

Автор ер.
с 83

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

УДК 664.723-11

СТРАХОВА Татьяна Васильевна

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕЦИРКУЛЯЦИОННОГО СПОСОБА СУШКИ
ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Специальность 05.18.03 - первичная обработка, хранение
зерна и другой продукции
растениеводства

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

Переучет 1987

Одесса - 1986

СТ

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

Научный руководитель – доктор технических наук,
профессор **В.И. ЖИДКО**

Официальные оппоненты – доктор технических наук,
профессор П.Н. ПЛАТОНОВ,
кандидат технических наук,
доцент Н.И. МАЛИН

Ведущая организация – Всесоюзный научно-исследователь-
ский и экспериментальный институт
продовольственного машиностроения

Защита состоится "28" ноября 1986 г. в 10³⁰ часов
на заседании специализированного совета К 068.35.02 в Одесском
технологическом институте пищевой промышленности имени М.В. Ло-
моносова, 270039, Одесса, ул. Свердлова, 112.

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

Поверніть книгу не пізніше
зазначеного терміну

12

6 г.

1. ДУТКО

ОНАХТ 06.06.12
Совершенствование ре



v015557

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. "Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1986–1990 годы и на период до 2000 года", принятыми XXVII съездом КПСС, предусматривается довести среднегодовое производство зерна до 250–255 млн. тонн. В Продовольственной Программе СССР на период до 1990 года, принятой на майском (1982г) Пленуме ЦК КПСС, одной из основных задач является: "...борьба за экономию и бережливость, сокращение потерь и повышение качества сельскохозяйственной продукции путем широкого внедрения прогрессивных технологий производства, переработки и хранения ее...".

Эффективным средством достижения этого является совершенствование технологии сушки зерна.

Анализ работы наиболее прогрессивных рециркуляционных зерносушилок показывает, что, обладая рядом преимуществ в сравнении с шахтными сушилками, они имеют некоторые существенные недостатки: сравнительно большие габариты, значительные потери тепла с отработавшим агентом сушки в камерах нагрева и за счет охлаждения рециркулирующего зерна, основное количество влаги удаляется неэффективным способом в плотном малоподвижном слое, не обеспечивается эффективное охлаждение зерна. Широко используемые в практике зерносушения режимы сушки с применением отлежки теоретически обоснованы недостаточно, носят противоречивый характер, а параметры режимов, обеспечивающих наименьшие затраты энергии не определены. В связи с этим работа по совершенствованию режимов сушки зерна с рециркуляцией является актуальной.

Цель работы заключается в разработке режимов сушки зерна пшеницы продовольственного назначения отлежка-сушка и отлежка-охлаждение, позволяющих интенсифицировать процесс и снизить затраты на сушку при условии полного сохранения исходного качества зерна.

Для осуществления этой цели было намечено решить следующие задачи: определить длительность отлежки, обеспечивающую перераспределение влаги из внутренних слоев зерен к поверхностным и получение максимального влагосъема при последующей сушке; установить наиболее рациональный способ подачи сырого зерна на сушку; исследовать закономерности процесса сушки в режиме отлежка-сушка и обосновать параметры, обеспечивающие ведение процесса в периоде постоянной скорости при наименьших затратах тепла на испарение влаги с поверхности зерен; исследовать процесс охлаждения в режи-

Одесский технологический институт пищевой промышленности имени М.В. Ломоносова

БИБЛИОТЕКА

v015557

ме отлежка-охлаждение с рециркуляцией и подачей зерна из контура сушки и обосновать параметры режимов охлаждения; определить предельно допустимые температуры нагрева зерна пшеницы с различным исходным качеством клейковины и установить режимы сушки; осуществить производственную проверку разработанных режимов и определить ожидаемую экономическую эффективность от внедрения их в промышленность; разработать рекомендации по использованию режимов сушки на хлебоприемных предприятиях.

Научная новизна работы состоит в разработке и проверке на практике рациональных режимов отлежка-сушка и отлежка-охлаждение, позволяющих вести процесс сушки при наиболее эффективных и экономических условиях; в определении соотношения длительностей сушки и отлежки, обеспечивающих ведение процесса в периоде постоянной скорости сушки; в установлении кинетических закономерностей процессов сушки и охлаждения зерна в режимах отлежка-сушка и отлежка-охлаждение.

