

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Самарская государственная сельскохозяйственная академия»

**А. П. Журавлёв**

# **ЗЕРНОСУШЕНИЕ И ЗЕРНОСУШИЛКИ**

*Монография*

Кинель 2014

*Рецензенты:*

д-р с.-х. наук, академик РАН,

ГНУ Поволжский НИИ селекции и семеноводства

*В. В. Глуховцев;*

д-р техн. наук, проф. кафедры механизации технологических процессов  
в АПК Оренбургского ГАУ

*М. М. Константинов*

**Журавлёв, А. П.**

**Ж-91** Зерносушение и зерносушилки : монография. – Кинель :  
РИЦ СГСХА, 2014. – 293 с.

**ISBN 978-5-88575-343-2**

В монографии кратко изложены теоретические основы технологии сушки зерна, приведены технологические схемы и описание конструкций зерносушилок как отечественного, так и зарубежного производства. Подробно рассмотрены вопросы по сушке зерна и семян подсолнечника в плотном неподвижном, в плотном малоподвижном, в псевдооживленном, падающем, взвешенном и комбинированном слоях. Дан анализ целесообразности и эффективности использования зерносушилок с различной технологией сушки, с подробным описанием устройства зерносушилок как устаревших, но используемых в настоящее время конструкций, так и современных, в т. ч. и зарубежных аппаратов. Подробно изложен материал по технологии сушки зерна и семян подсолнечника в шахтных, рециркуляционных и других типах зерносушилок с анализом их положительных и отрицательных факторов. Приведены режимы сушки зерна и семян подсолнечника, методики расчета расхода топлива и электроэнергии, освещены вопросы наладки, эксплуатации, технического обслуживания, ремонта зерносушилок, а также их теплового расчета.

Монография предназначена для студентов технологических факультетов аграрных вузов, слушателей ФПК, аспирантов и научных сотрудников, специалистов АПК.

© Журавлев А. П., 2014

© ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, 2014

## ВВЕДЕНИЕ

Во многих регионах России период уборки зерна совпадает с выпадением осенних осадков, вследствие чего убранное зерно имеет повышенную влажность. Поэтому сушка зерна является одной из главных технологических операций послеуборочной обработки зерна.

Сушка зерна с использованием научно-обоснованных режимов повышает стойкость зерна при хранении, улучшает семенные и технологические достоинства, улучшает в некоторых случаях технологические достоинства дефектного зерна.

Большой вклад в развитие теории сушки внесли А. В. Лыков, А. С. Гинзбург, В. А. Резчиков и другие ученые.

Совершенствованию технологии и техники сушки зерна посвящены работы Г. С. Зелинского, Л. Д. Комышника, А. П. Журавлева, В. И. Атаназевича и многих других ученых и практиков.

Комплексные исследования по послеуборочной обработке зерна были проведены во Всесоюзном научно-исследовательском институте зерна и продуктов его переработки (ВНИИЗ), в Казахском, Сибирском и Кубанском филиалах ВНИИЗ. В Казахском филиале ВНИИЗ была создана первая рециркуляционная зерносушилка типа «Целинная» и на ее основе разработаны более совершенные рециркуляционные зерносушилки и их технологические схемы.

Производство зерна в России оказывает огромное влияние на экономику государства и является основой продовольственной безопасности страны. По производству зерна Россия занимает 5 место после США, Китая, ЕС и Индии. Посевные площади России составляют 10% от мировых, а по производству зерна 5,8% к мировому производству, т. е. у России имеются большие резервы по увеличению количества зерна.

В России хлебоприемные предприятия, элеваторы находятся в собственности акционерных обществ или частных владельцев. По этой причине и по многим другим обстоятельствам в России только 10-20% зерна обрабатывается и хранится на элеваторах. Следовательно, 80-90% зерна хранится у производителей, где нет никаких условий для его сушки. Поэтому хозяйства и государство теряют до 30% выращенного урожая. Кроме того, качество произведенного зерна низкое.

