

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Вологодская государственная  
молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина»**



**Инженерный факультет  
Кафедра технические системы в агробизнесе**

# **СУШКА ЗЕРНА И СЕМЯН**

*Методические указания*  
по выбору зерновых сушилок  
для студентов инженерного факультета  
по направлению подготовки 35.03.06 **Агроинженерия**



**Вологда – Молочное  
2023**

УДК 631.365:633.1(081)  
ББК 40.728

*Составитель:*

канд. техн. наук, доцент кафедры технические системы в агробизнесе  
**В.Н. Вершинин**

*Рецензенты:*

канд. техн. наук, доцент кафедры энергетических средств  
и технического сервиса

**Е.А. Берденников;**

канд. техн. наук, доцент кафедры технические системы в агробизнесе  
**Н.Н. Кузнецов**

**Сушка зерна и семян:** методические указания / В.Н. Вершинин. – Вологда–  
Молочное: ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, 2023. – 37 с.

Методические указания предназначены для выполнения расчётных заданий по дисциплине «Технология послеуборочной обработки продукции растениеводства» студентами инженерного факультета по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия.

Одобрено решением редакционно-издательского совета и рекомендовано к размещению на образовательном портале и в ЭБС ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА.

УДК 631.365:633.1(081)  
ББК 40.728

© Вершинин В.Н., 2023  
© ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1 СУШКА ЗЕРНА И СЕМЯН .....	5
1.1 Принципы и способы процесса сушки, классификация сушилок .....	5
1.2 Устройство и рабочий процесс зерно- и семясушилок .....	6
1.2.1 Барабанные сушилки .....	6
1.2.2 Шахтные зерносушилки .....	7
1.2.3 Сушилки колонковые .....	12
1.2.4 Сушилки карусельные .....	20
1.2.5 Сушилки конвейерные .....	24
1.2.6 Мобильные сушилки .....	28
1.2.7 Сушилки периодического действия .....	31
1.3 Режимы сушки, подготовка к работе и регулировки сушилок .....	31
Контрольные вопросы и задания .....	37

## ВВЕДЕНИЕ

Зерновые культуры, лен и семенники многолетних трав при нормальных условиях выращивания дают, как правило, первоклассные по всхожести семена. Поэтому важно не только вырастить урожай, но и обеспечить его сохранность, не допуская потерь и снижения качественных показателей зерна и семян во время уборки, послеуборочной обработки и хранения.

Поэтому определяющая роль на заключительной стадии производства зерна, семян льна и многолетних трав принадлежит своевременной и качественной послеуборочной обработке их в сельскохозяйственных предприятиях, основные задачи которой обеспечить высокие темпы уборочных работ, исключить потери, сохранить и даже улучшить качественные показатели зерна и семян.

В агроклиматических условиях регионов повышенного увлажнения уборка происходит зачастую в сложных погодных условиях, в результате чего свежееубранное зерно, льноворох и ворох семян многолетних трав поступает на послеуборочную обработку неравномерно, имеет высокую влажность и засоренность, значительную неоднородность семян по спелости. Машины и оборудование зерно- и семяочистительно – сушильных пунктов (ЗОСП) и комплексов во многих хозяйствах физически и морально устарели и не полностью соответствуют свойствам зернового и семенного вороха как объектов послеуборочной обработки. Это приводит к снижению пропускной способности пунктов и комплексов, нарушению поточности обработки, накоплению больших масс необработанного вороха, удлинению сроков уборки, а в конечном итоге – к увеличению потерь и снижению качества семян. Возрастает расход топлива и электроэнергии на послеуборочную обработку зерна и семян, возникает необходимость увеличения парка зерно - семяочистительных машин, сушилок и оборудования и реконструкции ЗОСП и комплексов.

Послеуборочная обработка – наиболее трудоемкий и энергоемкий этап в производстве зерна и семян, затраты труда на нее составляют более 30%, а затраты энергии достигают 50% от общих энергозатрат на производство зерна и семян. При этом наиболее энергоемким звеном в технологии послеуборочной обработки является сушка зерна и семян.

Методические указания предназначены в качестве дополнительной литературы для аудиторной и самостоятельной работы студентов, изучающих курс «Технология послеуборочной обработки продукции растениеводства», а также при подготовке ими выпускной квалификационной работы по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия.

# 1 СУШКА ЗЕРНА И СЕМЯН

## 1.1 Принципы и способы процесса сушки, классификация сушилок

В основу процесса сушки влажных материалов положены два принципа - с изменением и. без изменения агрегатного состояния влаги.

Без изменения агрегатного состояния влагу можно удалить или механическими способами путем фильтрации, центрифугирования и прессования или сорбционным способом, смешивая семена с влагопоглощающими материалами.

В процессе послеуборочной обработки сушка зерна и семян в основном осуществляется с изменением агрегатного состояния влаги путем ее испарения. На этом основаны конвективный, контактный и радиационный способы, а также молекулярная сушка.

*Конвективный способ* - это способ, при котором тепло передается семенам конвекцией от движущегося агента сушки (теплоносителя), являющегося подогретым воздухом или его смесью с топочными газами. Агент сушки нагревает семена, поглощает испарившуюся влагу и выводит ее из сушильной камеры. В настоящее время все виды сушилок, применяемых в сельскохозяйственном производстве, работают по этому способу.

*Контактный или кондуктивный способ* сушки осуществляется за счет теплопроводности при контакте влажных семян с нагретой поверхностью.

*Радиационный способ* сушки - характерен тем, что теплота передается высушиваемому материалу в виде лучистой энергии солнца или инфракрасного излучения.

*Молекулярная сушка* осуществляется в вакуумных сушилках.

При этом способе в начале теплота для испарения влаги отбирается из материала, вследствие чего температура его резко снижается, влага замерзает и выступает на поверхности в виде льда. При последующем подводе тепла лед испаряется. При этом структура высушиваемого материала сохраняется.

В процессе сушки зерно и семена должны не только сохранять, но и улучшать семенные, продовольственные и фуражные качества.

Основной параметр процесса сушки - температура нагрева зерна и семян. Она зависит от исходной влажности, вида и назначения высушиваемых семян, времени пребывания их в нагретом состоянии (экспозиции сушки). Например, в процессе сушки семенного материала зерновых культур с начальной влажностью семян до 20% температура нагрева их с учетом типа сушилок не должна превышать 40-45°C, зернобобовых - 30-35°C, а зерна (продовольственного назначения) - 50-60°C.

Скорость сушки должна быть одинаковой по всему объему сушильной камеры при, допустимой неравномерности сушки 2%, и допустимой неравномерности нагрева семян 3-4°C.

Съем влаги за один пропуск через сушильную камеру не должен превышать 5-6% для семян зерновых и 3-4% для семян зернобобовых культур.

После сушки семена должны быть охлаждены так, чтобы температура их не превышала температуру окружающего воздуха более чем на 10-15°C.

В основу рабочего процесса сушилок, применяемых в настоящее время для сушки зерна и семян, положен конвективный способ теплопередачи. В зависимости от состояния материала в процессе сушки и охлаждения сушилки подразделяются на сушилки с неподвижным слоем и, сушилки с подвижным слоем материала. При сушке в неподвижном состоянии скорость материала равна нулю, а скорость теплоносителя меньше критической скорости частиц материала.

По этому принципу работают сушилки периодического действия: платформенные, ромбические, жалюзийные, треугольные, лотковые, стеллажные и установки активного вентилирования.

При сушке в подвижном состоянии скорость материала больше нуля, а скорость теплоносителя меньше критической скорости частиц высушенного материала. Этот принцип положен в основу работы барабанных, шахтных, бункерных, карусельных, конвейерных, колонковых и вибрационных сушилок непрерывного действия.

Сушилки периодического действия просты по конструкции, легче в обслуживании, но имеют низкий КПД, непригодны к работе в потоке, не обеспечивают требуемую равномерность сушки и расход тепла на испарение 1 кг влаги в них значительно больше, чем в сушилках непрерывного действия.

## **1.2 Устройство и рабочий процесс зерно- и семясушилок**

### **1.2.1 Барабанные сушилки**

Предназначены для сушки зерна различных культур семенного, продовольственного и фуражного назначения любой влажности и засоренности. В них можно сушить семена льна и трав (рис.1.1).

Процесс сушки зерна и семян в барабанных сушилках протекает следующим образом. Из загрузочной камеры зерно или семена самотеком поступают на винтовые дорожки, расположенные в передней части сушильного барабана. Винтовые дорожки обеспечивают равномерную подачу и распределение высушиваемого материала по секциям вращающегося барабана. Материал по всей длине подъемнолопастной системы лопатками и крестовинами барабана поднимается вверх и сыпается вниз. Теплоноситель проходит через сыпавшуюся с лопаток семенную массу нагревает семена и уносит из сушильной камеры испарившуюся влагу. Непрерывно пересыпающаяся семенная масса под действием потока теплоносителя и подпора поступающего материала перемещается вдоль барабана. На конце барабана установлено подпорное кольцо с люками, обеспечивающее заполнение его высушиваемым материалом. Люки открывают только по окончании сушки определенной партии семян для полного освобождения барабана.

