

Автор едр.

Ж 69

Министерство Культуры СССР

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени И. В. СТАЛИНА**

C53

ЖС

Аспирант ЖИДКО В. И.

**ИССЛЕДОВАНИЕ
„ПРОГРЕССИВНЫХ“ РЕЖИМОВ СУШКИ
ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ ПШЕНИЦЫ**

*Научный руководитель—
кандидат технических наук,
доцент ПЛАТОНОВ П. Н.*

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации, представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук

1953 год

Министерство Культуры СССР
ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени И. В. СТАЛИНА

C53
ЖС

Аспирант ЖИДКО В. И.

ИССЛЕДОВАНИЕ
„ПРОГРЕССИВНЫХ“ РЕЖИМОВ СУШКИ
ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ ПШЕНИЦЫ

Научный руководитель—
кандидат технических наук,
доцент ПЛАТОНОВ П. Н.

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации, представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук

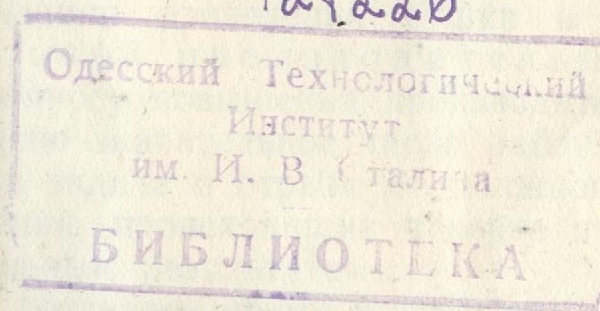
Переучет 1984

ОНАХТ 29.07.11
Исследование "прогре



127226

127226



1953 год

Введение

Коммунистическая партия и Советское правительство, выполняя первоочередную задачу максимального удовлетворения постоянно растущих материальных и культурных потребностей населения, проявляют неослабную заботу о развитии социалистического сельского хозяйства, о расширении производства и о дальнейшем неуклонном повышении урожайности зерновых культур.

В директивах XIX съезда партии по пятому пятилетнему плану развития СССР предусматривается увеличение за пятилетие валового урожая зерна на 40—50%, за счет расширения посевных площадей и значительного повышения урожайности. Особое внимание уделяется увеличению производства наиболее ценной зерновой культуры — пшеницы, валовой урожай которой, к концу 1955 г. увеличится на 55—65%, по сравнению с 1951 г.

Сохранить без потерь из года в год увеличивающийся урожай зерна — ответственная задача работников хлебозаготовительной системы.

На пути разрешения этой задачи одним из самых эффективных мероприятий, способствующих не только сохранению, но и улучшению качества зерна, является его сушка. Особенно велико значение зерносушения для центральных и северо-восточных районов страны, где количество зерна, подлежащего обязательной сушке, составляет значительную часть валового сбора урожая.

Отсюда становится ясным, какое огромное значение имеет правильная организация проведения сушки и обеспечение максимальной производительности зерносушилок. Вопросу повышения производительности зерносушилок посвящено значительное число работ. Однако, решение этой важной задачи в отрыве от должного учета биохимических изменений, происходящих в зерне при сушке, не привели к желательным результатам.

Внедренные за последнее время в практику зерносушения ступенчатые и отчасти дифференцированные режимы сушки

зерна, базируются на старом, ничем не обоснованном мнении о том, что нагрев зерна продовольственной пшеницы не должен превышать 50°C.

Экспериментальными исследованиями биохимических изменений зерна, происходящих при нагревании, было опровергнуто это мнение и вскрыты новые возможности повышения производительности зерносушилок за счет интенсификации процесса сушки. На основании этих исследований были предложены теоретически обоснованные «прогрессивные» режимы сушки зерна продовольственного назначения¹.

Вопросам исследования «прогрессивных» режимов и изысканию способа их практического осуществления и посвящена настоящая работа.

Краткий обзор литературы

Зерно по своему составу и строению относится к коллоидным капиллярно-пористым телам, теория сушки которых разработана А. Лыковым.

Однако, специфические особенности сушки зерна, как живого организма, требуют особенного подхода к вопросу его обезвоживания.