В настоящее время центр по послеуборочной обработке и хранению зерна переместился от элеваторов и хлебоприемных предприятий в бывшие колхозы, совхозы и фермерские хозяйства. На элеваторах и хлебоприемных предприятиях можно очистить, просушить и разместить на хранение все выращенное зерно, а в хозяйствах практически отсутствует зерносушильная, очистительная высокопроизводительная техника, техника по вентилированию зерна, полностью отсутствуют механизированные зернохранилища. Поэтому проблема обеспечения сохранности зерна в крестьянских хозяйствах настолько сложна, что решить ее в сложившихся условиях без значительных потерь выращенного зерна практически невозможно.

В России создана мощная зерносушильная техника, способная просушить более 100 тыс. т зерна в час. Эта техника сосредоточена, в основном, на элеваторах и хлебоприемных предприятиях. В данный период в России сложилась парадоксальная ситуация – зерно сосредоточено у собственника-производителя, а техническая база по его обработке – у другого собственника. В результате зерносушилки и другая высокопроизводительная техника в элеваторах простаивает, а зерно в хозяйствах теряет свои природные достоинства, так как зерносушильная техника там отсутствует. Для решения проблемы послеуборочной обработки зерна имеются два пути:

- 1) создать материально-техническую базу по обработке зерна у производителя;
- 2) найти приемлемые условия на взаимовыгодной основе для обработки зерна на бывших элеваторах и хлебоприемных предприятиях.

В настоящее время проблема сушки зерна, его вентилирования стоит очень остро. Фермерам стало невыгодно не только сушить зерно, но и вести его подработку из-за чрезмерной дороговизны топлива и электроэнергии. Поэтому затраты на топливо и электроэнергию при послеуборочной обработке зерна не окупаются.

# 1. ИСТОРИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ЗЕРНОСУШЕНИЯ

Сушка зерна для большинства регионов России, ближнего и дальнего зарубежья является основной технологической операцией послеуборочной обработки. В России сушка зерна использовалась с давних времен. В крестьянских хозяйствах зерно сушили в снопах, сложенных в шалаши-овины. Под овином размещалась яма для костра. Дым от костра поступал в овин, подсушивал снопы. Несмотря на большие недостатки, овинный способ применялся на всей территории царской России, что объясняется низким уровнем техники того времени. С изобретением молотилок встала проблема сушки обмолоченного зерна. В это время стали появляться подовые зерносушилки. Подовая зерносушилка состояла из длинной поверхности с горизонтально размещенными дымоходами с одной или двумя печами. Дым нагревал поверхность (под), на который помещали зерно. Этот способ также крайне несовершенен. На одном квадратном метре пода можно было просушить 0,5 т зерна в сутки при съеме 3% влаги.

Более совершенными были ситовые зерносушилки, или стеллажные, появившиеся после подовых. В них сырое зерно размещалось на стальных листах с отверстиями и пронизывалось горячим воздухом. Их производительность составляла 0,5-0,7 т в сутки при снижении 3% влаги.

В начале 19 в в России появились механизированные зерносушилки. В 1832 г. была построена зерносушилка Майера с принудительной подачей горячего воздуха через слой зерна при помощи мехов. Впервые были даны рекомендации по применению для сушки зерна смеси топочных газов с воздухом, что значительно повлияло на экономию топлива. С развитием капитализма в России стали появляться более оригинальные сушилки. Так, в 1841 г. Вайцеховский-Ауторницкий сконструировал и установил сушилку для армии.

Следует отметить, что и в дореволюционной России и в бывшем СССР учеными были разработаны более совершенные методы и техника для сушки зерна. В середине 19 в. появились гениальные труды по сушке и хранению зерна Гудим-Левковича, Энгельмана, Фрибе, Часловского, а в начале 20 в – труды

К. Д. Зворыкина и В. П. Горячкина, в которых даны теоретические основы процесса сушки и дан тепловой расчет зерносушилки.

После 1917 г. технике и теории сушки зерна уделялось особое внимание. Разработки в области теории сушки А. В. Лыкова, М. Ю. Лурье, П. А. Ребиндера остаются актуальными и неизменными до нашего времени. Начиная с 1933 г. появляются шахтные зерносушилки ВИСХОМ, производительностью 1,0-1,2 т/ч при снижении 6% влажности. В колхозах и совхозах начали появляться сушилки системы Гоголева и Григоровича производительностью 300-350 кг/ч при съеме влаги 5-8%.