Практическая ценность работы состоит в разработке режимов отлежка-сушка, обеспечивающих снижение затрат топлива на 17...20%, электроэнергии на 11...14% при условии полного сохранения показателей качества зерна и получение годового экономического эффекта 10,3 тыс.руб. на одну сушилку при периоде работы 615 часов по сравнению с зерносушилкой РД-2х25-70, а также режимов отлежка-охлаждение, увеличивающих эффективность и равномерность охлаждения зерна при возможности регулирования степени его охлаждения; в установлении целесообразности подачи сырого зерна в тепломассообменник контура сушки, приводящего к увеличению среднего влагосъема за цикл отлежка-сушка на 25...30% по сравнению со средним влагосъемом при подаче сырого зерна в сушильную камеру зерносушилки.

Апробация работы. Основные положения работы доложены и одобрены на IV Всесоюзной конференции "Механика сыпучих материалов" (Одесса, 1980г), Всесоюзной научно-технической конференции "Дальнейшее совершенствование теории, технологии и техники сушки" (Чернигов, 1981г), Республиканской научно-технической конференции республик Закавказья по актуальным проблемам Продовольственной Программы, посвященной 60-летию образования СССР (Тбилиси, 1982г), научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава ОТИП им.М.В.Домоусова (1979, 1980, 1983, 1984 г.г.). Полученные результаты исследований опубликованы в 8 статьях. Разработанные режимы сушки проверены в производственных условиях на Березинском комбинате хлебопродуктов Одесской области и Ярно-

линецком хлебоприемном предприятии Хмельницкой области.

Структура и объем. Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка литературы, приложений и содержит 107 страниц машинописного текста, 36 рисунков, 11 таблиц. Библиография включает 145 источников, из них 14 иностранных.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Обзор литературы

В обзоре научно-технической литературы приведена общая характеристика зерна пшеницы как объекта исследований, его технологические особенности, рассмотрены и проанализированы существующие режимы сушки зерна с рециркуляцией и основные пути совершенствования режимов сушки.

2. Объект и методы исследований

Исследовали не подвергавшееся сушке зерно пшеницы. Использовали районированные в Одесской области сорта озимой пшеницы Одесская 51, Эритроспермум 127 и перспективные сорта Чайка, Степняк, доставленные с Алягского хлебоприемного предприятия Одесской области и выращенные на сортоучастках Всесоюзного селекционно-генетического института с 1976 по 1982 г.г. с различным исходным качеством клейковины.

В лабораторных условиях процессы сушки и охлаждения зерна изучались на экспериментальной установке кипящего слоя, имеющей две линии подачи воздуха в рабочую камеру - горячего и холодного.

В период отлежки рабочая камера с зерном помещалась на весах, что давало возможность устанавливать влагосъем за цикл отлежка-сушка и рассчитывать массу добавки сырого зерна. Расчетная часть зерна из рабочей камеры отбиралась и добавлялась такая же масса сырого холодного зерна. Отобранное зерно термостатировали. Процесс сушки в режиме отлежка-сушка прекращался, когда навеска зерна в рабочей камере сменялась свежим зерном не менее двух раз. За это время устанавливался устойчивый режим по снижению влажности. По окончании сушки осуществлялось охлаждение и окончательное досушивание зерна в режиме отлежка-охлаждение. Для этого последняя навеска зерна в рабочей камере охлаждалась в режиме отлежка-охлаждение без подачи свежего зерна до температуры наружного воздуха плюс 5°C. Затем часть зерна, равная массе первой отобранной пробы в цикле отлежка-сушка, отбиралась и добавлялась такая же порция горячего зерна из термоса - и так до конца процесса охлаждения. Влагосъем за цикл отлежка-сушка или отлежка-охлаждение оп-

ределался путем взвешивания слоя до и после сушки и охлаждения, а также контроля влажности зерна в отобранных пробах стандартным методом.

Показатели качества пшеницы (влажность, количество и качество сырой клейковины, физические свойства теста, хлебопекарный анализ) определяли по действующим стандартам. Размол зерна для исследования хлебопекарных достоинств муки производили на мельнице МЛУ-202 Бюлера. Оценку качества 70%-ного выхода муки осуществляли после 20-дневной отлежки. Физические свойства теста определяли на альвеографе Шопена и фаринографе Брабендера. Для пробных ремикс-выпечек тесто готовили безопасным способом. Определение количества повторностей в опытах и обработку экспериментальных данных осуществляли общепринятыми методами математической статистики и графически, а также на ЭВМ ЕС 1022.