Как установили многие исследователи (В. Кретович, И. Ленарский, А. Любарский, С. Птицын и друг.), жизнедеятельность подвергаемого нагреванию зерна зависит, прежде всего, от изменения белкового комплекса зародыша и эндосперма. Под действием тепла молекулы белка способны подвергаться глубоким структурным превращениям, при которых изменяются биохимические, физические и химические свойства белка. Эти структурные изменения получили название денатурации белка.

С денатурацией белков зерна связано ухудшение хлебопекарных качеств муки, вызываемое укреплением клейковины и инактивацией ферментов.

Вопросами изучения биохимических изменений, происходящих в зерне при сушке и их влияния на хлебопекарные качества муки, занимались целый ряд исследователей (В. Кретович, Н. Соседов, А. Гержой, А. Любарский и др.). Однако, до работ И. Ленарского не была установлена закономерность изменения биохимических процессов, происходящих в зерне, в зависимости от основных параметров сушки. Исследованиями (И. Ленарский и П. Платонов) было установлено, что важнейшим изменением свойств зерна, вызываемым нагреванием (изменение энергии прорастания и всхожести зерна, измене-

¹ Под «прогрессивным» режимом понимают такой режим, при котором температура нагрева зерна в процессе сушки увеличивается по мере снижения его влажности в соответствии с полученной границей допустимых температур нагрева зерна.

ние физических свойств клейковины и активности ферментов), соответствует строго определенной степени денатурации белков зародыша и эндосперма.

При исследовании денатурации белков эндосперма и влияния ее на хлебопекарные качества была найдена граница «условно-безопасных» температур нагревания зерна продовольственного назначения (зависимость допустимой температуры нагрева зерна от его влажности).

На этой основе И. Ленарским и П. Платоновым предложены новые, теоретически-обоснованные режимы сушки продовольственного зерна, названные авторами «прогрессивными».

В основу построения «прогрессивных» режимов положена зависимость между основными параметрами режима сушки (время нагрева, температура и влажность зерна) и биохимическими изменениями, происходящими в зерне при сушке.

«Прогрессивный» режим предусматривает повышение температуры нагрева зерна по мере снижения его влажности в процессе сушки в соответствии с полученной границей «условно-безопасных» температур нагрева зерна. При этом, максимальная температура нагрева зерна значительно превышает предел, установленный существующими нормами.

Значительное увеличение температуры нагрева зерна позволяет интенсифицировать процесс сушки зерна и создать благоприятные условия для его протекания.

На необходимость и рациональность построения режимов сушки, базирующихся на биохимических изменениях, происходящих в зерне при нагревании, указывали целый ряд других исследователей (В. Кретович, С. Птицын, А. Любарский и др.).

Однако, в практике зерносушения до сих пор применяются режимы, при которых максимально допустимые температуры нагрева зерна установлены постоянными, вне всякой связи с влажностью зерна и временем сушки. Иными словами, игнорируется роль всех тех факторов, которые определяют собой степень изменения белкового комплекса, а следовательно и пригодность зерна для тех или иных целей.

Принцип построения ступенчатых и дифференцированных режимов, внедренных за последнее время в практику зерносушения, является первым шагом на пути теоретического и экспериментального обоснования выбора оптимального режима сушки зерна. Однако, этот вопрос не получил своего полного разрешения, так как исследование ступенчатых и дифференцированных режимов велось в отрыве от изучения комплексного влияния основных параметров сушки (времени нагрева, температуры и влажности зерна) на качество зерна. А это не дало возможности теоретически обосновать выбор основного параметра сушки — температуры нагрева зерна. Поэтому максимальная температура нагрева зерна как для

ступенчатого, так и для дифференцированного режимов сушки, исключая сушку зерна со слабой исходной клейковиной, осталась на прежнем уровне.

Таким образом, «прогрессивные» режимы сушки зерна продовольственного назначения являются наиболее перспективными режимами. Внедрение этих режимов в промышленность даст возможность значительно повысить производительность существующих конструкций зерносушилок шахтного типа.

Постановка вопроса и задачи исследования

Исследования «прогрессивных» режимов сушки зерна пшеницы продовольственного назначения состояли из технологической и физической частей.