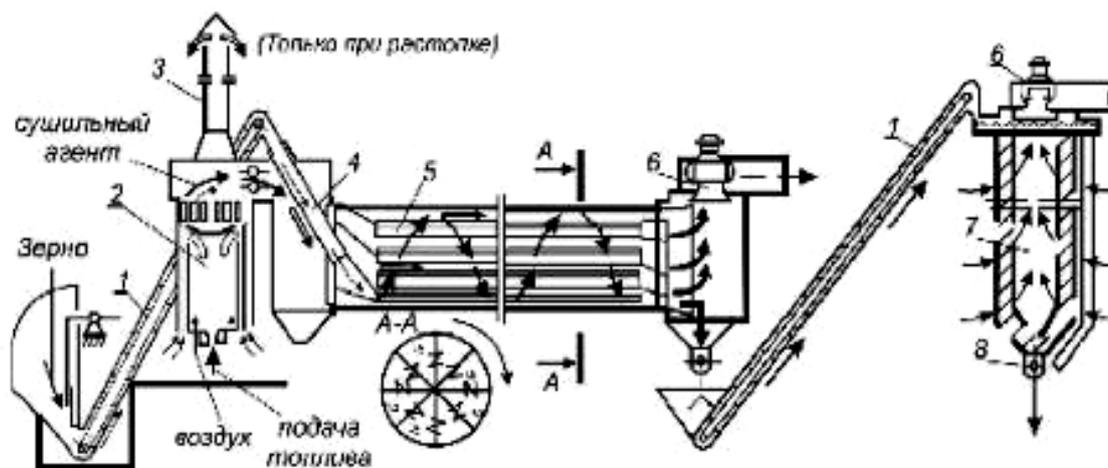


Рис. 1.1. Схема стационарной барабанной зерносушилки:

1 - скребковый транспортер; 2 - топка; 3 - растопочная труба; 4 - самотечная труба; 5 - барабан, имеющий лопасти и полки; 6 - вентиляторы; 7 - охлаждающая колонка, состоящая из двух перфорированных вертикальных цилиндров; 8 - шлюзовой затвор.

За один проход сушилка позволяет снизить влажность зерна на 5-6% (семенного – на 3-4%). Поэтому через барабанную сушилку влажные семена приходится пропускать 2-3 раза или последовательно устанавливать несколько сушилок.

Время пребывания зерна в барабане сушилки рассчитано на 15-20 минут, а средняя температура агента сушки составляет 100-110 °С. При обработке фуражного или продовольственного зерна рекомендуемая температура теплоносителя - 180-250 °С.

Барабанные сушилки относительно компактны и могут использоваться в качестве передвижных или стационарных установок. В основном, в сельском хозяйстве используются стационарные барабанные зерносушилки марки СЗСБ-8 или СЗСБ-8А, производительность которых составляет 8 т/ч, и передвижные - СЗПБ-2,5, позволяющие просушить до 2,5 т/ч. **Барабанные зерносушилки**, в которых нагретый воздух (сушильный агент) переносит тепло к зерну, удаляя тем самым влагу, относятся к категории сушилок конвективного типа.

Степень использования объема сушильного барабана невелика и составляет 25-30%, что является основным недостатком барабанных сушилок по сравнению с другими типами.

К достоинству барабанных зерносушилок относится то, что процесс сушки в них регулируется автоматически и для размещения их не нужны высокие помещения.

### 1.2.2 Шахтные зерносушилки

Предназначены для сушки предварительно очищенных семян зерновых, зернобобовых, крупяных и масличных культур семенного,

продовольственного и фуражного назначения с начальной влажностью до 30%.

Шахтные сушилки являются установками непрерывного действия. При установившемся режиме работы зерно непрерывно поступает в верхнюю часть шахты и также непрерывно истекает из нее в нижней. Зерно движется за счет силы тяжести и сыпучести зерновой массы. Агент сушки движется поперек потока зерна (рис. 1.2).

Благодаря тому, что слой зерна в шахте несколько разрыхлен, и зерно при движении поворачивается в разных направлениях, улучшается его взаимодействие с агентом сушки и ускоряется влагообмен. Скорость движения зерна и время нахождения его в шахте регулируют с помощью выпускного устройства. Продолжительность нахождения зерна в шахте примерно 40 минут, и за один пропуск его влажность снижается на 4-6 %.

Чтобы сушка зерна проходила во всем объеме шахты, ее оборудуют специальными каналами-коробами, которые как бы разделяют насыпь на отдельные пласты толщиной 100-150 мм, соответствующие толщине зоны сушки. К каждому такому пласту подходит свежий агент сушки и после насыщения влагой выводится за пределы шахты.

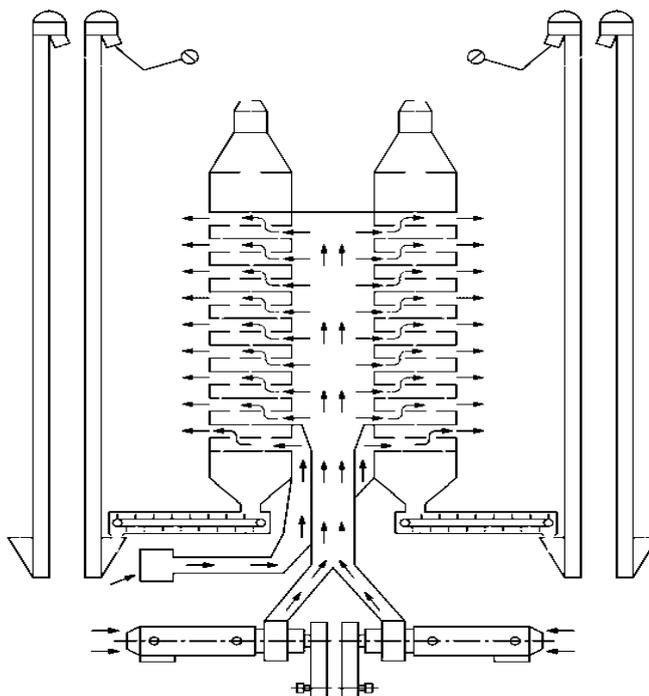


Рис. 1.2. Технологическая схема шахтной зерносушилки

В простейшем виде короб представляет собой пятиугольный канал из листового металла с открытой нижней гранью. Короба устанавливают в шахте рядами (в шахматном порядке) по всей ее высоте. Для каждого короба в стенах шахты вырезано соответствующее его сечению отверстие, через которое подводится свежий агент сушки, и в этом случае короб называется подводящим, или отводится отработавший агент сушки – отводящий короб. Входные отверстия подводящих коробов обычно выходят в сторону

топочного устройства, а выходные отверстия отводящих коробов – в противоположную. У всех подводящих и отводящих коробов один торец является глухим. Число подводящих и отводящих коробов обычно одинаковое, и они чередуются или целыми рядами или в каждом ряду.

### Шахтные сушилки СЗШ-16А и М-819

Основные узлы шахтных сушилок: надсушильные бункера; две или четыре (М-819) параллельно расположенные шахты с коробами для подвода и отвода теплоносителя; подсушильные камеры с разгрузочными устройствами; вентиляторы; воздухопроводы; топочные блоки; охладительные устройства; пульта и станции управления.

Охладительное устройство выполнено в виде охладительных колонок (СЗШ-16А) или являются продолжением камеры сушки (М-819). Загрузка и разгрузка сушилок производится ковшовыми нориями.

Сушка зерна и семян в шахтных сушилках происходит следующим образом. После заполнения шахт, включают в работу отсасывающие вентиляторы, разгрузочные норрии сушилок и разгрузочные устройства. Семена из надсушильных бункеров под действием силы тяжести перемещаются сверху вниз между рядами коробов, проходят камеры сушки, охладительные устройства и вновь направляются в надсушильные бункера.

Теплоноситель, перемещаясь из подводящих в отводящие его короба, пронизывают слой семян, нагревают их и уносят испарившуюся влагу.

При достижении семенами кондиционной влажности сушилку переключают на работу в потоке.

Шахты сушилки СЗШ-16А могут работать как параллельно, так и в последовательном режиме, а сушилок М-819 только параллельно.

Техническая характеристика шахтных сушилок представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Техническая характеристика шахтных сушилок

Показатели	СЗШ-16А	М-819
Производительность на сушке зерна пшеницы при снижении влажности с 20 до 14%, т/ч	20	20
Расход топлива, кг/ч	до 200	до 200
Вместимость сушильной камеры (при объемной массе зерна 750 кг/м <sup>3</sup> ), т	16,4	20
Установленная мощность электродвигателей, кВт	107	88,8
Габаритные размеры, мм		
длина	13250	15250
ширина	6030	8000
высота	11650	12300
Масса, кг	16000	74000

Шахтные сушилки имеют серьезные технологические недостатки. Главный из них заключается в ограниченном съеме влаги за один пропуск зерна через шахту, равном 4-6 %. Поэтому для полного высушивания зерна

иногда приходится проводить обработку в несколько приемов. Передержка частично просушенного зерна в ожидании повторных пропусков через сушилку является причиной снижения его качества.