Режимные параметры процесса, определенные на экспериментальной установке при сушке зерна во взвешенном состоянии, применяли в производственных условиях на сушилке с разрыхленным падающим слоем при соблюдении следующих условий: обеспечение одинакового времени пребывания зерна в камере нагрева, одинаковая удельная подача агента сушки на 1 кг зерна, равенство температур агента сушки на входе и выходе из камеры нагрева, равномерный и одинаковый нагрев всех зерен, создание идентичных условий при смешивании сырого и рециркулирующего зерна.

Разработанные режимы сушки были проверены в 1981-82г.г. по контуру сушки на полупромышленной экспериментальной установке производительностью около 2 пл.т/ч, созданной на Березинском комбинате хлебопродуктов Одесской области. Установка представляет собой физическую модель каскадного подогревателя. Наличие двух бункеров с задвижками для сырого и рециркулирующего зерна из которых зерно через питатель производительностью около 6 т/ч поступало в сушильную камеру, давало возможность регулировать потоки зерна и осуществлять процесс сушки в режиме отлежка-сушка, а наличие норки производительностью 10 т/ч - производить рециркуляцию зерна по контуру сушки.

В производственных условиях проверка разработанных режимов по контуру сушки осуществлена на Ярмолинецком хлебоприемном предприятии Хмельницкой области в период заготовок 1984 г. Сушильная камера представляет собой двухходовый каскадный подогреватель, в ее нижней части установлен теплообменник, из которого через выпускное устройство рециркулирующее зерно норией производительностью 17,5 т/ч подавалось в надсушильный бункер зерносушилки

ДСП-32от и снова возвращалось в сушильную камеру. Зерносушилка ДСП-32от при проведении опытов не работала, а шахты ее были заполнены зерном. Часть просушенного зерна через выпускное устройство подавалась в рабочую башню и после взвешивания направлялась в склад, где охлаждалась активным вентилированием. Сырое зерно подавалось норией производительностью 100 т/ч в теплообменник в количестве, равном количеству просушенного зерна.

3. Результаты исследований

3.1. Определение длительности отлежки

Исследования проводили с целью установления длительности отлежки, обеспечивающей перераспределение влаги из внутренних слоев зерен к поверхностным под действием градиентов влагосодержания и температуры и получение максимально возможного влагосъема за один цикл рециркуляции при сушке в режиме отлежка-сушка с рециркуляцией без подачи в систему сырого зерна.

Параметры процесса изменяли в следующих пределах: температуру агента сушки t от 110 до 140°C с интервалом 15°C, длительности сушки τ_n и охлаждения зерна $\tau_{охл}$ от 5 до 30 с с интервалом 5 с, длительность отлежки $\tau_{отл}$ от 120 до 600 с с интервалом 120 с. Влажность зерна в пределах от 25,3 до 43,0% на сухую массу получали путем искусственного увлажнения.

Полученные результаты обобщались в виде кривых зависимости среднего влагосъема за цикл отлежка-сушка и отлежка-охлаждение от длительности отлежки при различных длительностях сушки и охлаждения зерна.

Исследования показали, что максимальная скорость сушки в режиме отлежка-сушка наблюдалась при τ_n от 5 до 10 с, независимо от начальной влажности зерна. При большей длительности сушки и тех же режимных параметрах скорость сушки снижалась, что указывает на начало углубления зоны испарения внутрь зерен. При установлении $\tau_n = 10$ с, $\tau_{отл} = 360$ с и изменении t от 110 до 140°C процесс сушки обладает высокой эффективностью, так как средний влагосъем за цикл отлежка-сушка составляет 0,5...2,3% (на сухую массу).

Установлено, что в исследуемом диапазоне режимных параметров для перемещения влаги к поверхности отдельных зерен и ведения процесса в периоде постоянной скорости сушки необходимо установить длительность отлежки не менее 360 с. Дальнейшее увеличение длительности отлежки не приводит к существенному приросту среднего влагосъема за цикл отлежка-сушка.

При охлаждении просушенного до конечной влажности $W_k^c = 17,3$... 17,7% зерна в режиме отлежка-охлаждение воздухом с температурой

20°C установлено, что лучших результатов в охлаждении и одновременном подсушивании зерна можно достичь при установлении следующих параметров: длительности охлаждения - 15 с, длительности отлежки не менее 120 с. Количество циклов отлежка-охлаждение при указанных параметрах и охлаждении зерна до $t_o + 5^\circ\text{C}$ составляет: для зерна с конечной температурой нагрева $\theta_k = 55^\circ\text{C}$ - 4, для зерна с $\theta_k = 60^\circ\text{C}$ - 5. Средний влагосъем за цикл отлежка-охлаждение при этом находится в пределах 0,5%.