Исследования технологической части «прогрессивных» режимов сушки пшеницы ставили своей целью:

а) уточнить границу допустимых температур нагрева зерна применительно к условиям сушки его в шахтных зерносушилках;

б) проверить положение, высказанное Н. Соседовым и его сотрудниками о возможности укрепления клейковины без изменения растворимости глиадина.

Исследования физической части «прогрессивных» режимов сушки пшеницы ставили своей целью:

а) установить эффективность «прогрессивных» режимов и возможность их осуществления;

б) проверить и уточнить некоторые теоретические положения по кинетике и динамике процесса сушки зерна (наличие периодов постоянной и убывающей скорости сушки, наличие критических точек и изменение их от различных условий сушки);

в) уточнить расчет процесса сушки, основанный на кинетике и динамике сушки (В. Дацковский). Эта задача сводилась к нахождению эмпирической зависимости для произведения $\beta \cdot t$ (β — коэффициент испарения; t — доля поверхности зерна, с которой происходит испарение влаги по закону испарения со свободной поверхности) от основных параметров сушки.

Для разрешения поставленных задач в процессе сушки было исследовано влияние температуры, влажности и времени нагрева на изменение растворимости глиадина, изменение качества клейковины и хлебопекарных качеств муки, полученной из просушенного зерна. Исследование качественных показателей зерна в процессе сушки проводилось для зерна с нормальной и крепкой исходной клейковиной.

Кроме того, было исследовано влияние различных параметров режима сушки на производительность установки и удельный расход тепла.

Для объяснения физической сущности явлений при «прогрессивных» режимах сушки пшеницы нами принята рабочая гипотеза механизма удаления влаги из зерна. Основываясь на современном представлении о формах связи влаги с материалом (А. Думанский, А. Пасынский, В. Шмалько и др.) и механизме сушки некоторых материалов (А. Лыков), механизм удаления влаги из зерна можно представить себе следующим образом.

При сушке зерна в первый период удаляется влага, расположенная в некоторой толще периферийных частей зерен («зона испарения»). В «зону испарения» влага непрерывно подается по капиллярно-пористой системе из внутренних частей зерна. При этом наблюдается период постоянной скорости сушки.

По мере сушки наступает период, когда подвод влаги к поверхности зерна становится недостаточным и «зона испарения» переходит в более глубокие слои. Этот момент процесса сушки отмечается первой критической точкой, после которой наблюдается период убывающей скорости сушки.

В течение периода убывающей скорости сушки поверхностный слой зерна становится почти сухим и влага через него перемещается в окружающую среду в виде пара.

Высказанная гипотеза позволяет объяснить значительное колебание первой критической точки на кривой скорости сушки ($W_{кр}^a = 18 \div 23\%$), а также более интенсивный рост температуры нагрева зерна в периоде убывающей скорости сушки.

Экспериментальная установка и методика исследования

Исследования производились в лабораторных условиях на специально созданной экспериментальной установке. В экспериментальной установке были выдержаны основные параметры производственной зерносушилки шахтного типа (зерносушилка ВИСХОМ-1), а именно: высота секции (установка имела 6 секций по 200 мм каждая), чередование секций прямотока и противотока, а также скорости движения агента сушки и зерна в сушильной камере. Это позволило условия опыта максимально приблизить к условиям сушки зерна в производственной зерносушилке шахтного типа.

В качестве материала, над которым было проведено исследование, была взята сортовая пшеница ОД-3, урожая 1952 г., выращенная на сортоиспытательном участке Всесоюзного института селекции и генетики им. Т. Д. Лысенко.

Для получения необходимой начальной влажности зерна, требуемой условиями исследования, подопытное зерно подвергалось искусственному увлажнению, с последующей трехсуточной отлежкой для равномерного распределения влаги по объему зерна.

Экспериментальная установка позволяла, не нарушая процесса сушки зерна, определять параметры зерна (температуру, влажность) и воздуха (расход, температуру и относительную влажность) на всем протяжении процесса сушки (до и после каждой секции).

Температура нагрева зерна определялась при помощи термомпары, проградуированной на потенциометре типа ПП.