Шахтные зерносушилки получили большое распространение как в бывшем СССР, так и за рубежом. Одной из первых шахтных зерносушилок является сушилка «Успех» производительностью 4 т/ч при снижении влажности 5%. Передвижные зерносушилки «Кузбасс» появились в 50-х годах. Ее производительность 1,2-1,5 т/ч при съеме влаги 6%; 50-е годы характеризуются созданием шахтных зерносушилок большой производительности – СЗС-8×4, ДСП-24, ДСП-24сн. Зерносушилки ДСП-24, ДСП-24сн смонтированы в зданиях СОБ-1с и СОБ-МК.

В 60-х годах появились зерносушилки ДСП-32 и ДСП-32 ОТ. Первый тип сушилки смонтирован в здании, второй – вне здания. В сельском хозяйстве нашла широкое применение зерносушилка СЗШ-16, выпуск которой начался в 70-х годах.

В 90-х годах появилась зерносушилка А1-ДСП-50 шахтного типа с рециркуляцией зерна производительностью 50 т/ч.

Принципиально новым направлением в зерносушении явилось создание рециркуляционных зерносушилок типа «Целинная». Начиная с 60-х годов, они стали незаменимыми при сушке высоковлажного зерна. Первая зерносушилка «Целинная-50» была создана в 1959 г. путем реконструкции зерносушилки ДСП-24. В 60-х годах была внедрена зерносушилка «Целинная-20» на базе двух передвижных агрегатов ЗСПЖ-8, начат выпуск зерносушилки «Целинная-30» в металлическом исполнении, а в 70-х годах – РД-2х25-70. В 80-х годах была создана зерносушилка «Целинная-100».

В 80-х годах появилась серия рециркуляционных шахтных зерносушилок А1-УЗМ, А1-ДСП-50, А1-УСШ, отличительной особенностью которых является отсутствие камеры нагрева.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ ЗЕРНА

Сушка является наиболее распространенным технологическим процессом. Сегодня сушат кирпич, древесину, изоляционные материалы, топливо, кровь, фрукты, пищевые продукты, взрывчатые вещества, зерно и многие другие материалы и продукты. Чтобы оценить энергоемкость этих процессов, достаточно указать, что на сушку тратится около 15% топлива, добываемого в стране, а на сушку зерна на хлебопекарных предприятиях бывшего СССР тратилось около 700 тыс. т топлива.

Начало развития теории сушки характеризуется созданием основ гидродинамики и термодинамики влажного газа и относится к 1900-1911 гг. В этот период В. Е. Грум-Гржимайло развил теорию движения газов в сушилках. В 1918 г. Л. К. Рамзиным разработаны основы термодинамики влажного газа и графо-аналитический метод расчета сушильных аппаратов по J-d диаграмме. Метод сушки топочными газами совершенствовался благодаря исследованиям А. П. Ворошилова, М. Ю. Лурье, Н. М. Михайлова.

Дальнейшее развитие теории сушки относится к периоду проведения исследований по кинетике и динамике сушки. Большой вклад в развитие теории сушки внесен академиком А. В. Лыковым, который в 1934 г открыл и научно обосновал перенос влаги под влиянием термовлагопроводности.

Большим достижением в развитии теории сушки является создание научных основ технологии сушки. Здесь наиболее весомый вклад внесли академики П. А. Ребиндер, С. М. Липатов, А. В. Думанский. П. А. Ребиндером впервые была разработана теория о формах связи влаги с материалом. На этом этапе были проведены исследования по изменению биохимических показателей качества зерна в процессе сушки А. И. Опариным, В. Л. Кретовичем, Е. Д. Казаковым, Н. П. Козьминой, Л. А. Тривятским, Н. И. Соседовым и другими учеными.

В дальнейшем процесс сушки начал изучаться как комплексный перенос энергии и вещества. Большой вклад в развитие теории сушки в этот период внесли советские ученые А. В. Лыков, А. С. Гинзбург, П. Д. Лебедев, а из зарубежных – О. Кришер, Д. Сполдинг.

Начало 70-х годов характеризует начало нового этапа развития теории сушки. Он характеризуется исследованиями в области воздействия на зерно комплексных методов – консервации влажного зерна с применением нейтральных газов, холода и последующей сушки.

Как известно, в свежесобранном зерне продолжается процесс послеуборочного дозревания. Правильно организованная сушка позволяет ускорить этот процесс, а также способствует выравниванию влажности и степени зрелости зерновой массы, улучшению внешнего вида и технологических свойства зерна.