В шахтных сушилках сложно сушить зерно влажностью выше 25% и особенно выше 30%. Данная зерновая масса имеет плохую сыпучесть и склонна к зависанию между коробами. Это увеличивает продолжительность обработки, перегрев и даже порчу зерна, а иногда загорание легких органических примесей. Для улучшения прохождения зерна через шахту его необходимо предварительно очистить от крупных солоmistых примесей и растительных остатков. Улучшению процесса сушки способствует также очистка зерновой массы и от мелких фракций примеси, закупоривающих межзерновые пространства.

### Шахтные сушилки серии «С»

ЗАО «Агропромтехника» производит шахтные модульные зерносушилки серии «С». Эти сушилки предназначены для сушки предварительно очищенного зерна продовольственного, семенного и фуражного назначения с исходной влажностью до 35%.

Оснащаются топочным блоком работающим на жидком или газообразном топливе. Равномерность сушки достигается за счет деления общей массы зерна, движущейся в шахте строго вертикально, на десять потоков толщиной 140 мм каждый, что исключает образование застойных зон.

Сушилка С-20 представляет собой две вертикальные шахты (рис. 1.3), разделенные на три секции: две сушильные 5 и одну охлаждающую 10.

Работа сушилки заключается в следующем. Предварительно очищенный зерновой материал подается двухпоточной самонесущей норией в шахту (шахты) сушилки. В шахте через зерновой слой проходят потоки подогретого теплоблоком воздуха, засасываемые вентилятором и равномерно поступающие из подводящих коробов. Над каждым рядом подводящих воздух коробов находится ряд коробов отводящих. Короба расположены в шахматном порядке, выполнены шатрообразными и открытыми снизу. Вертикальные перегородки, установленные над коробами, разбивают поступающее зерно на отдельные потоки, что обеспечивает равномерное движение по высоте шахты и исключает образование застойных зон. Отработанный теплоноситель отсасывается вентилятором через отводящие короба и направляется в циклон. Время нахождения зерна в шахте регулируется разгрузочным устройством на выходе. Зерно из сушилки винтовым конвейером подается во второй поток нории и далее направляется либо в емкость для сухого зерна, либо повторно в шахту.

Шахта разделена по вертикали на три зоны: две зоны сушки 5 и одну зону охлаждения 10. В первой зоне сушки регулировка температуры теплоносителя осуществляется форсункой теплоблока. Здесь с увлажненного зерна удаляется, в основном, поверхностная влага. Во второй зоне из зерна

удаляется капиллярная влага при низшей, чем в первой зоне температуре, которая регулируется открытием заслонок в подводящем канале.

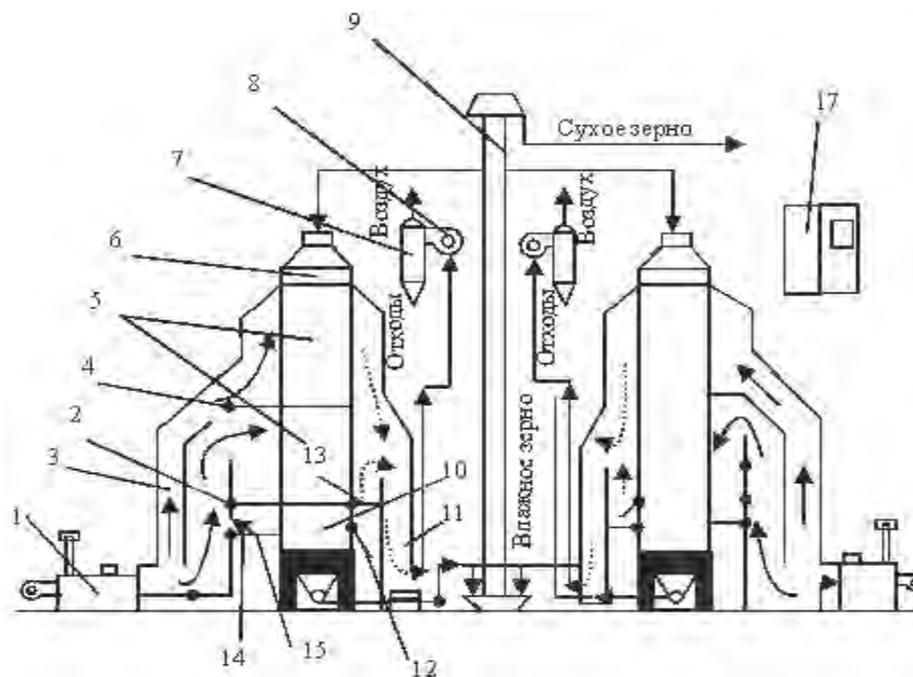


Рис. 1.3. Шахтная сушилка С-20:

1 - топочный блок ТБ-0,75; 2, 12...15 - заслонки; 3 - канал подвода теплоносителя; 4, 21 - перегородки; 5 - сушильные секции; 6 - надсушильный бункер; 7 - циклон; 8 - вентилятор; 9 - нория; 10 - охлаждающая секция; 11 - канал отвода теплоносителя; 17 - пульт управления

В зависимости от исходной влажности зерна возможны три варианта работы сушилки: 1) рециркуляция отработанного в секции охлаждения воздуха в состав теплоносителя; 2) выброс отработанного воздуха из секции охлаждения в атмосферу; 3) перевод секции охлаждения в секцию сушки. При прогреве сушилки целесообразно настроить ее для работы по третьему варианту. Это повышает производительность сушки на 25%.

При снижении влажности зерна на выходе из сушилки до 14% переходят на непрерывный процесс работы: в сушилку подается влажное зерно, а из нее отводится сухое. При этом целесообразно настроить сушилку для работы по первому варианту. Работа сушилки в данном случае наиболее экономична.

Если влажность поступающего с поля зерна более 20% и за один проход не удастся снизить ее до 14%, целесообразно перегрузить зерно в вентилируемые бункера ОБВ-160. В этом случае сушилку настраивают для работы по третьему варианту.

При работе по второму и третьему вариантам регулирование температуры теплоносителя в зоне сушки достигается изменением степени открытия заслонок.

По возможности обеспечивают круглосуточную работу сушилки. Если это организовать невозможно и зерно в сушилке остается на ночь, то сушилку с зерном перед остановкой охлаждают.

Технические характеристики шахтных сушилок серии «С» приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Технические характеристики сушилок серии «С»

Наименование показателей	С-5	С-10	С-15	С-20	С-30	С-40
Производительность на пшенице: -при съеме влаги с 20% до 14%, т/ч	5	10	15	20	30	40
-при переводе охлаждающей зоны в сушильную	5	12,5	18	25	35	50
Установленная мощность, кВт	30	65	75	110	125	220
Расход топлива: жидкого, кг/ч	15...50	30...75	50...106	40...150	50...212	80...300
газообразного, м <sup>3</sup> /ч	25...65	50...86	90...130	60...172	90...260	120...348
Масса, т	9	20	28	35	43	60
Габаритные размеры, мм:						
длина	10800	16650	18850	16650	18850	18990
ширина	6500	5800	6300	8590	8590	7500
высота по нории	10500	16820	20820	18820	22820	18820

### 1.2.3 Сушилки колонковые

#### Сушилки колонковые СК-2, СК-5, СК-20

Колонковые сушилки СК-2, СК-5 и СК-20 предназначены для сушки предварительно очищенных семян зерновых и зернобобовых культур с начальной влажностью до 35% . Сушилка СК-2 – передвижная, СК-5, СК-20 – стационарные.

Колонковые сушилки СК-2, СК-5 и СК-20 отличаются от шахтных сушилок отсутствием в сушильных камерах поперечных коробов и конструкцией разгрузочных устройств.

Сушильные камеры колонковых сушилок состоят из двух вертикальных колонок (шахт) прямоугольного сечения с сетчатыми стенками. В пространство между колонками подается теплоноситель. Распределение семян по длине сушильной камеры в сушилке СК-2 производится верхним шнеком, а выгрузка высушенных семян - нижним шнеком и скребковым транспортёром.

Технологическая схема сушилки СК-2 представлена на рис. 1.4.

