба для всех материалов емкости с газообразующей способностью, количеством клейковины, показателем ИДК, упругостью теста по альвеографу, временем образования и растяжимостью теста (коэффициент корреляции 0,4...0,7). Таким образом результаты исследования показали, что материал емкости при сопоставимых внешних условиях не оказывает существенного влияния на характер связи показателей качества муки и хлеба.

Результаты влияния аэрации на технологические свойства муки при отрицательной температуре наружного воздуха представлены в табл. 4. Приведенные уравнения регрессий, значения коэффициентов уравнений, коэффициенты парной корреляции и остаточная дисперсия свидетельствуют о том, что аэрирование при отрицательной температуре воздуха муки, выработанной из зерна, прошедшего послеуборочное дозревание, позволяет получить устойчивые связи показателей качества муки и хлеба.

е.б.

10/11/85 7

Таблица 4

Уравнения, значения коэффициентов уравнений и корреляции и корреляции, остаточная дисперсия для оценки зависимости объема хлеба ( $Y_i$ ) от показателей качества муки при ее аэрации наружным воздухом

Наименование показателей	Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции	Остаточная дисперсия						
			1	2	3	4	5	6	7
Газообразующая способность ( $X_2$ )	$Y_1 = a_0 + a_1 X + a_2 X^2$	0,48	2,55	446,3	-709,2	0,554			
Количество клейковины сырой ( $X_3$ )	$Y_1 = a_0 + a_1 X$	0,45	2,60	5,8	18,6	-			
"-" сухой ( $X_4$ )	"-"	0,59	2,35	98,8	43,4	-			
Показатель ИДК ( $X_5$ )	$Y_1 = a_0 + a_1 X + a_2 X^2$	0,90	1,25	2,2	88,9	-1,306			
Упругость теста по А ( $X_6$ )	$Y_1 = a_0 + a_1 X$	0,57	2,39	324,4	2,1	-			
Растяжимость теста по А ( $X_7$ )	$Y_1 = a_0 + a_1 X + a_2 X^2$	0,80	1,72	81,1	-38,0	0,054			
Сила муки ( $X_8$ )	$Y_1 = a_0 + a_1 X$	0,38	2,69	72,4	1,6	-			
Водопоглотительная способность ( $X_9$ )	"-"	0,57	2,40	-2,5	8,75	-			
Время образования теста по В ( $X_{10}$ )	$Y_1 = a_0 e^{a_1 X + a_2 X^2}$	0,68	2,14	167,7	0,008	0,53			
Устойчивость теста по В ( $X_{11}$ )	"-"	0,82	1,65	376,8	0,009	0,268			
Растяжимость теста по В ( $X_{12}$ )	$Y_1 = a_0 + a_1 X + a_2 X^2$	0,68	2,14	-24,1	145,8	-0,99			
Разжижение теста по В ( $X_{13}$ )	$Y_1 = a_0 e^{a_1 X + a_2 X^2}$	0,67	2,15	14,9	0,0078	0,78			

Оценка достоверности прогноза в полученном уравнении регрессии для каждой пары показателей показала, что отклонения не превышали  $\pm 4\%$ . Это позволяет рассматривать полученные уравнения как математические модели взаимосвязи отдельных показателей качества муки и хлеба.

При анализе уравнений применялся метод Дарбина-Уотсона, позволяющий выявить ошибки в корреляции между выборками, называемые автокорреляцией. Так как наличие автокорреляции не подтвердилось, можно считать правильными предположения о взаимосвязи рассматриваемых показателей.

По сравнению с тарными бестарные операции с использованием типовых складов позволяют получить экономический эффект в 2,03 руб. на тонну муки по всему комплексу операций. Применение полученных в диссертации результатов дает существенные экономические преимущества. Расчет экономической эффективности бестарной установки, смонтированной на "открытой" площадке, в сравнении с типовым складом бестарного хранения муки емкостью 300 т показал, что рекомендуемое техническое решение за счет снижения стоимости строительства и эксплуатационных затрат позволяет получить для мельзавода мощностью 245 т/сутки условный годовой экономический эффект в 86 тыс.руб. или 1,5 руб. на 1 тонну грузооборота.

Фактический экономический эффект, полученный от внедрения предложенного автором способа хранения муки в емкостях, смонтированных на "открытых" площадках, на предприятиях Молдавии превысил 100 тыс.руб. в год.

#### ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

I. Установлена принципиальная возможность хранения муки в незащищенных от атмосферных воздействий емкостях. При этом показатели качества муки в сравнении с тарным способом ее хранения

не ухудшаются, а процессы созревания муки ускоряются.

2. Исследовано влияние температуры наружного воздуха на температуру и технологические свойства муки при ее бестарном хранении в емкостях на открытых площадках, в результате чего подтверждена низкая тепло и температуропроводность муки, а также выявлены соотношения показателей качества муки и выпеченного из нее хлеба в виде уравнений регрессий.