3.2. Исследование процесса сушки при различных способах подачи сырого зерна

С целью определения рационального способа подачи зерна на сушку, сырое зерно подавали в рабочую камеру двумя способами: в начале и в конце отлежки. Параметры процесса изменяли в следующих пределах: t от 110 до 230°C с интервалом 20°C, $\tau_{от}$ от 240 до 1200 с с интервалом 120 с, τ_n приняли 10 с. Влажность зерна изменяли от 25,6 до 42,0%.

Сравнение полученных данных показало, что при подаче сырого зерна в начале отлежки (в теплообменник зерносушилки) средний влагосъем за цикл отлежка-сушка возрастает на 25...30% по сравнению со средним влагосъемом при подаче сырого зерна в конце отлежки (в сушильную камеру зерносушилки). Это объясняется тем, что в период отлежки в теплообменнике происходит конвективно-кондуктивный подогрев сырого холодного зерна, создавая благоприятные условия для получения максимального влагосъема при последующей сушке. Кроме того, за счет самоиспарения влаги с поверхности, а также при контакте с сырым холодным зерном во время отлежки, поверхность зерна, поступившего в теплообменник из сушильной камеры, охлаждается. При этом направление градиента температуры совпадает с направлением градиента влагосодержания у нагретого подсушенного зерна, что усиливает поток влаги у этого зерна к поверхности и также способствует получению максимального влагосъема в период сушки. Таким образом, подача сырого зерна в начале отлежки позволяет увеличить средний влагосъем вследствие предварительного конвективно-кондуктивного подогрева сырого зерна в контакте с нагретым рециркулирующим, что позволяет снизить число циркуляций, а также одновременно охладить рециркулирующее зерно, что дает возможность отказаться от его промежуточного охлаждения наружным воздухом. Кроме того, в случае подачи сырого зерна в начале отлежки при наличии хорошего перемешивания холодного и нагретого зерна происходит снижение температуры зерна, прошедшего сушку, сразу после выхода его из сушильной камеры. Зерно находится под

воздействием предельной температуры нагрева непродолжительное время (только в сушильной камере) и это способствует сохранению его показателей качества. Уточнено, что и при сушке в режиме отлежка-сушка с рециркуляцией и подачей в систему сырого зерна длительностью отлежки, обеспечивающей максимальный влагосъем за каждый цикл является отлежка не менее 360 с, так как при дальнейшем увеличении ее длительности существенного прироста влагосъема за цикл отлежка-сушка не наблюдалось.

3.3. Установление кинетики сушки зерна в режиме отлежка-сушка и отлежка-охлаждение с рециркуляцией и подачей в систему сырого зерна

На основании проведенных предварительных исследований были избраны следующие пределы основных параметров: $\tau_{от}$ при сушке зерна - 360 с, при охлаждении - 120 с; τ_n или $\tau_{отн}$ от 3 до 15 с, с интервалом 3 с; t от 110 до 230°C, с интервалом 20°C; подача сырого зерна осуществлялась сразу после сушки, то есть в начале отлежки. Удельная нагрузка зерна на решетку составляла 150 кг/м², массовая скорость в процессе сушки - 2,6 кг.м²/с, при охлаждении 1,8 кг.м²/с. Начальную влажность зерна изменяли от 24,2 до 42,5%.

Наши исследования позволили установить, что в течение всего периода сушки скорость сушки оставалась постоянной, так как влагосъем за цикл отлежка-сушка не изменялся при указанных режимных параметрах. После сушки температура смеси зерна $\theta_{см}$ снижалась вследствие кондуктивного и конвективного теплообмена при добавлении сырого холодного зерна. Это приводило к совпадению направления градиентов влагосодержания и температуры и усилению потока влаги к поверхности зерен, обеспечивая насыщение ее влагой при установленной длительности отлежки. Одновременно сырое холодное зерно подогревалось. Все это создавало условия для получения максимального влагосъема при последующей сушке.

Процесс сушки длился до начала углубления зоны испарения внутрь зерен, то есть при постоянной скорости сушки (до начала снижения интенсивности испарения влаги). Затем снова наступал период отлежки.