По своей природе зерно является коллоидным, а по структуре – капиллярно-пористым телом со сложным химическим составом. Общие закономерности распределения воды в таком материале разработаны С. М. Липатовым, Г. А. Ребиндером, А. В. Лыковым, Ю. А. Кавказовым. В последние годы учение о формах связи влаги в зерне, о процессах внутреннего влагопереноса расширено трудами А. С. Гинзбурга, Е. Д. Казакова, Г. А. Егорова.

Первые русские исследователи процесса сушки зерна (И. Чернопятав, 1867 г., Н. Румянцев, 1896 г.) обратили внимание на то, что зерно под действием высоких температур теряет всхожесть. Ими также было замечено, что высокая температура особенно пагубно действует на сырое зерно. По мере подсыхания зерна высокие температуры менее опасны. При сушке зерна большое значение имеет не только температура нагрева зерна, но и продолжительность воздействия тепла.

Важнейшей характеристикой зерна является его теплофизические свойства. До последнего времени методы математического расчета процессов сушки не получили должного развития, что в значительной степени объясняется недостаточными сведениями о теплофизических свойствах зерна. Изучению этого вопроса посвящены исследования Г. И. Красовской, Г. А. Егорова, Е. И. Сизяковой, В. А. Казаряна и др. Исследования теплофизических характеристик единичного зерна и зернового слоя показали, что значения коэффициентов теплопроводности, температуропроводности для единичного зерна значительно отличаются от тех же показателей для неподвижного слоя зерна. Существенный вклад в развитие и совершенствование техники и технологии сушки зерна внесли Г. С. Зелинский, Л. Д. Комышник, В. М. Атаназевич, А. П. Журавлев, В. С. Кршенинский, В. И. Жидко, Н. Я. Попов и другие.



В работах перечисленных авторов технология сушки исследовалась при подводе тепла. Чтобы превратить 1 кг воды в пар необходимо затратить около 2680 кДж. При сушке зерна в шахтных зерносушилках фактически затрачивается на испарение 1 кг воды 5020-6280 кДж и 3670-4490 кДж при сушке в рециркуляционных зерносушилках типа «Целинная».

Обобщая сказанное, нужно отметить, что сушка зерна является не только теплофизическим процессом, на который расходуется много тепла и энергии, но и технологическим процессом, при котором происходят необратимые физико-механические, коллоидно-физические изменения в зерне.

Все это определяет пути выбора необходимого режима сушки для каждого объекта сушки. В общем виде можно сформулировать требования, которым должен соответствовать режим сушки. Сушка должна протекать с минимальными затратами тепла и энергии, с максимальной скоростью удаления влаги при сохранении технологических свойств высушенного зерна.

Для выполнения упомянутых требований при удалении влаги, где бы она не находилась, необходимо правильно применять законы двух научных дисциплин: тепло- и массообмена и учения о связи влаги с коллоидными капиллярно-пористыми телами. При этом необходимо учитывать и основные свойства материала (физико-химические, структурно-механические, биохимические и др.).

Таким образом, глубокое и детальное обоснование процесса сушки того или другого материала связано с комплексным исследованием всей совокупности технологических свойств материала и переносом тепла и массы как внутри материала, так и вне его – между поверхностью материала и окружающей средой. Испарение влаги из такого материала, как зерно, является весьма сложным процессом.

Для более ясного представления о процессе испарения влаги из зерна необходимо ознакомиться с аналогичным явлением, происходящим при испарении воды со свободной поверхности (т.е. поверхности воды, находящейся в открытом сосуде).

Известно, что при взаимодействии жидкости с газообразной средой испарение начинается при температуре более низкой, чем точка кипения. Образующиеся при этом водяные пары проникают в окружающую среду, смешиваясь с ней. Физическую сущность

процесса испарения воды со свободной поверхности можно представить так. Воздух, находящийся над поверхностью воды, представляет собой молекулярную смесь воздуха и водяного пара. Молекулы этой смеси находятся в постоянном беспорядочном движении. В воде также происходит постоянное движение молекул. Во время движения некоторые молекулы воды отрываются от поверхности и переходят в граничащие с жидкостью слои воздуха. Следовательно, происходит убыль воды за счет переместившихся ее молекул в воздух. Такое явление принято называть испарением.