3. Установлено, что относительная влажность наружного воздуха не оказывает существенного воздействия на муку при ее бестарном хранении в емкостях, установленных на незащищенных от атмосферных воздействий площадках, что обусловлено их достаточной герметичностью.

4. Выявлено, что аэрирование муки наружным воздухом приводит к положительному технологическому эффекту, выражающемуся в ускорении созревания муки как при положительной  $+14^{\circ}\text{C} \dots +22^{\circ}\text{C}$ , так и отрицательной ( $-2^{\circ}\text{C} \dots -10^{\circ}\text{C}$ ) температуре наружного воздуха. Большой эффект достигается при положительной температуре наружного воздуха. Участие наружного воздуха в теплообменном процессе позволяет предупредить конденсацию влаги на внутренних поверхностях емкостей в зимний период.

5. Разработаны математические модели и установлена взаимосвязь показателей качества муки и выпеченного из нее хлеба при бестарном хранении муки в емкостях, установленных на незащищенных от атмосферных воздействий площадках, и различных внешних условиях.

6. Подтверждено, что при положительной температуре наружного воздуха время, необходимое для созревания муки в бестарных установках, находится в пределах 5...10 суток, при отрицательной температуре наружного воздуха - 8...15 суток.

Положительная и отрицательная температуры наружного воздуха в исследуемых пределах, характерных для средней полосы и некоторых южных районов страны, при длительности бестарного хранения в емкостях на открытых площадках до 15 суток, не оказывают отрицательного воздействия на физико-технологические свойства муки, поскольку процесс созревания в той или иной степени продолжается.

7. При хранении муки, выработанной из свежесобранного зерна, в летний период выявлена слабая корреляционная зависимость показателей качества муки и хлеба. В зимний период при отрицательной температуре наружного воздуха корреляционные связи показателей качества муки и хлеба становятся существенными, что является результатом переработки зерна, прошедшего послеуборочное дозревание, а также замедлением созревания муки, при котором ее качество и показатели качества хлеба ближе совпадают во времени.

8. Выявлено, что для бестарного хранения муки могут быть использованы емкости, изготовленные из различных материалов и установленные на незащищенных от атмосферных воздействий площадках. Материал емкости в исследуемых пределах не оказывает существенного влияния на технологические свойства муки. Металлические емкости, установленные на открытых площадках, успешно эксплуатируются на мукомольных и хлебопекарных предприятиях Молдавской ССР.

9. Экономическая эффективность применения бестарной установки, разработанной диссертантом, по сравнению с типовым складом бестарного хранения муки для мельзавода производительностью 245 т/сутки, составляет 86 тыс.руб. в год.

10. Производственная проверка и внедрение результатов исследования на мельзаводах в городах Бендеры, Оргеев, Дубоссары, Сороки, Вулканешты, а также хлебозаводах в городах Кишиневе, Унгенах, Рыбнице и др. подтверждает эффективность и технологическую

целесообразность применения "открытых" бестарных установок для хранения муки.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Коваленко М.А. Опыт применения аэрожелобов на Бендерской мельнице. - Мукомольно-элеваторная пром-сть, 1969, № 4, с.23.

2. Коваленко М.А. Опыт бестарного хранения муки на предприятиях Молдавии. - Хранение и переработка зерна / ЦНИИТЭИ Минзага, 1970, № 9, с.26-31.

3. А.С. № 405776 Способ хранения в емкостях сыпучего продукта (М.А.Коваленко, В.Г.Дубинин, А.И.Мотыка, С.М.Лебедеико - опубл. в Б.И., 1973, № 45.

4. Коваленко М.А. Из опыта бестарного хранения и отпуска муки. - Мукомольно-элеваторная и комбикормовая пром-сть, 1974, № 4, с.15.

5. Коваленко М.А. Строительство и эксплуатация установок для бестарного отпуска муки открытого типа на мельничных предприятиях Минзага СССР. - В кн.: Тез. докл. к Всесоюз. семинару "Строительство и эксплуатация бестарных складов муки открытого типа" (г.Киев, 1975). М., 1975, с.24-28.

6. Коваленко М.А. Опыт эксплуатации установок бестарного хранения муки открытого типа на предприятиях Министерства заготовок СССР. - Науч.-техн.реф.сб. / ЦНИИТЭИ Пищепром. сер.хлебопекарная и макаронная пром-сть, 1976, № 3, с.5-7.

7. Коваленко М.А. Опыт строительства складов бестарного хранения муки. - Науч.-техн.реф.сб. / ЦНИИТЭИ Минзага, сер. Мукомольно-крупяная пром-сть, 1977, вып.3, с.13-15.

8. Коваленко М.А. Влияние температуры наружного воздуха на физико-технологические свойства муки при бестарном хранении. - Мукомольно-элеваторная и комбикормовая пром-сть, 1980, № 7, с.23.