Результаты были обобщены в виде кривых зависимости максимальной температуры нагрева зерна θ_{max} и среднего влагосъема за цикл отлежка-сушка ΔW^c при различных температурах агента сушки t от длительности сушки τ_n .

При обработке данных на ЭВМ ЕС 1022 получены эмпирические зависимости ΔW^c и θ_{max} от параметров процесса сушки:

$$\Delta W^c = 12,2 \cdot 10^{-3} - 15,33 \cdot 10^{-3} T_H + 2,94 \cdot 10^{-3} t + 0,97 \cdot 10^{-3} W_H^c - 0,02 \cdot 10^{-3} t^2 + 0,06 \cdot 10^{-3} t \cdot W_H^c + 0,62 \cdot 10^{-3} t \cdot T_H, \quad (1)$$

$$\theta_{max} = 2,83 + 29,09 \cdot 10^{-2} T_H + 22,72 \cdot 10^{-2} t + 45,59 \cdot 10^{-2} W_H^c - 0,39 \cdot 10^{-3} t^2 - 0,65 \cdot 10^{-3} t \cdot W_H^c + 8,68 \cdot 10^{-3} t \cdot T_H \quad (2).$$

Уравнения (1) и (2) справедливы при изменении начальной влажности зерна от 24,2 до 43,0%, длительности сушки от 3 до 15 с, длительности отлежки не менее 360 с, температуры агента сушки от 110 до 250°C. Рациональной длительностью сушки следует считать 9...12 с, так как при этом наблюдаются высокие влагосъемы и приемлемые температуры нагрева зерна.

В результате исследования процесса охлаждения зерна установлено, что с ростом температуры смеси зерна от 27 до 45°C и длительности охлаждения от 6 до 15 с возрастают средний влагосъем от 0,1 до 0,5% и среднее снижение температуры за цикл отлежка-охлаждение от 1 до 5°C. Начальная влажность зерна, температура агента сушки и длительность сушки оказывают влияние на величину добавки нагретого подсушенного зерна, поступающего из контура сушки в контур охлаждения, что определяет температуру смеси зерна. Установлено, что для охлаждения смеси зерна до $T_o + 5^\circ\text{C}$ в режиме отлежка-охлаждение с рециркуляцией и подачей горячего зерна из контура сушки необходимо в среднем 4...5 циклов.

3.4. Определение предельно допустимых температур нагрева зерна пшеницы и режимных параметров процесса сушки

Показатели качества определяли в образцах с начальной влажностью от 24,2 до 42,5%, просушенных до конечной влажности 15,....16,0% при длительности сушки 10...12 с и различной температуре агента сушки для зерна пшеницы с хорошей, слабой, крепкой исходной клейковиной и поврежденной клопом-черепашкой.

При нагреве зерна с хорошей и слабой исходной клейковиной до 64...66°C количество сырой клейковины не уменьшалось, а при более высоких температурах нагрева - снижалось. Уменьшение количества сырой клейковины в зерне с крепкой исходной клейковиной наблюдалось при более низкой температуре нагрева - до 60°C. Качество клейковины изменялось за счет ее укрепления, что приводило к улучшению или ухудшению исходных свойств клейковины. Так, в зерне с хорошей исходной клейковиной при температуре 65°C происходило значительное ее укрепление и переход из I-й хорошей во II-ю удовлетворительно крепкую группу, независимо от начальной влажности

зерна. В зерне со слабой исходной клейковиной при нагреве до 60 и 65°C наблюдалось улучшение качества клейковины и переход из II-й удовлетворительно слабой в I-ю хорошую группу (по прибору ИДК-1).

В зерне поврежденном клопом-черепашкой (2,4...5,3%) при нагреве его от 65 до 70°C увеличивалось количество и улучшалось качество клейковины, что возможно объяснить инактивированием протеолитических ферментов клопа и повышением сопротивляемости белка этим ферментам.

Водопоглощательная способность муки в большинстве случаев после сушки увеличивалась на 0,8...4,5%. По данным фаринограмм сушка способствовала увеличению устойчивости теста к замесу на 1,5...5,5 минуты. Во всех образцах после сушки увеличилось отношение упругости теста к его растяжимости на 0,6...2,5 и возросла удельная работа деформации по альвеографу на 12...140 единиц.