Испарение зависит от коэффициента диффузии, а последний, в значительной мере, зависит от скорости воздушного потока над поверхностью воды. Воздушный поток, омывая открытую поверхность жидкости, встречает некоторое сопротивление. Поэтому непосредственно у жидкости образуется так называемый пограничный неподвижный слой воздуха. С увеличением скорости его ламинарное движение переходит в турбулентное, в связи с чем, застойные воздушные частицы у поверхности уносятся, толщина неподвижного слоя уменьшается и молекулы воды легче переносятся в окружающую среду. Следовательно, интенсивность испарения влаги зависит от скорости движения воздуха над ее поверхностью, чем выше скорость, тем интенсивнее испаряется влага. Это условие учитывается при интенсификации процесса сушки.

Интенсивность испарения зависит от величины парциального давления у поверхности воды, а последнее зависит в значительной мере от температуры воды. При увеличении температуры воды увеличивается скорость испарения. Так, при удалении влаги из зерна процесс сушки будет зависеть от величины его нагрева.

Интенсивность испарения имеет обратно-пропорциональную зависимость от барометрического давления. При повышении давления окружающего воздуха число столкновений молекул воды и воздуха увеличивается, и множество частиц пара отбрасывается назад, замедляя процесс испарения.

Однако в высушиваемом материале, таким как зерно, влага не находится в свободном состоянии. Зерно является такой системой, в которой влага имеет различные формы связи с твердым его скелетом. Поэтому механизм испарения влаги из зерна, несомненно, будет отличаться от испарения влаги со свободной поверхности.

Наиболее обстоятельная классификация форм связи влаги в коллоидных капиллярно-пористых материалах предложена

## 10. ЗЕРНОСУШИЛКИ С ПОПЕРЕЧНОЙ ПРОДУВКОЙ ЗЕРНОВОГО СЛОЯ

Основным достоинством данных сушилок является простота и дешевизна при их изготовлении. Как правило, конструктивно сушилка представляет собой две перфорированные стенки, между которыми размещается сырое зерно. Перфорация стенок различная, наиболее часто она выполнена в виде круглых отверстий диаметром до 2 мм или в виде щелей.

Промышленное изготовление такой конструкции очень простое, однако, заложенная технология сушки в таких аппаратах очень несовершенна. Толщина продуваемого слоя в разных сушилках этого типа достигает 380-1500 мм. Продувка слоя, как правило, осуществляется без его перемешивания. В лучшем случае перемешивание зерна производится один раз за весь период сушки.

Процесс сушки происходит при подаче агента через перфорированную стенку в слой зерна и отводе отработанного агента через другую перфорированную стенку. При такой сушке зерно, прилегающее к стенке со стороны подвода агента, пересушивается, а у противоположной стенки не досушивается. Для снижения неравномерности сушки используют агент с более низкой температурой, а это, в свою очередь, приводит к повышенному расходу топлива и электроэнергии.

Другим отрицательным эффектом использования таких сушилок является залипание перфорации стенки со стороны отвода агента легкими примесями. При этом выход отработанного агента будет уменьшаться или совсем прекратится. В результате эффективность сушки снижается (в лучшем случае), а при полном засорении перфорации процесс сушки прекращается полностью, следовательно, в таких сушилках можно сушить только чистое зерно с небольшим содержанием влаги.

### *10.1. Колонковая зерносушилка СК-5*

Зерносушилка (рис. 10.1) состоит из спаренных прямоугольных колонок 1 с перфорированными стенками.

Пространство между колонками является распределительной камерой и разделено на две зоны – зону сушки 2, и зону

охлаждения 4. В распределительную камеру 2 подается агент сушки, в другую камеру 4 – атмосферный воздух, каждая колонка снабжена выпускным устройством 5.