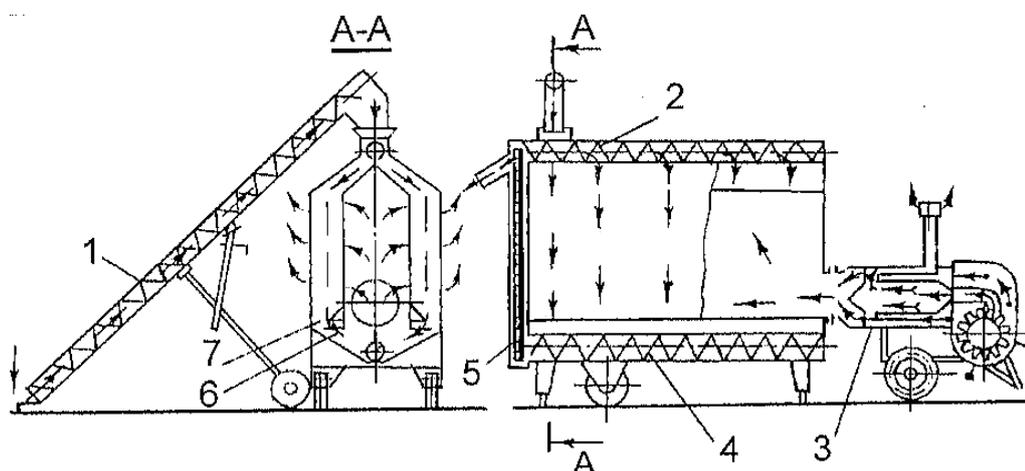


Рис. 1.4. Технологическая схема сушилки СК-2

1 - транспортер загрузочный; 2 - шнек верхний; 3 - блок тепловентиляционный; 4 - шнек нижний; 5 - транспортер скребковый; 6 - ротор; 7 - камера сушильная

В процессе работы колонки сушилок должны быть постоянно заполнены семенами, которые продвигаются сверху вниз под действием собственной массы и с помощью выгрузных роторов (СК-2) или выгрузных катушек (СК-5 и СК-20). В сушильных колонках сушилок СК-5 и СК-20 установлены инвенторы, перемещающие «горячие» слои потока зерна от внутренних сетчатых стенок колонок к наружным и наоборот, что интенсифицирует процесс сушки и снижает неравномерность нагрева семян.

В нижней части колонок сушилок СК-5 и СК-20 семена охлаждаются наружным воздухом. Топки этих сушилок имеют модификации для работы или на жидком топливе или на природном газе низкого давления.

Техническая характеристика колонковых сушилок представлена в таблице 1.3.

Таблица 1.3 - Техническая характеристика

Показатели	СК-2	СК-5	СК-20
Производительность на сушке семян пшеницы при снижении влажности с 20 до 14%, т/ч			
-в семенном режиме	2	6	10
-продовольственно-фуражное	3	10	20
Расход топлива, кг/ч	до 20	30-100	30...200
Толщина слоя семян в сушильной камере, мм	300	300	300
Габаритные размеры, мм			
-длина	7000	11800	18000
-ширина	5000	5500	5500
-высота	5000	11000	12000
Установленная мощность, кВт	20	86	168
Масса, кг	1900	13000	23000

Изготовитель сушилок – АО «Брянксельмаш».

### Сушилки колонковые марки СЗТ

Зерносушилки СЗТ предназначены для сушки семенного, фуражного или продовольственного зерна. Они обеспечивают сушку зерновых культур с любой начальной влажностью и с содержанием в них сорной примеси не больше 3%.

В модельный ряд этих зерносушилок входят модели СЗТ-2,5, СЗТ-5, СЗТ-8, СЗТ-12, СЗТ-16, СЗТ-25, СЗТ-30, которые отличаются размерами, массой, зерновой емкостью и, соответственно, производительностью. Все они представляют собой стационарные, автоматизированные зерносушилки колонкового типа непрерывного действия с электрическим приводом.

**Зерносушилки колонковые** состоят из сушильной камеры, загрузочного устройства, которое находится над сушильной камерой, патрубков подвода теплоносителя, площадки обслуживания и инверторов, разгрузочного устройства, топочного блока с вентилятором, электрооборудования и системы зернопроводов. Сушильная камера состоит из двух колонок, между которыми пространство замкнуто (рис.1.5).

Загрузочное устройство состоит из рамы, которая обшита стенками, разравнивающего шнека и рассекателя. Заданный уровень материала поддерживается при помощи датчиков, установленных на стенке рамы. В каждой сушильной колонке имеются шесть секций, пять из которых верхние и предназначены для сушки, а одна нижняя для охлаждения. Секции обшиты при помощи перфорированных листов.

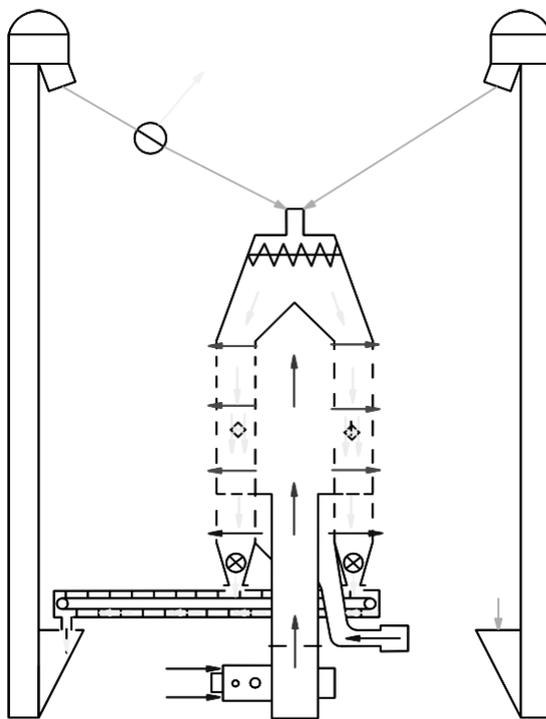


Рис. 1.5. Технологическая схема сушилки СЗТ

В каждой колонке верхние секции между собой разделены инвертором, где происходит реверсирование зерновой массы. Это способствует ускорению процесса сушки зерна. Между колонками пространство разделено

на две камеры, из которых верхняя предназначена для подачи тепла, а нижняя – атмосферного воздуха с целью охлаждения зерна.

В конструкцию разгрузочного устройства входят станина, бункер, привод роторов, скребковый транспортер и привод транспортера. При помощи реле времени осуществляется регулировка производительности разгрузочных устройств.

Сушилki эксплуатируются на предварительно подготовленном фундаменте без строения. Рекомендуются к использованию в составе технологических линий ЗОСП как крупных зернопроизводящих предприятий, так и в фермерских хозяйствах.

Техническая характеристика сушилок СЗТ представлена в таблице 1.4.

Таблица 1.4 - Техническая характеристика сушилок СЗТ

Показатели	СЗТ-2,5	СЗТ-5	СЗТ-8	СЗТ-12	СЗТ-16	СЗТ-25	СЗТ-30
Производительность, т/ч: продовольственный режим	2,5	5	8	12	16	25	30
семенной режим	1,3	2,5	4	6	8	12	15
Установленная мощность, кВт	13,5	46,3	46,3	77,1	86,1	130	130
Расход топлива: жидкого, кг/ч	10-28	20-45	25-75	35-110	45-140	70-210	90-250
газообразного, м <sup>3</sup> /ч	12-35	25-60	32-95	45-140	60-180	90-265	110-320
Габаритные размеры (без норий), м	6,7х х3,4х х5,4	6,3х х5,5х х5,6	6,3х х5,6х х6,9	11,6х х8,2х х9,7	11,6х х8,2х хЮ,7	15,9х х8,2х х9,7	20х х5,5х х10,7
Масса (без норий), т	4,3	5,1	6,5	15,6	16	23,5	24,6

Изготовитель - ООО «ОКБ по теплогенераторам».

Сушилki колонковые ромбовидные  
СЗ-6М, СЗ-10, СЗ-16, СЗК-30, СЗК-40

Предназначены для сушки семенного, продовольственного и фуражного зерна колосовых, зернобобовых, масличных и других культур. Допускается работа с зерном повышенной влажности (до 34%) и засоренности (до 8%). Наиболее эффективно используются с малогабаритными топочными установками серии МТУ. Могут применяться и другие топочные агрегаты соответствующей мощности. Встраиваются по различным схемам в существующие зерносушильные комплексы. Технические характеристики сушилок представлены в таблице 1.5.

Колонковые ромбовидные сушилki серии СЗ не требуют капитальных фундаментов и могут устанавливаться на фундаментных блоках, бетонных

плитах и полах. Не требуют специальных помещений, нуждаются только в навесе.

Сушилки зерна серии СЗК не требуют дополнительной защиты от воздействия атмосферных осадков.

Технологические схемы колонковых ромбовидных сушилок СЗ-6М, СЗ-10 и СЗ-16 представлены на рис. 1.6.