Таблица

Параметры сушки зерна пшеницы продовольственного назначения с различной исходной клейковиной в режиме отлежка-сушка с рециркуляцией и подачей сырого зерна

Характеристика исходного качества клейковины	Начальная влажность зерна $W_H^c, \%$	Параметры процесса					
		$T_{отл} = 6 \text{ мин}$ $T_H = 9^\circ\text{C}$			$T_{отл} = 6 \text{ мин}$ $T_H = 12^\circ\text{C}$		
		$\theta_{max}, ^\circ\text{C}$	$t, ^\circ\text{C}$	$\Delta W^c, \%$	$\theta_{max}, ^\circ\text{C}$	$t, ^\circ\text{C}$	$\Delta W^c, \%$
крепкая	с 25 до 33	55	170		55	150	
	с 33 до 42	55	150	1,2	55	130	1,2
	свыше 42	55	130		55	110	
хорошая	с 25 до 33	60	190		60	170	
	с 33 до 42	60	170	1,3	60	150	1,3
	свыше 42	60	150		60	130	
слабая	с 25 до 33	65	210		65	190	
	с 33 до 42	65	190	1,4	65	170	1,5
	свыше 42	65	170		65	150	
поврежденная клопом-черепашкой	с 25 до 33	66	230		66	210	
	свыше 33	66	210	1,5	66	190	1,7

Процесс сушки в режиме отлежка-сушка благотворно влиял на хлебопекарные качества пшениц. Во всех случаях происходило увеличение объема хлеба по сравнению с контролем при нагреве зерна до установленной предельно допустимой температуры на 20...140 см³.

Улучшалась формоустойчивость хлеба на 0,08...0,53.

С учетом показателей качества зерна с разной начальной влажностью, просушенного в режиме отлежка-сушка, определены предельно допустимые температуры нагрева зерна пшеницы продовольственного назначения с различным исходным качеством клейковины (таблица).

3.5. Производственная проверка разработанных режимов и рекомендации по их использованию на хлебоприемных предприятиях

Производственная проверка режимов сушки зерна пшеницы продовольственного назначения была проведена на Березинском комбинате хлебопродуктов Одесской области (1982г) и Ярмолинцевском хлебоприемном предприятии Хмельницкой области (1984г). Результаты испытаний подтвердили целесообразность применения разработанных режимов сушки, позволяющих снизить удельные затраты топлива и электроэнергии по сравнению с зерносушилкой РД-2х25-70.

Определены коэффициенты пересчета между режимными параметрами для лабораторной установки и соответствующими параметрами в производственных условиях.

В настоящее время разработанные режимы сушки возможно применить:

1. Используя контур отлежка-сушка I в комплекте с шахтной зерносушилкой 7, которая служит для охлаждения и окончательной досушки зерна (рис. 1).

2. В реконструированной зерносушилке РД-2х25-70 (рис. 2). Реконструкция состоит из удлинения камеры нагрева I (что позволит увеличить длительность контакта зерна с агентом сушки до 9...10 с) и устранения зоны промежуточного охлаждения, в связи с чем в шахте промежуточного охлаждения устанавливаются стенки 2, предотвращающие поступление в нее охлаждающего воздуха. При этом шахта промежуточного охлаждения используется как теплообменник.

3. В двухконтурной сушилке, работающей в режиме отлежка-сушка и отлежка-охлаждение с использованием кипящего или разрыхленного падающего слоя и подачи сырого зерна в теплообменник контура сушки при отсутствии промежуточного охлаждения зерна (рис. 3).

Зерносушилка, работающая в режиме отлежка-сушка, отличается от существующих зерносушилок: сравнительно малыми габаритами; высокой интенсивностью процесса, происходящего в периоде постоянной скорости при наименьших затратах тепла на испарение влаги с поверхности зерен; осуществлением конвективно-кондуктивного подогрева сырого зерна, обеспечивающего более интенсивный влагообмен в период сушки; отсутствием промежуточного охлаждения зерна, увеличи-