Влажность зерна определялась с предварительным подсушиванием по уточненной методике, предложенной И. Мамбишем.

Расход воздуха определялся при помощи измерительных диафрагм.

Температура агента сушки на всех этапах его движения определялась по показаниям лабораторных термометров, а относительная влажность — при помощи специально изготовленных психрометров.

Для технологической оценки процесса сушки зерна проводили следующие анализы:

1) Определение степени денатурации белка глиадина до и после каждой секции.

2) Определение качества теста на альвеографе до и после каждого опыта.

3) Пробные выпечки до и после каждого опыта.

4) Определение количества и качества клейковины до и после каждого опыта.

Образцы зерна, отобранные для технологической оценки сушки, размалывались на лабораторных вальцевых станках по стандартной схеме сортового помола с 70% выходом муки. Полученная мука выдерживалась в комнатных условиях в течение 20 суток.

Исследование состояло из 4-х серий опытов. Каждая серия предполагала исследование сушки зерна определенной начальной влажности (см. табл. 1) при различных режимах сушки.

Таблица 1

	Исходная влажность зерна в %			
	1-я серия	2-я серия	3-я серия	4-я серия
Относительная влажность	18	21	24	27
Абсолютная влажность	22	26,6	31,6	37

Каждая серия опытов состояла из пяти отдельных экспериментов, один из которых, для возможности выявления эффективности «прогрессивного» режима, построен по режиму,

принятому для зерносушилки ВИСХОМ-1. Остальные четыре построены по «прогрессивному» режиму.

Эксперименты «прогрессивного» режима строились с таким расчетом, чтобы каждый последующий опыт в пределах одной серии имел более «жесткий» режим (по температуре агента сушки), чем предыдущий. Это дало возможность для каждого последующего опыта получить более высокую температуру нагрева зерна, чем для предыдущего.

Для получения сравнимых величин нами были приняты следующие параметры, постоянные для всех опытов:

- а) скорость движения воздуха,
- б) скорость движения зерна и
- в) толщина слоя зерна, подвергающегося действию нагретого воздуха.

Полученные данные в результате проведенного исследования обрабатывались в трех основных направлениях:

1) Определение зоны допустимых температур нагрева зерна, в зависимости от его влажности и времени нагрева. Для этого строились кривые зависимости $\tau = f(W_{абс})$ и по анализам на белок (глиадин) определялась зона начала его денатурации. На основании данных о качестве клейковины, теста и пробных выпечек уточнялась зона начала денатурации глиадина и определялась зона допустимых температур нагрева зерна.

2) Исследование характера процесса удаления влаги из зерна в зависимости от различных параметров сушки. С этой целью данные каждого эксперимента обрабатывались в виде следующих графических зависимостей:

$$\begin{aligned} W_{абс} &= f_1(\theta) \text{ — кривая сушки зерна,} \\ \tau &= f_2(\theta) \text{ — кривая температуры нагрева зерна,} \\ N &= f_3(W_{абс}) \text{ — кривая скорости сушки зерна,} \end{aligned}$$

где $W_{абс}$ — абсолютная влажность зерна в %;

$$\tau \text{ — температура нагрева зерна в } ^\circ\text{C};$$
$$N \text{ — скорость сушки в } \frac{\%}{\text{час}};$$
$$\theta \text{ — время в минутах.}$$

Для сравнения опытов с различными режимами сушки, нами приняты величины производительности установки E , выраженной в $\frac{\text{кг } \%}{\text{час}}$ и удельного расхода тепла q , выраженного в $\frac{\text{Кал}}{\text{кг. исп. вл.}}$.

Применение этих величин дало возможность проводить сравнение и оценку опытов с количественной стороны.

¹ E — условная производительность, равная производительности установки по зерну, поступающему на сушилку, в кг/час , умноженной на снижение влажности в %.

3) Установление закономерности изменения величины $\beta \cdot m$ в процессе сушки с целью уточнения расчета шахтных зерносушилок, предложенного В. Дацковским. Разрешение этой задачи сводилось к нахождению эмпирической зависимости величины $\beta \cdot m$ от основных параметров сушки. В связи с этим, для всех проведенных экспериментов, на основании опытных данных, были проведены необходимые расчеты. Результаты этих расчетов были обработаны по методу наименьших квадратов.