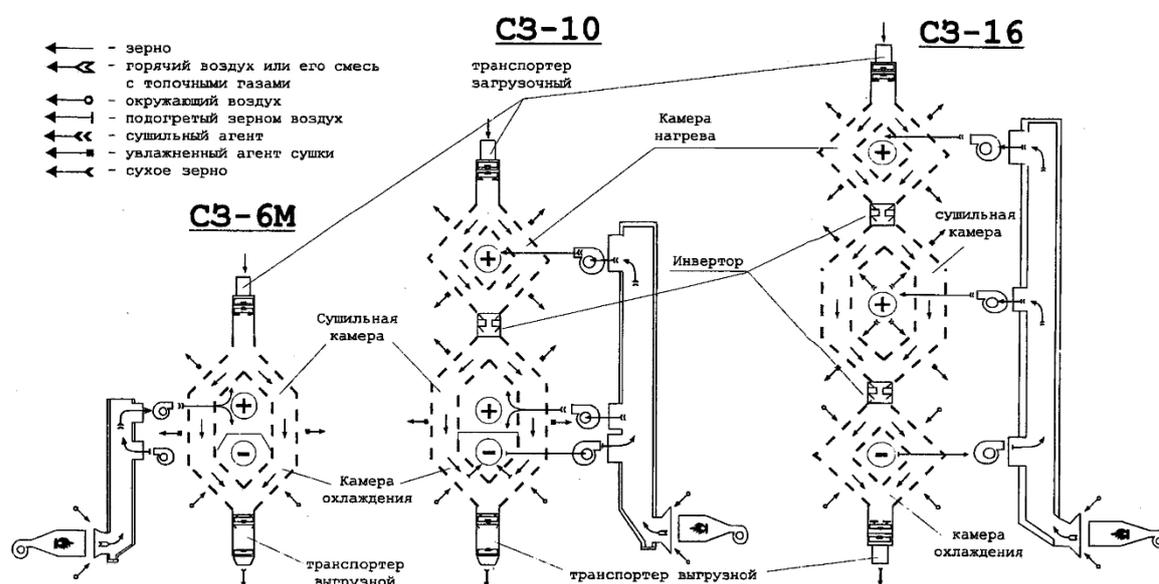


Рис. 1.6. Технологические схемы сушилок СЗ-6М, СЗ-10 и СЗ-16

Зерно норией подается в приемную часть загрузочного транспортера и распределяется им по всей длине сушилки. Проходя в колонках, через стенки которых продувается из коллектора (пространства между колонками) агент сушки, зерно нагревается и высушивается.

При переходе из одной камеры в другую «горячие» слои потока зерна перемещаются инвертором от внутренних стенок колонок к наружным, от которых «холодные» слои, наоборот, направляются к внутренним стенкам. Это позволяет интенсивно сушить зерно, обеспечивая сохранение его качества (без термического повреждения).

В нижней камере зерно охлаждается наружным воздухом, который отсасывается из коллектора вентилятором и подается им в поток исходного агента сушки для рекуперации тепла. Это позволяет при хорошей погоде использовать до 80% тепла отработавшего охлаждающего воздуха.

В модификациях сушилки СЗ-16 нижние камеры могут работать в режимах:

- нагнетания в их коллекторы наружного воздуха;
- нагнетания вместо него агента сушки при наличии отдельных охладителей зерна (СЗ-16/20), что позволяет существенно повысить производительность сушилки.

Сушилки серии СЗК соединили в себе преимущества шахтной и колонковой конструкции. Это позволило значительно снизить габариты и

металлоемкость оборудования, обеспечить более рациональное использование теплоносителя при высокой производительности и эффективности сушки зерна (рис. 1.7).

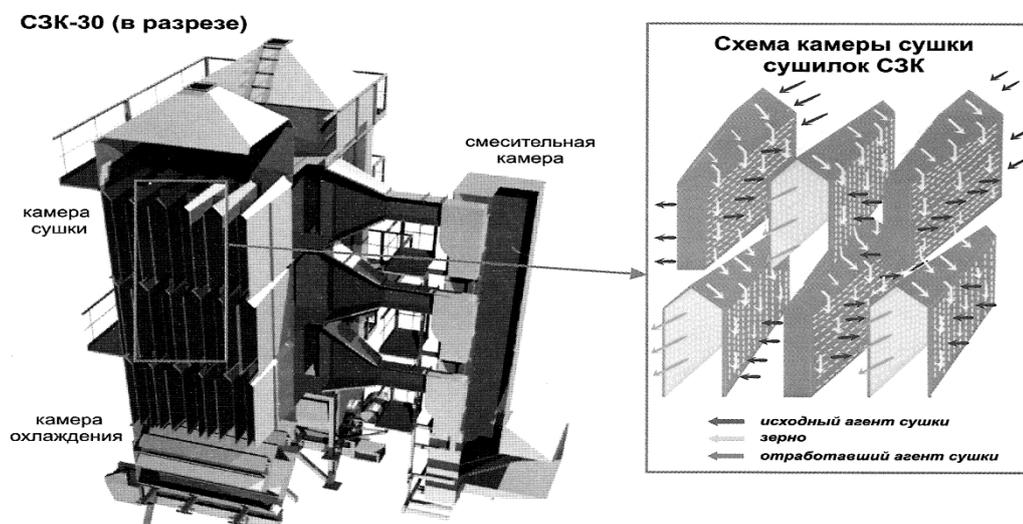


Рис.1.7. Схема сушилки СЗК-30

Каждая сушилка состоит из двух вертикальных секционных камер сушки, снабжённых сверху загрузочными бункерами, а снизу - камерами охлаждения, имеющими вентиляторы и выпускные транспортеры.

Между камерами сушки находится напорно-распределительная камера. Рядом установлена смесительная камера, связанная с теплогенератором и вентиляторами, нагнетающими агент сушки в напорно-распределительную камеру.

Камеры сушки в сушилках СЗК имеют по три секции. Внутри секции сушильной камеры находятся колонки (прямоугольные каналы) для прохода зерна, расположенные под углом друг к другу. Секции сушилок СЗК-30 и СЗК-40 отличаются количеством колонок. Между перфорированными боковыми стенками колонок образованы закрытые рассекателями клинообразные короба для подвода из напорно-распределительной камеры исходного и отвода отработавшего агентов сушки.

Исходное зерно подают в загрузочные бункеры сушилки. Зерно, медленно опускаясь, проходит по колонкам камер сушки. За счёт смещённого расположения колонок в сопряжённых секциях потоки зерна продуваются исходным агентом сушки то с одной, то с другой боковой стороны.

Охлаждается зерно в камерах охлаждения поперечной продувкой его наружным воздухом. Производительность сушилки изменяется регулировкой выпускного транспортера. В сушилках СЗК предусмотрена работа сушильных камер по параллельной или последовательной схеме в зависимости от выбранной технологии сушки.

Таблица 1.5 – Технические характеристики сушилок

	СЗ-6	СЗ-10	СЗ-16	СЗ-16/20*	СЗК-30	СЗК-40
Производительность за 1ч основной работы, т/ч:						
- пшеница, рожь, овес, ячмень съём влаги с 20% до 14%	6	10	16	20	30	40
Пределы регулирования производительности, т/ч	4...10	5...18	5...25	5...30	10...50	10...65
Удельный расход топлива на сушку зерна (с теплогенераторами МТУ):						
- на пл.т (пшеница, съём влаги с 20% до 14%), кг	не более 6	не более 6	не более 6	не более 6	не более 6	не более 6
Установленная мощность (без теплогенератора и нории), кВт	40,5	59,0	77,5	85,0	91,0	115,0
Вместимость сушилки, м <sup>3</sup>	9,0	14,0	18,0	18,0	40,0	60,0
Габариты (без теплогенератора и нории), ДхШхВ, м	9,1х х1,8х х4,7	9,6х х3,3х х6,5	10,5х х3,7х х8,5	10,5х х3,7х х8,5	8,0х х7,2х х14,5	8,5х х7,2х х14,5
Масса (без теплогенератора и нории), т	3,5	6,5	8,5	8,5	13,0	20,7

\* Модификация СЗ-16 (без охлаждения зерна, с переводом охладительной камеры в сушильную).

Разработчик и изготовитель сушилок - ОАО «Сибирский Агропромышленный Дом».

#### Сушилка бункерная высоковлажных семян СБВС-5

Сушилка высоковлажных семян СБВС-5 предназначена для сушки предварительно очищенных семян зерновых и зернобобовых культур влажностью до 35%, может использоваться для сушки продовольственного и фуражного зерна. Конструкция сушилки используется в составе зерноочистительно-сушильных комплексов и предприятий послеуборочной обработки и хранения зерна.

#### *Техническая характеристика*

Производительность на сушке семян пшеницы при снижении влажности с.26 до 14%, т/ч	5
Неравномерность сушки, %	±1,5
Дробление семян, %	0,4
Расход топлива, кг/ч	до 125
Вместимость одной сушильной камеры по зерну пшеницы, т	24
Установленная мощность, кВт	105
Габаритные размеры, мм	14000X8000X15000
Масса, кг	20000

Сушилка (рис. 1.8) состоит из двух сушильных установок бункерного типа 2, 6, двух норий 2НПЗ-20 5, 7, комплекта зернопроводов, топочного блока ТБ-1.5А 4, двух вентиляторов Ц-14-46-8 9, двух шнеков с поворотными лотками, комплекта воздухопроводов и станции управления. Является сушилкой непрерывного действия и может нормально функционировать в составе отделения сушки с бункерами активного вентилирования БВ-40А, в которых создается запас зерна для сушки и происходит охлаждение зерна после сушки.