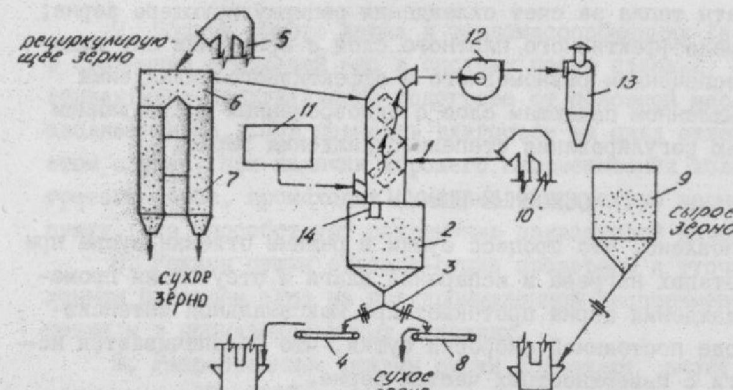


Рис. 1. Технологическая схема применения контура отлежка-сушка I в комплекте с шахтной зерносушилкой:
1 - сушильная камера; 2, 6 - бункеры-теплообменники; 3 - выпускное устройство; 4, 8 - конвейеры; 5 - рециркуляционная нория; 7 - шахтная зерносушилка, используемая для досушки и охлаждения зерна; 9 - бункер сырого зерна; 10 - нория для подачи сырого зерна; 11 - толка; 12 - вентилятор; 13 - циклон; 14 - смотровое окно

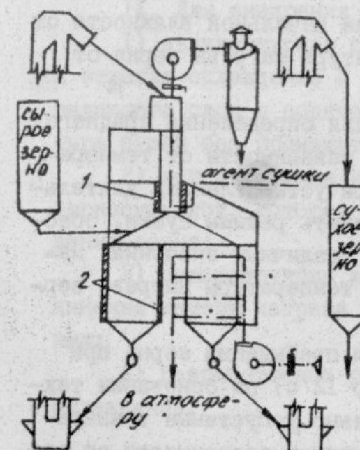


Рис. 2. Технологическая схема реконструкции зерносушилки РД-2х25-70:
1 - удлиненная камера нагрева; 2 - стенки, предотвращающие поступление в шахту промежуточного охлаждения охлаждающего воздуха

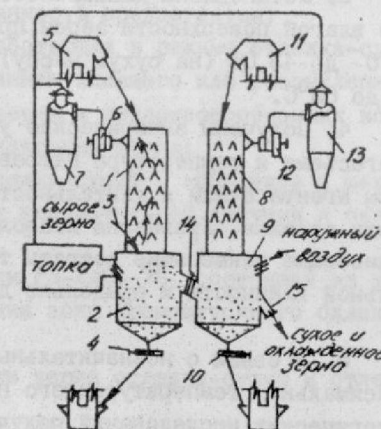


Рис. 3. Технологическая схема зерносушилки:
1, 8 - сушильная и охлаждающая камеры; 2, 9 - теплообменники; 3 - устройство для подачи сырого зерна; 4, 10 - задвижки; 5, 11 - рециркуляционные нории; 6, 12 - вентиляторы; 7, 13 - циклоны; 14, 15 - перепускные устройства

вающего затраты тепла за счет охлаждения рециркулирующего зерна; отсутствием малоэффективного плотного слоя с присущими ему недостатками; обеспечением равномерного и эффективного охлаждения зерна в разрыхленном падающем слое с одновременным досушиванием и возможностью регулирования степени охлаждения зерна.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Установлено, что процесс сушки в режиме отлежка-сушка при совмещенных этапах нагрева и испарения влаги и отсутствии промежуточного охлаждения зерна протекает при максимальной интенсивности в периоде постоянной скорости сушки, что обеспечивается испарением влаги с поверхностных частей зерна.

2. Интенсивность обезвоживания определяется максимально допустимой температурой нагрева зерна и в значительной степени зависит от длительности отлежки перед сушкой в каждом цикле. В процессе отлежки происходит перемещение влаги из центральных частей к поверхности за счет градиентов влагосодержания и температуры до насыщения влагой периферийных частей зерна, что и обеспечивает интенсивное испарение влаги в период последующей сушки.

3. Установлена длительность отлежки, обеспечивающая насыщение влагой поверхности зерен при изменении начальной влажности от 17,0 до 43,0% (на сухую массу) и температуры нагрева зерна от 40 до 65°C.

4. Получены эмпирические уравнения для определения среднего влагосъема и температуры нагрева зерна в зависимости от температуры агента сушки и длительности сушки при установленной длительности отлежки. Уравнения позволяют рассчитать режимы сушки, обеспечивающие наименьшие затраты тепла, при различных значениях начальной влажности и предельно допустимой температуры нагрева зерна.

5. В связи с незначительным временем пребывания зерна при максимальных температурах его нагрева (до 12 с) на основании технологических исследований получены предельно допустимые температуры нагрева зерна продовольственной пшеницы в зависимости от его исходного качества и установлены параметры процесса сушки в режиме отлежка-сушка при условии сохранения показателей качества зерна.