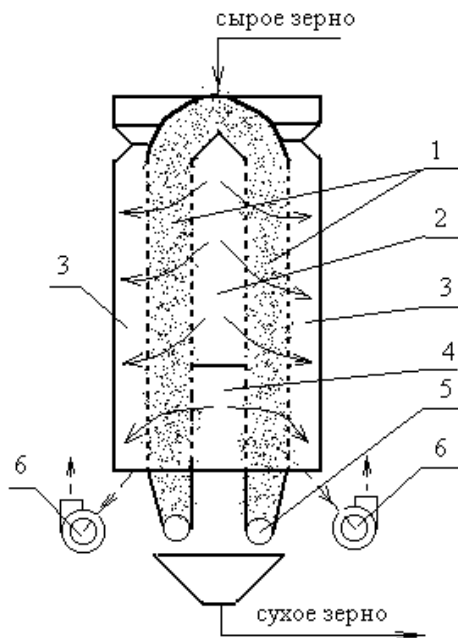


Рис. 10.1. Колонковая зерносушилка СК-5:

- 1 – спаренные колонки; 2 – распределительная камера агента сушки;  
3 – отводящий диффузор; 4 – распределительная камера атмосферного воздуха;  
5 – выпускное устройство; 6 – вентилятор

Для отвода отработанного агента сушки и атмосферного воздуха к каждой колонке примыкает отводящий диффузор 3, который соединен с вентилятором 6. Каждую колонку обслуживает свой вентилятор. Вентиляторы работают на всасывание. Один вентилятор обслуживает как зону сушки 2, так и зону охлаждения 4. В качестве агента сушки используется воздух, подогретый в теплогенераторе ТБ-1,5, работающий на жидком топливе. Колонковая сушилка СК-5 выполнена в виде модуля. Две такие спаренные сушилки образуют сушилку СК-20, имеющую общие загрузочные устройства.

Техническая характеристика зерносушилки СК-5 представлена в таблице 10.1.

Таблица 10.1

Техническая характеристика зерносушилки СК-5

Наименование показателей	Единицы измерения	Числовые значения
Производительность при сьеме влаги 6%: на семенном зерне на продовольственном	пл. т/ч	5 10
Установленная мощность	кВт	75
Удельный расход дизельного топлива	кг/ч·т	8,7
Удельный расход электроэнергии	кВт·ч/т	6,6
Масса	т	10
Габаритные размеры с теплогенератором	м	12,9×5,7×11,8

Процесс сушки осуществляется следующим образом. Сырое зерно распределяется в две прямоугольные колонки 1 и постепенно движается сверху вниз. Толщина продуваемого слоя 300 мм.

Вентиляторами 6 зерно пронизывается агентом сушки температурой 70-90<sup>0</sup>С из распределительной камеры 2 через перфорированные стенки. В зоне охлаждения зерно продувается атмосферным воздухом из распределительной камеры 4 через перфорированные стенки. Отработанный агент сушки и атмосферный воздух смешиваются в диффузоре 3 и отсасываются вентилятором 6. Производительность сушилки регулируется выпускным механизмом 5 роторного типа. Зерносушилки СК-5, СК-20 выпускаются АО «Брянксельмаш».

## 10.2. Зерносушилка ЗС-10

Изготовителем зерносушилки является АО «Самара-Металлист». Она выполнена в передвижном варианте, полностью укомплектована необходимым для сушки технологическим оборудованием. На одной раме смонтированы сама сушилка, шнек для подачи сырого зерна, шнек для загрузки и разгрузки сушилки, теплогенератор, работающий на жидком топливе, пульт управления.

Зерносушилка (рис. 10.2) состоит из внутреннего перфорированного цилиндра 4, внешнего перфорированного цилиндра 3, теплогенератора 9, совмещенного с напорно-распределительной камерой 8, шнеков 5 и 7, используемых при совместной работе для подачи сырого зерна в пространство между двумя цилиндрами, а при работе только шнека 5 – для выгрузки зерна из сушилки и для

многократной циркуляции зерна в период сушки. Посредством разгрузочного устройства 2 осуществляется выпуск сухого зерна.