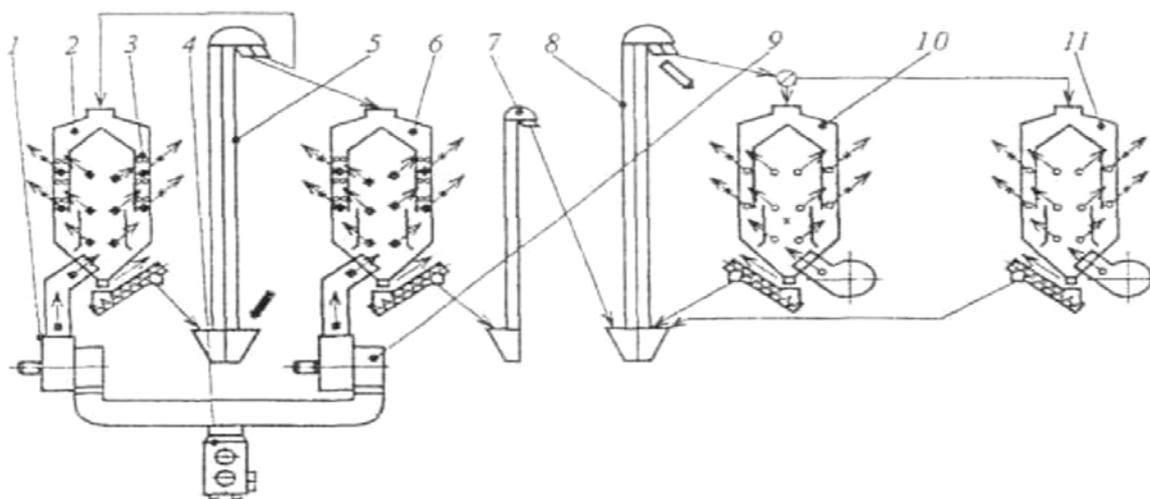


Рис. 1.8. Схема бункерной сушилки СБВС-5

Сушильная камера представляет собой цилиндрическую конструкцию с концентрично расположенной воздухораспределительной трубой, закрытой сверху конусообразной крышей. Наружный цилиндр - корпус сушилки и воздухораспределительная труба изготовлены из листовой оцинкованной стали со штампованными жалюзи одной стороны отгибки.

Центральная воздухораспределительная труба состоит из двух секций с диаметрами: верхняя - 2230 мм, нижняя - 1540 мм.

В зоне верхней секции между корпусом и воздухораспределительной трубой установлены инвенторы 3, представляющие собой набор лотков для перераспределения семян в слое.

Для удобства обслуживания внутри воздухораспределительной трубы сушильной установки смонтирована лестница. Для контроля нижнего и верхнего критических уровней зерна на листе верхнего яруса сушильной установки смонтированы два датчика уровня зерна. Для загрузки сушильных установок и подачи зерна от сушильных установок сушилка СБВС-5 имеет две двухпоточные нории 2НПЗ-20.

Разводка зернопроводов между нориями 2НПЗ-20 и сушильными установками выполнена таким образом, чтобы зерно можно было сушить в них параллельно или последовательно.

Технологический процесс в сушилке выполняется следующим образом.

Сушильные установки 2 и 6 заполняются предварительно очищенным зерном. Полнота загрузки сушильной установки регулируется датчиками уровня зерна. В процессе работы сушилки гравитационно движущийся слой семян в сушильной камере с помощью инвенторов делится на два потока, перемещающихся относительно друг от друга: один от стенки воздухораспределительной трубы к стенке корпуса, второй наоборот. В нижней секции сушильной камеры происходит досушка и отлежка семян. Теплоноситель, нагнетаемый вентиляторами, поступает в воздухораспределительные трубы, проходит через жалюзи в них, слой семян и выходит через жалюзи корпуса.

При движении зерно в сушильной установке проходит последовательно три инвертора, в которых происходит перемешивание слоя зерна, в результате чего в сушильные установки, в зависимости от исходной влажности, можно подавать агент сушки с температурой 60...70°C.

Органами управления, обеспечивающими контроль и регулирование процесса сушки, являются:

- съемная перегородка в приемном бункере загрузочной норрии, обеспечивающая подачу влажных семян в один или два потока норрии;
- заслонки разгрузочных устройств сушильных камер;
- поворотные лотки, установленные на выходе из шнеков, обеспечивающие распределение семян по потокам норрии;
- заслонки в воздуховодах для подвода теплоносителя;
- датчики уровня семян в сушильных камерах;
- поточный влагомер ПВЗ-20Д;
- реле времени работы шнеков на пульте управления.

Время сушки регулируется работой шнека, который по заданной программе включается и выключается. Изменяя время работы шнека, регулируют пропускную способность сушильной установки, следовательно, и экспозицию сушки.

При первоначальной влажности зерна до 20% обе сушильные установки работают параллельно, при более высокой влажности они настраиваются на последовательную работу. Высушенное зерно охлаждают в вентилируемых бункерах БВ-40А.

#### **1.2.4 Сушилки карусельные**

##### Сушилки зерновые карусельные СЗК-5 и СКЗ-8

Сушилки зерновые карусельные СЗК-5 и СКЗ-8 предназначены для сушки семян зерновых и зернобобовых культур с исходной влажностью до 35%.

Сушилка состоит из следующих основных узлов: загрузочное устройство, сушильная камера, разгрузочное устройство, топочный блок ТБ-1,5А, комплект воздуховодов, два вентилятора, диффузоры, две норрии НПЗ-20 с системой зернопроводов, электрооборудование и пульт управления. Загрузочное устройство установлено на раме площадки обслуживания

сушилки и состоит из приёмного бункера, с четырьмя трубами для подачи семян в подъёмный короб и далее в сушильную камеру.

*Основные технические данные:*

Производительность на сушке семян пшеницы при снижении влажности с 26 до 14 % ,т/ч	5
Расход топлива, кг/ч	до 125
Площадь сушильной камеры,м <sup>2</sup>	46
Толщина слоя загружаемых семян, м	до 0,7
Температура теплоносителя, максимально допустимая, °С	80
Время одного оборота сушильной платформы, мин.	30; 40
Установленная мощность, кВт	76,6
Габаритные размеры, мм	18000x9200x5000
Масса, кг	16000

Подъёмный короб крепится к раме площадки обслуживания посредством двух винтовых подъёмников, с помощью которых изменяется расстояние от нижнего среза короба до платформы сушильной камеры, то есть производится регулировка толщины слоя семян (рис.1.9).

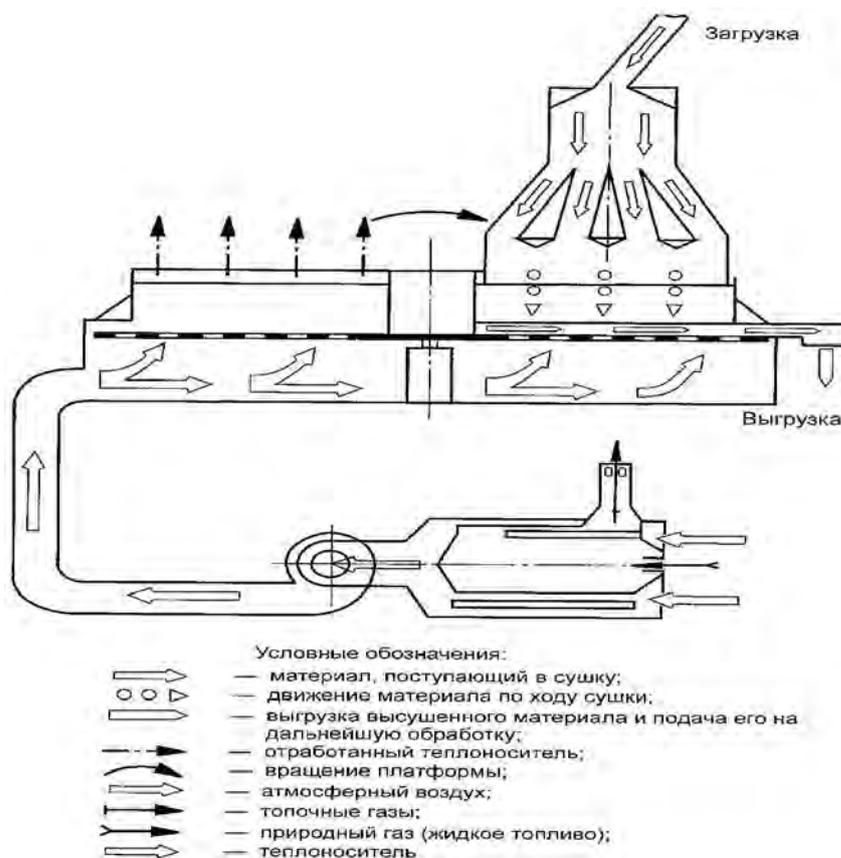


Рис. 1.9. Схема рабочего процесса сушилок СЗК-5 и СКЗ-8

Сушильная камера состоит из вращающейся платформы, неподвижного и подвижного ограждений. Платформа состоит из двенадцати секторов, на

рамах которых установлены и прикреплены болтами листы из оцинкованной стали с продолговатыми отверстиями для прохождения теплоносителя. Нижняя плоскость платформы двумя беговыми дорожками опирается на роlikоопоры, расположенные по двум окружностям диаметрами 3,59 и 8,0 м.

Привод платформы осуществляется двумя обрeзиненными роликaми, расположенными с двух противоположных её сторон, от электродвигателя мощностью 1,1кВт и частотой вращения  $1500\text{мин}^{-1}$  посредством клиноремeнной передачи и червячного редуктора. Проскальзывание приводных роликoв по беговой дорожке платформы устраняется перемещением их по высоте регулировочными винтами.