Результаты исследования и выводы

В результате исследования «прогрессивных» режимов сушки пшеницы продовольственного назначения можно сделать следующие обобщающие выводы.

По технологической части исследования

Существующее мнение о возможности появления «закала» в зерне значительной влажности при воздействии на него агента сушки высокой температуры не получило подтверждения. В наших опытах зерно с начальной влажностью $W_{abc} \leq 41\%$ и начальной температурой $\tau \geq 15^\circ\text{C}$ подвергаясь воздействию агента сушки при температуре $t_b \leq 160^\circ\text{C}$ в течение 10 минут не имело заметных изменений своих физико-химических свойств.

В зависимости от изменения температуры нагрева и влажности зерна в процессе сушки наблюдается три основных стадии его качественного состояния:

1 стадия — отсутствие заметных изменений качественных показателей зерна.

2 стадия — укрепление клейковины при сохранении растворимости глиадины.

3 стадия — укрепление клейковины, сопровождающееся денатурацией глиадины и ухудшением хлебопекарных качеств муки.

Каждой из этих стадий, а также границам между ними соответствуют определенные значения основных параметров сушки — влажности, температуры и продолжительности нагрева зерна.

Граница между первой и второй стадиями качественного состояния зерна определяется началом изменений физических свойств клейковины, выражающихся в ее укреплении. При этом основной белок эндосперма — глиадин сохраняет свою растворимость. Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что, повидимому, тепловой денатурации глиадины предшествуют изменения в белковой молекуле, вызывающие укрепление клейковины.

Граница между второй и третьей стадиями качественного состояния зерна определяется началом денатурации глиаина при продолжающемся процессе дальнейшего укрепления клейковины. Этот процесс в своей начальной стадии (денатурация глиаина до 3—5% не оказывает заметного влияния на хлебопекарные качества муки. При денатурации глиаина, превышающей 3—5%, хлебопекарные качества муки ухудшаются. Эти данные находятся в соответствии с выводами, полученными другими исследователями (И. Ленарский).

Граница начала денатурации глиаина является границей допустимых температур нагрева зерна с нормальной исходной клейковиной, а граница начала укрепления клейковины является границей допустимых температур нагрева зерна с крепкой исходной клейковиной (см. табл. 2).

Таким образом, ограничение температуры нагрева продовольственного зерна пшеницы 50 — 55°C, вне зависимости от его влажности и времени нагрева, принятое практикой зерносушения, следует считать необоснованным.

Из таблицы 2 видно, что границы начала денатурации глиаина, полученные в настоящем исследовании, и в исследованиях И. Ленарского — не совпадают. Такое несоответствие, по нашему мнению объясняется некоторым различием в условиях проведения опытов. Прежде всего, в опытах И. Ленарского температура и влажность зерна были неизменными в течение одночасового нагревания. В наших опытах, наоборот, в процессе сушки имело место непрерывное уменьшение влажности и увеличение температуры нагрева зерна.

Таблица 2

Абсолютная влажность зерна в %	Допустимые температуры нагрева продовольственного зерна пшеницы в °C		
	При нормальной исходной клейковине (начало денатурации глиаина) (продолжит. нагрева около 50 минут)	При крепкой исходной клейковине (продолжит. нагрева около 50 минут)	По данным И. Ленарского (начало денатурации глиаина) (продолжит. нагрева 60 минут)
15	86,8	79,3	70,0
17	78,5	72,7	65,0
19	71,2	66,9	60,0
21	64,9	61,9	57,0
23	59,6	57,7	54,7
25	54,5	54,3	53,2
27	52,2	51,7	52,0
29	50,1	49,9	51,0
31	48,9	48,9	50,5
33	48,9	48,9	50,0

Наконец, движение воздуха в межзерновом пространстве, испарение влаги с поверхности зерна, неравномерность распределения влаги по сечению отдельных зерен и т. д. в наших опытах накладывали определенные условия на температурный режим нагрева зерна.