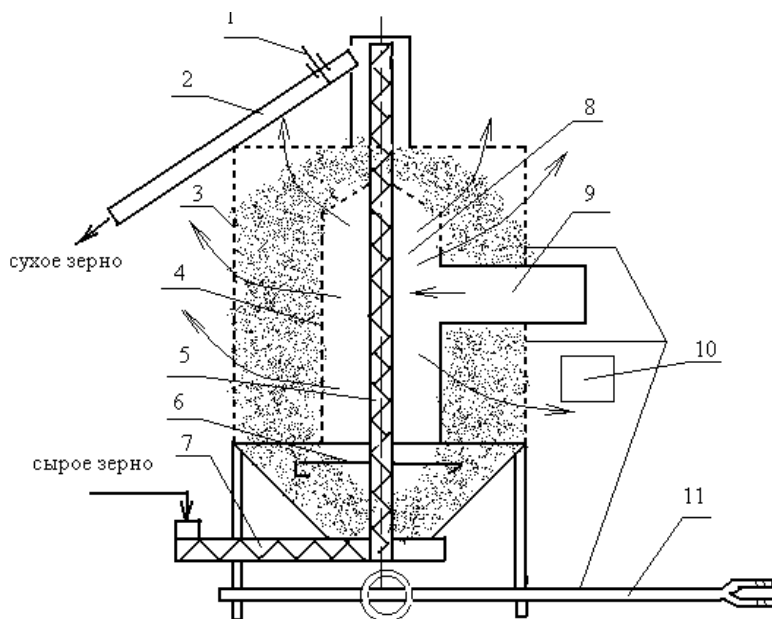


Рис. 10.2. Зерносушилка ЗС-10:

- 1 – задвижка; 2 – разгрузочное устройство; 3 – внешний цилиндр;
- 4 – внутренний цилиндр; 5 – центральный шнек; 6 – перемешиватель;
- 7 – шнек загрузочный; 8 – распределительная камера;
- 9 – теплогенератор; 10 – пульт управления; 11 – рама

Задвижка 1 служит для выпуска зерна из сушилки после шнека 5 (задвижка открыта) или для направления зерна на циркуляцию, т. е. на повторную сушку (задвижка закрыта). Управление механизмами осуществляется с пульта управления 10.

Зерносушилка ЗС-10 периодического действия, т. е. производится загрузка сушилки сырым зерном, включается теплогенератор, зерно сушится при его многократной циркуляции за счет работы шнека 5. После завершения сушки подача топлива в теплогенератор прекращается, и он работает в качестве охладителя зерна, подавая в него атмосферный воздух. Охлажденное зерно шнеком 5 и разгрузочным устройством 2 выводится из сушилки.

Сушка зерна и его охлаждение происходит за счет подачи агента сушки или атмосферного воздуха теплогенератором 9

в напорно-распределительную камеру 8, откуда агент сушки или воздух через перфорацию внутреннего цилиндра 4 пронизывает слой зерна толщиной 450 мм и через перфорацию внешнего цилиндра 3 выбрасывается в атмосферу.

Большим недостатком сушилки является отсутствие устройства для равномерного выпуска зерна, в результате циркуляция зерна осуществляется в слое, прилегающем к внутреннему цилиндру, а слой зерна, прилегающий к внешнему цилиндру, практически остается неподвижным. Смонтированный в сушилке перемешиватель зерна 6 не решает проблему по равномерности выпуска зерна.

Процесс сушки заключается в следующем. Сырое зерно засыпается между перфорированными стенками наружного 3 и внутреннего 4 бункеров. Агент сушки или воздух поступает через теплогенератор 8 во внутренний бункер 4, откуда через перфорированную стенку проходит через слой зерна в 450 мм и выходит через другую перфорированную стенку в атмосферу. Сушка зерна происходит при непрерывной рециркуляции шнеком 5 зерна до его высушивания. Затем теплогенератор отключается и вместо агента сушки через слой зерна продувается атмосферный воздух. После охлаждения зерно выгружается из сушилки посредством шнека 5 и самотечной трубы 2. Следующая операция – заполнение сушилки сырым зерном шнеками 7 и 5, далее процесс повторяется. Приведем основные показатели данной конструкции при сушке зерна пшеницы влажностью 18,4-20,9%. Температура агента сушки 54-76°C, нагрева зерна – 40-48°C, производительность не превышает 4-5 т/ч, удельный расход электроэнергии 4,1 кВт·ч/пл.т, уд. расход топлива 2,6 кг газа на плановую тонну или 28,6 кг усл.топл./пл.т. В процессе сушки наблюдалось ухудшение качества зерна. Увеличилось количество дробленых зерен с 0,93 до 1,36%, после сушки имелось поджаренных зерен до 1,6%, энергия прорастания зерна снизилась с 82,2 до 70,8%. Наличие поджаренных зерен в просушенном зерне сигнализирует о недоброкачественной стыковке теплогенератора с сушилкой.