6. Разработаны условия процесса охлаждения зерна в режиме отлежка-охлаждение с рециркуляцией до температуры наружного воздуха плюс 5°C с возможностью регулирования степени охлаждения зерна, при этом число циркуляций не превышает 5-ти.

7. Подача сырого зерна в теплообменник (зона отлежки), в сравнении с подачей его в систему после отлежки, вследствие конвективно-кондуктивного подогрева от основной массы зерна позволяет на 25...30% повысить влагосъем за цикл отлежка-сушка. В этом случае, при наличии хорошего перемешивания холодного и нагретого зерна, происходит снижение температуры зерна, прошедшего сушку, что способствует сохранению показателей качества зерна.

8. Режимы сушки отлежка-сушка проверены и уточнены в разрыхленном падающем слое на полупромышленной экспериментальной установке и в производственных условиях.

9. Разработанные режимы сушки позволяют снизить затраты топлива на 17...20% по сравнению с действующими рециркуляционными зерносушилками типа Целинная за счет лучшего использования тепла агента сушки вследствие увеличения длительности контакта между зерном и агентом сушки в 5...6 раз и исключения затрат тепла на промежуточное охлаждение зерна.

10. Внедрение зерносушилки, работающей в режиме отлежка-сушка даст годовой экономический эффект 10,3 тыс.руб. на одну сушилку по сравнению с зерносушилкой РД-2х25-70.

II. Для внедрения в промышленность предлагается:

1) двухконтурная сушилка, работающая в режиме отлежка-сушка и отлежка-охлаждение с использованием кипящего или разрыхленного падающего слоя и подачи сырого зерна в теплообменник контура сушки без промежуточного охлаждения зерна;

2) использование контура отлежка-сушка в комплекте с шахтной зерносушилкой, которая служит для окончательной досушки и охлаждения зерна;

3) реконструкция зерносушилки РД-2х25-70, состоящая из удлинения камеры нагрева и исключения зоны промежуточного охлаждения;

4) разработанные режимы сушки зерна отлежка-сушка и отлежка-охлаждение.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах:

1. Жидко В.И., Страхова Т.В., Кутаров В.В. Исследование теплообмена двухкомпонентных зерновых смесей в технологических процессах с периодическим теплоподводом // Тез.докл. IV Всесоюз. конф. "Механика сыпучих материалов". - Одесса, 1980. - С.268-269.

2. Жидко В.И., Яковенко В.А., Страхова Т.В. Исследование процесса сушки в режиме нагрев-отлежка с рециркуляцией зерна // Тез.

докл. Всесоюз. науч.-техн. конф. "Дальнейшее совершенствование теории, технологии и техники сушки". - Киев, 1981. - С. 106-107.

3. Жидко В.И., Страхова Т.В. Сушка пшеницы в режиме нагрев-отлежка // Изв. вузов. Пищ. технология. - 1981. - № 4. - С. 64-68.

4. Жидко В.И., Яковенко В.А., Страхова Т.В. Сушка пшеницы в режиме нагрев-отлежка с рециркуляцией зерна // Изв. вузов. Пищ. технология. - 1982. - № 3. - С. 16-19.

5. Жидко В.И., Яковенко В.А., Страхова Т.В. Исследование термоустойчивости пшеницы в процессе сушки // Докл. ВАСХНИЛ. - 1982. - № 11. - С. 11-13.

6. Страхова Т.В. К вопросу интенсификации процесса сушки зерна // Материалы респ. науч.-техн. конф. молодых ученых республик Закавказья по актуальным проблемам Продовольственной Программы, посвященной 60-летию образования СССР. - Тбилиси, 1982. - С. 132-133.

7. Влияние сушки в режиме нагрев-отлежка на качество зерна пшеницы продовольственного назначения. / В.И. Жидко, Т.В. Страхова, Г.И. Евдокимова; Одес. технол. ин-т пищ. пром-сти им. М.В. Ломоносова. - Одесса, 1982. - 8 с. (Деп. в ЦНИИТЭИ Заготовок. 28.12.82, № 3053г Д82).

8. Влияние режима отлежка-сушка на показатели качества зерна пшеницы, поврежденного клопом-черепашкой. / Т.В. Страхова; Одес. технол. ин-т пищ. пром-сти им. М.В. Ломоносова. - Одесса, 1986. - 6 с. (Деп. в ЦНИИТЭИ Минхлебопродуктов СССР. 03.02.86, № 638 - хб).

Т.В. Страхова