В опытах И. Ленарского подопытное зерно находилось в герметически закрытых сосудах, в которых, повидимому, устанавливалось динамическое равновесие пара при неизменной температуре и влажности зерна.

Кроме всего сказанного в наших опытах продолжительность нагрева зерна была приблизительно на 10 минут меньше, чем в опытах И. Ленарского.

Таким образом, указанные границы начала денатурации глиадина получены при различных условиях. В связи с этим, для построения «прогрессивных» режимов сушки зерна следует рекомендовать границу допустимых температур, выявленную в нашем исследовании, так как она получена при условиях наиболее близких к производственным.

Настоящим исследованием подтверждены сделанные рядом исследователей, выводы о том, что основным критерием при построении режимов сушки зерна является определенное соотношение влажности, температуры и времени его нагрева. Поэтому существующее положение о выборе режима сушки зерна по температуре агента сушки, без учета остальных параметров, является необоснованным и должно быть пересмотрено.

По физической части исследования

Исследование физической части «прогрессивных» режимов сушки зерна показали:

а) закономерность процесса удаления влаги из зерна при «прогрессивных» режимах аналогична процессу, наблюдаемому при обычных режимах. При обоих режимах имеют место периоды постоянной и убывающей скорости сушки, на границе которых вполне четко определяется положение первой критической точки.

б) Положение первой критической точки определяется начальной влажностью зерна и зависит от условий ведения процесса сушки.

в) Температура нагрева зерна повышается в течение всего периода сушки, однако, наблюдается более интенсивный ее рост в периоде убывающей скорости сушки.

г) Если в периоде убывающей скорости сушки прервать процесс сушки и создать условия для перемещения влаги к поверхностным слоям зерна, а затем снова проводить процесс

сушки, то период постоянной скорости восстанавливается. При этом длительность восстановленного периода постоянной скорости сушки зависит от влажности зерна и условий, обеспечивающих перераспределение влаги.

Полученные результаты доказывают справедливость принятой гипотезы в отношении перехода периода постоянной к периоду убывающей скорости сушки, в результате углубления «зоны испарения».

Таким образом, существующие взгляды на зависимость положения первой критической точки на кривой скорости сушки от связи влаги с материалом (граница «свободной» и «связанной» влаги) опытами не подтверждается.

При «прогрессивном» режиме сушки с ростом начальной влажности зерна, при всех прочих равных условиях, наблюдается увеличение интенсивности удаления влаги и снижение удельного расхода тепла. Такая закономерность имеет место до 34 % начальной влажности зерна (W_{abc}). Начиная с этого предела, дальнейшее увеличение начальной влажности зерна не приводит ни к увеличению производительности установки, ни к снижению удельного расхода тепла. Это положение можно объяснить тем, что при влажностях, превышающих 34 %, в зерне наступает насыщение его периферийных частей и процесс испарения влаги протекает почти аналогично испарению со свободной поверхности жидкости.

За счет применения повышенных температур нагрева зерна, при «прогрессивных» режимах сушки производительность установки, выраженная в $\frac{\text{кг}\%}{\text{час}}$ увеличилась на 50—90 %, по сравнению с обычным режимом (меньший процент соответствует сушке зерна меньшей начальной влажности).

«Прогрессивные» режимы наиболее выгодны при сушке зерна влажностью (W_{abc}), превышающей 34 %. В этом случае кроме увеличения в два раза производительности установки, приблизительно на 27 % снижается удельный расход тепла, по сравнению с обычными режимами.

Из всех существующих расчетов процесса сушки зерна наиболее приемлемым является расчет, основанный на кинетике и динамике процесса сушки (В. Дацковский). В этом расчете одной из основных величин является произведение $\beta \cdot t$, которое, по предложению автора этого метода, определяется по эмпирической формуле, в зависимости от скорости воздуха и принимается постоянным на всем протяжении процесса сушки.