Внутри неподвижного ограждения по всей окружности установлены два уплотнителя из прорезиненной ткани, предотвращающие просыпание семян под платформу и утечку теплоносителя в зазор между подвижным и неподвижным ограждениями .

Устройство разгрузочное состоит из корпуса, шнека и привода.

Корпус состоит из кожуха и прикреплённого к нему патрубка с отверстием для выгрузки семян. Привод шнека осуществляется электродвигателем мощностью 1,5 кВт и частотой вращения  $1000\text{мин}^{-1}$  посредством клиноремeнной передачи. Корпус разгрузочного устройства крепится болтами с одной стороны к листу неподвижного ограждения, с другой - к рассекателю семян, закреплённому на стойках рамы площадки обслуживания. Толщина слоя выгружаемых семян в сушилке СЗК-5 - 130 мм, в сушилке СКЗ-8 – 160 мм.

Сушка первоначально загруженных семян происходит в плотном неподвижном слое. Теплоноситель, перемещаясь снизу вверх, нагревает зерно и уносит испарившуюся влагу. При этом часть влаги уносится в атмосферу, часть (в зависимости от толщины слоя) остаётся в верхних слоях семян и дополнительно увлажняет их. Зона сушки постоянно перемещается в верхние слои семян.

Особенностью и достоинством карусельных сушилок является то, что при достижении зерном в нижних слоях (толщиной не менее 0,15 метра) кондиционной влажности после включения в работу-разгрузочного устройства, привода платформы сушильной камеры и разгрузочной нории сушка семян протекает в противопотоке теплоноситель движется навстречу послойно опускающимся сверху вниз семенам. Сушилка работает в режиме загрузка-выгрузка.

#### Сушилки карусельные универсальные СКУ

Сушилка карусельная СКУ предназначена для сушки зерна или семян подсолнечника, а также рапса, риса, бобовых культур, семян льна и трав. Обеспечивает качественную сушку семенного, продовольственного и фуражного зерна.

Полуметровый слой зерна продувается снизу мощным потоком теплого воздуха. Зерно в нижней части слоя, по мере сушки, отделяется и выводится

из сушилки, а сверху автоматически дополняется влажным зерном. Материал находится в зоне повышенной температуры минимально необходимое время, а сушильный агент весь проходит через вышележащий верхний слой материала и полностью отдает ему избыток тепла. Эта технология идеальна для сохранения качества семян и экономии топлива.

Сушилка состоит из следующих основных узлов:

- камера сушильная;
- топочный блок;
- горелочное устройство;
- вентилятор подачи теплоносителя;
- электрооборудование.

Камера сушильная состоит из корпуса, поворотной платформы, привода поворотной платформы, разгрузочного устройства воздуховода, шибера, питателя.

Поворотная платформа представляет собой решетчатую конструкцию в виде диска, верхняя плоскость платформы закрыта металлической сеткой для ввода теплоносителя в слой высушиваемого материала.

Привод поворотной платформы, выполненный на базе планетарного редуктора, выходной вал которого посредством цепной передачи соединен с валом приводной звездочки.

Разгрузочное устройство предназначается для выгрузки высушенного зерна. Состоит из шнека, отсекающего нижнего высушенного слоя зерна и автономного привода.

Питатель предназначен для подачи высушиваемого материала на поворотную платформу сушильной камеры, выполнен в виде заслонки, нижний конец которой выполняет функцию формирования ровной поверхности слоя высушиваемого материала заданной толщины. Перед заслонкой подается высушиваемый материал.

Технические характеристики сушилок СКУ представлены в табл. 1.6.

Таблица 1.6 – Технические характеристики сушилок СКУ

Характеристики	СКУ – 15	СКУ – 10	СКУ - 5	СКУ – 2,5
Производительность, пл. т\ч на семенном режиме на продовольственном	6,5	5,4	2,5	1,25
	15	10	5,0	2,5
Расход топлива, на 1 пл. т: жидкого, кг газа, куб. м	до 6	до 6	до 6	до 6
	до 8	до 8	до 8	до 8
Мощность электродвигателей, кВт	63	51	34	20
Масса, кг	9000	8000	4500	3200

Изготовитель – ОАО «Тверьсельмаш». (ОАО «Бугульминский ремонтномеханический завод»).

## 1.2.5 Сушилки конвейерные

### Сушилка конвейерная для семян трав ССТ-1

Сушилка ССТ-1 – многоленточная и состоит из трех секций, установленных одна над другой. Эта сушилка (рис. 1.10) имеет три секции, установленные одна на другой. Верхняя и нижняя секции (7, 9) сушильные, нижняя 10 - охлаждающая. Конвейер представляет собой неподвижное решетчатое днище 6, по которому движется скребковый транспортер 3. Последний перемещает влажный ворох семян 5 по решетчатому днищу и одновременно очищает решето от налипших частиц. Слой семян продувается нагретым воздухом от теплогенератора 1 с теплообменником. Температура теплоносителя регулируется, с одной стороны, изменением подачи топлива в форсунку и, с другой стороны, открытием дроссельной заслонки в смесительной камере 2, в результате чего к нагретому воздуху подмешивается не подогретый из помещения, в котором находится теплогенератор. Скорость теплоносителя в сушилке регулируется заслонками у вытяжных вентиляторов 8, установленных на выходе из сушилки.

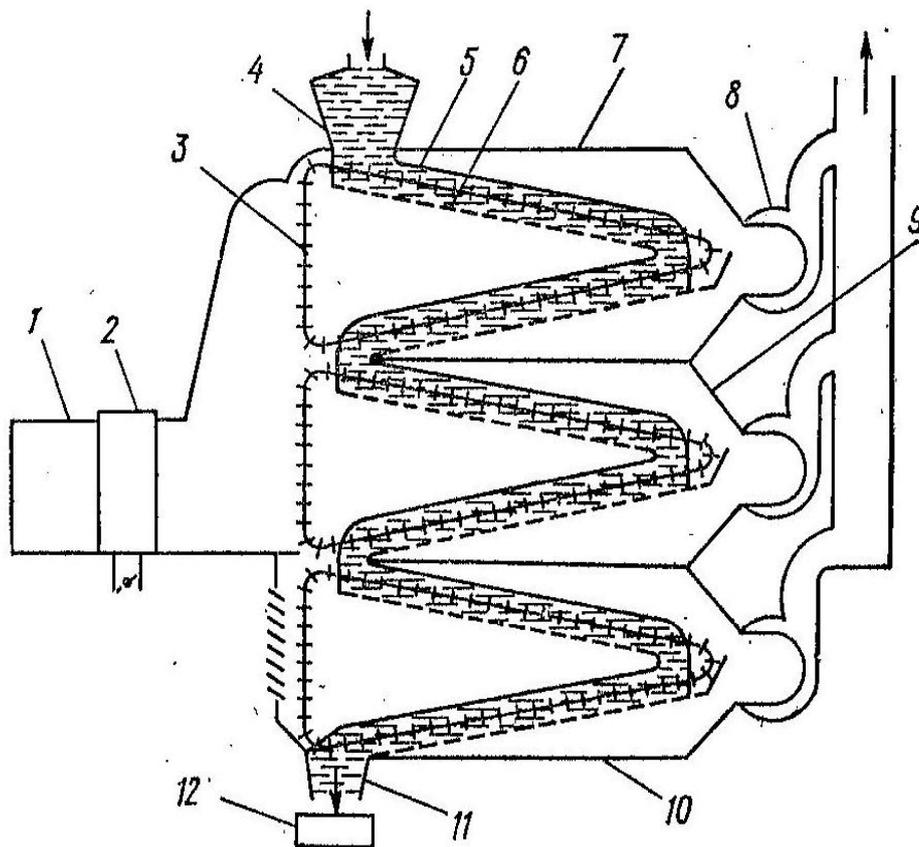


Рис. 1.10 Схема многоленточной конвейерной сушилки для семян трав:  
1 - теплогенератор; 2 - смеситель; 3 - скребковый транспортер; 4 - приемный бункер; 5 - ворох семян трав; 6 - неподвижное решето; 7 - верхняя сушильная секция; 8 - вентилятор; 9 - нижняя сушильная секция; 10 - охлаждающая секция; 11 - выпускное окно; 12 - ленточный транспортер

Скорость скребкового транспортера и толщина слоя регулируется таким образом, чтобы можно было осуществить сушку за один проход.

Высушенный материал через выпускное окно *11* выводится из сушилки и ленточным транспортом *12* подается на дальнейшую обработку. Производительность сушилки ССТ-1 составляет 1 т/ч при сьеме влаги 6 %.

В Германии выпускается многоленточная конвейерная сушилка Т-685 для сушки семян трав, которая входит в состав специализированной линии КОС-0,5. В отличие от сушилки, разработанной ГСКБ, здесь конвейер изготовлен из панцирной сетки. Сушилка имеет две сушильные и одну охлаждающую ленту. Привод лент осуществляется через бесступенчато регулируемый редуктор. Кроме того, имеется возможность путем переключения эксцентрика удвоить или сократить наполовину скорость движения лент. Производительность сушилки Т-685 на злаковых травах 0,9 т/ч при сьеме влаги 4 %.