Если проанализировать приведенные данные, то удельный расход топлива в этой зерносушилке в 2 раза превышает аналогичный показатель для шахтных и в 2,8-3 раза для рециркуляционных зерносушилок типа «Целинная». Применение режимов для семенного зерна (температура нагрева зерна 40-48°C при влажно-

сти 18,4-20,9%) привело к снижению качества зерна даже продовольственного назначения (поджаренные зерна).

Рассматривая данную конструкцию с точки зрения технологии ее изготовления, можно сделать вывод, что зерносушилка ЗС-10 полностью укомплектована встроенным технологическим оборудованием и не требует больших затрат при ее монтаже. И, наоборот, рассматривая зерносушилку ЗС-10 с точки зрения технологии сушки, убеждаешься, что никаких научных подходов в этой области не было сделано. Еще в 30-х годах нашими учеными было обосновано, что цикл сушки должен состоять из кратковременного нагрева зерна, его отволаживания и охлаждения. Кроме того, нельзя добиться равномерной сушки при поперечной продувке слоя зерна толщиной 450 мм, так как зерно, прилегающее к стенке внутреннего бункера, будет пересушено, а прилегающее к стенке наружного бункера – не досушено. Конструкция зерносушилки не имеет устройства для равномерного выпуска зерна из зоны сушки, в результате часть зерна задерживается в сушилке и подвергается непрерывному воздействию агента сушки без перемешивания.

Основной недостаток данной конструкции – технология поперечной продувки слоя зерна, размещенного между двух перфорированных стенок. При работе с засоренным зерном отверстия перфорации внешнего бункера постепенно засоряются примесями. Следовательно, выход отработавшего агента сушки в атмосферу будет уменьшаться или прекратится, процесс сушки остановится.

Таблица 10.2

Техническая характеристика зерносушилки ЗС-10  
(по данным МИС)

Наименование показателей	Единицы измерения	Числовые значения
Производительность	пл.т / ч	10
Удельный расход электроэнергии	кВт ч/т	4,1
Удельный расход природного газа	кг/т	2,6
Габаритные размеры:	м	
длина		9,8
ширина		3,45
высота		5,75
Масса сушилки с теплогенератором	кг	2300
Масса теплогенератора	кг	900



Данная сушилка периодического действия, процесс сушки складывается из чередующихся операций: заполнение сырым зерном → сушка → охлаждение → выгрузка сухого зерна. Такая технология сушки неприемлема в наше время.

Техническая характеристика зерносушилки ЗС-10 (по данным МИС) представлена в таблице 10.2.

### 10.3. Зарубежные зерносушилки

Наибольшее развитие зерносушилки получили в США, Англии, Франции, Финляндии, Германии. Конструкции зарубежных зерносушилок очень разнообразны и приспособлены к конкретным местным условиям. У фермеров наибольшее распространение получила сушка зерна в металлических емкостях (рис. 10.3). Принцип работы сушилки следующий. В металлический силос 1 загружается влажное зерно 2. Толщина слоя зависит от первоначальной влажности зерна. Днище силоса 3 выполнено перфорированным. Сушка зерна осуществляется при продувке слоя агентом сушки, подаваемым в воздухоподводящий канал 4. Положительной чертой данной конструкции является универсальность использования устройства в качестве хранилища, в качестве сушилки, а также в качестве вентилируемой емкости. Недостатки: зерносушилка периодического действия; сушится плотный неподвижный слой зерна; необходим запасной металлический силос для охлаждения зерна.

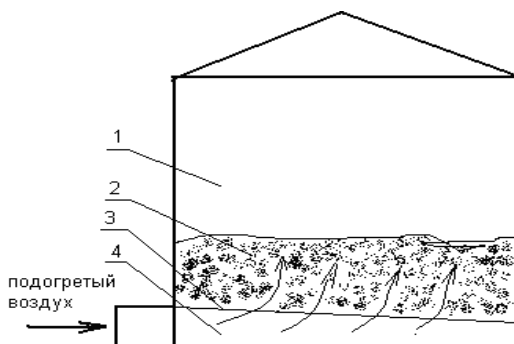


Рис. 10.3. Схема сушки зерна в металлическом силосе: 1 – металлический силос; 2 – зерно; 3 – перфорированная решетка;