Однако, в результате произведенного нами исследования было установлено, что произведение $\beta \cdot t$ изменяется в процессе сушки по сложному закону и зависит не только от скорости агента сушки, но и от удаляемой влаги. В связи

с этим была получена эмпирическая зависимость произведения $\beta \cdot m$ от удаляемой влаги ($W_{уд}$) в виде:

$$\beta \cdot m = c \cdot W_{уд}^{0,95},$$

где c — постоянный коэффициент, зависящий от скорости агента сушки (получена зависимость $c = f(v_s)$ для диапазона скорости воздуха от 0,25 до 0,55 м/сек);

$W_{уд}$ — удаляемая влага в процентах относительной влажности;

v_s — скорость воздуха, отнесенная к поперечному сечению шахты установки в м/сек.

РЕКОМЕНДАЦИИ

Результаты проведенного исследования позволяют наметить пути дальнейшей интенсификации процесса сушки зерна, путем внедрения в практику зерносушения теоретически обоснованных «прогрессивных» режимов.

«Прогрессивный» режим сушки зерна должен состоять из двух периодов. В первом периоде («зона прогрева») нагрев зерна доводится до температуры 40—45°C за счет подачи в эту зону агента сушки при высокой температуре (160—200°C). Во втором периоде («зона сушки») происходит процесс удаления влаги из зерна при постепенно повышающейся его температуре, в соответствии с полученной границей допустимых температур нагрева зерна. Необходимое повышение температуры нагрева зерна в «зоне сушки» осуществляется, как показали исследования, путем подачи во все секции установки агента сушки одинаковой температуры.

В связи с этим, для перевода любой сушилки шахтного типа на «прогрессивный» режим, в конструкцию ее необходимо внести следующие незначительные изменения: 2—3 верхних секции сушильной камеры выделяются в отдельную зону—«зону прогрева», куда подается агент сушки при высокой температуре. Остальная часть сушилki остается без изменений.

С целью устранения возможных причин, вызывающих «закал» зерна, особенно вероятных при сушке зерна высокой влажности и низкой температуры, (ниже 0°C), необходимо над «зоной прогрева» устроить «зону предварительного прогрева». В этом случае в «зону предварительного прогрева» должен поступать агент сушки низкой температуры (70—80°C), чтобы обеспечить нагрев зерна до температуры 10—15°C, без опасности ухудшения его качества.

Толщину продуваемого слоя зерна в «зоне предварительного прогрева», необходимо по возможности сделать наименьшей. Это даст возможность избежать запаривания зерна, ко-

торое может иметь место при сушке влажного зерна низкой температуры.

Процесс сушки зерна в реконструированной сушилке, по предложенному методу, рационально автоматизировать. Для этого необходимо:

а) В «зону предварительного прогрева» и «зону прогрева» установить подачу агента сушки постоянной температуры, вне зависимости от параметров поступающего на сушилку зерна.

б) Температуру агента сушки, поступающего в «зону сушки», устанавливать в зависимости от температуры и влажности зерна, выходящего из сушильной камеры.

Автоматический контроль за температурой агента сушки, а также за температурой и влажностью зерна возможно осуществить при помощи непрерывно действующих влагомеров, термопар и исполнительных механизмов, выпускаемых отечественной промышленностью.

Процесс сушки при «прогрессивном» режиме должен предусматривать рост температуры зерна в соответствии с полученными границами допустимых температур его нагрева. Эти границы, на основании данных исследований, могут быть выражены в виде эмпирической зависимости допустимой температуры нагрева зерна (τ) от его влажности (W_{abc}): для зерна с нормальной исходной клейковиной

$$\tau = 181,9 - 8,26 W_{abc} + 0,128 W_{abc}^2;$$

для зерна с крепкой исходной клейковиной

$$\tau = 154,3 - 6,5 W_{abc} + 0,1 W_{abc}^2.$$

Полученные эмпирические формулы действительны для диапазона влажности зерна от 15 до 34%.

Для расчета процесса сушки зерна при „прогрессивном“ режиме можно рекомендовать расчет, основанный на кинетике и динамике сушки (В. Дацковский). При этом одну из основных величин—произведение $\beta \cdot m$ необходимо вычислять по предложенной нами эмпирической формуле, в зависимости от удаляемой влаги ($W_{уд}$) и скорости агента сушки (v).

Одесский Технологический
Институт
им. И. В. Галана
БИБЛИОТЕКА