Конвейерная сушилка, разработанная НИПТИМЭСХом НЗ РСФСР, имеет распространение в ряде хозяйств Псковской и Новгородской областей (рис 1.11). Эта сушилка, используется в основном для сушки льновороха, имеет горизонтальный транспортер сетчатого типа длиной до 27 м и шириной 3 м. В качестве тяговых цепей использованы цепи транспортера ТВК-80. Приемная часть для льновороха выполнена в виде платформы кормораздатчика ПТУ-10К с це-почно-планчатый транспортером в днище. Для приема и подачи сыпучих материалов на транспортер сушилки используют бункер-накопитель.

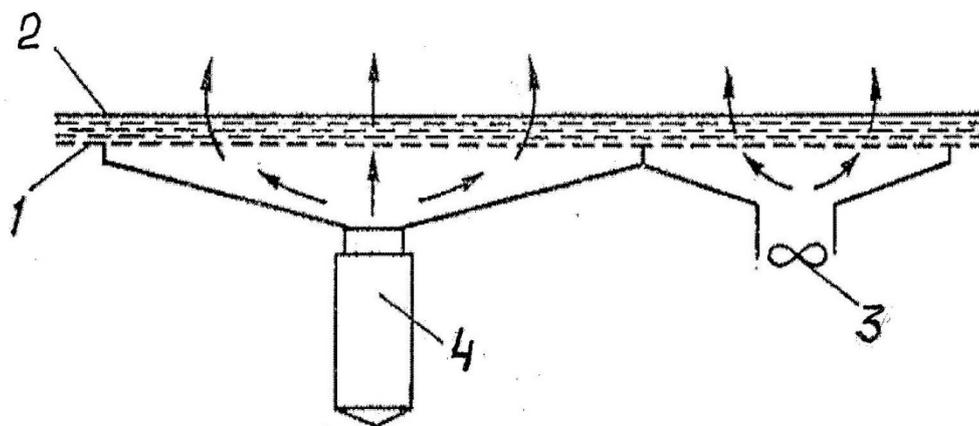


Рис. 1.11. Схема одноленточной конвейерной сушилки:  
*1* - сетчатый конвейер; *2* - высушиваемый материал; *3* - вентилятор для подачи наружного воздуха; *4* - теплогенератор типа ТАУ-0,75

Тепло подается от теплогенератора *4* типа ТАУ-0,75, причем иногда используются два теплогенератора, расположенные в разных точках по длине транспортера. В конце ленты материал охлаждается воздухом от вентилятора *3*.

Рабочий процесс осуществляется без рециркуляции теплоносителя при однократном пропуске его через слой. Скорость транспортера, температуру теплоносителя и толщину слоя устанавливают в соответствии с влажностью вороха.

Производительность одноленточной сушилки на ворохе семян трав до 1 т/ч при съеме влаги 6 %. Сушилку можно изготовить в хозяйстве.

### Сушилка конвейерная универсальная СКУ-5

Сушилка конвейерная универсальная СКУ - 5 предназначена для сушки семенного, продовольственного и фуражного зерна, а также совместной сушки семян зерновых культур и трав различной влажности и засоренности за один пропуск.

Сушилка СКУ - 5 (рис. 1.12) включает в себя сушильную камеру 1 с присоединенными к ней на заводе - изготовителе приводной 2 и натяжной 3 станциями.

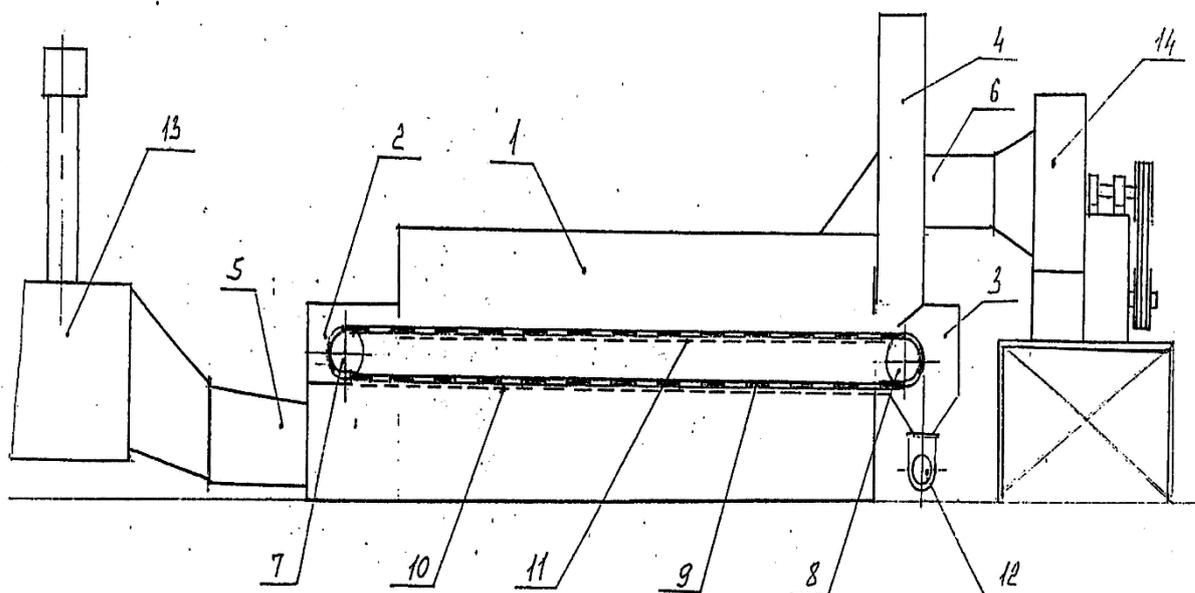


Рис. 1.12. Схема сушилки СКУ - 5:

1 - камера сушильная; 2 - станция приводная; 3 - станция натяжная; 4 - бункер надсушильный; 5 - диффузор; 6 - конфузор; 7 - звездочка ведущая; 8 - колесо натяжное; 9 - конвейер; 10 - нижнее основание; 11 - верхнее основание; 12 - шнек выгрузной; 13 - топочный блок; 14 - вентилятор центробежный.

Для подачи свежего теплоносителя спереди сушильной камеры крепится диффузор 5. Конфузор 6 для удаления отработавшего теплоносителя крепится к надсушильному бункеру 4, устанавливаемому при монтаже сушилки.

Для выгрузки сухого зерна к выгрузному лотку сушилки крепится шнековый конвейер 12.

Транспортирующим органом сушилки является цепочно-планчатый конвейер 9. Рабочие органы конвейера - планки выполнены в виде замкнутых рамок из тонкого полосового металла. Часть рамок имеет очистители из транспортной ленты. Конвейер перемещается по верхнему и нижнему перфорированным основаниям 10, 11. Рабочими являются обе (верхняя и нижняя) ветви конвейера.

Клиноременным вариатором регулируется скорость перемещения конвейера в пределах 0,1...0,4 м/мин. Привод осуществляется от электродвигателя мощностью 2,2 кВт и частотой вращения 960 мин<sup>-1</sup>. Высота слоя зерна на верхней ветви конвейера регулируется задвижкой надсушильного бункера.

Для совместной сушки зерна и семян трав в пространстве между верхней и нижней ветвями конвейера со стороны приводной станции в специальном кожухе установлен подающий и выравнивающий шнек с регулировочной заслонкой. Привод шнека осуществляется от отдельного электродвигателя мощностью 1,1 кВт через клиноременную передачу.

#### *Техническая характеристика*

Габаритные размеры машины, мм:	
- длина	25400
- ширина	2475
- высота	3960
Сушильная камера:	
- количество, шт.	1
- вместимость, м <sup>3</sup>	16,24
Габариты сушильной камеры:	
- длина	13420
- ширина	2475
- высота	1780
Топочное устройство	ТБ-0,75
Вентилятор сушильного устройства	
- количество, шт.	1
- номинальная мощность, кВт	45
Длина конвейера, м	22
Ширина, м	1,9
Обслуживающий персонал, чел.	1

Сушилка работает следующим образом. Зерно, очищенное на машинах предварительной (первичной) очистки, из надсушильного бункера самотеком поступает на верхнюю ветвь конвейера. Толщина слоя зерна устанавливается задвижкой надсушильного бункера.

Теплоноситель (подогретый наружный воздух или смесь подогретого воздуха с топочными газами) под воздействием разрежения, создаваемого вытяжным вентилятором, поступает под нижнее перфорированное основание конвейера, проходит последовательно два слоя зерна на нижней и верхней ветвях конвейера. На верхней ветви конвейера происходит нагрев и подсушка зерна, на нижней - досушивание его до кондиционной влажности.

Сушка зерна в потоке обеспечивается за счет регулировки толщины слоя и скорости движения конвейера.

При совместной сушке зерна и семян трав слой зерна на верхней ветви конвейера устанавливается толщиной 100...120 мм. На поверхность слоя зерна на нижней ветви конвейера (у приводной станции) подаются семена трав. При этом зерно несколько пересушивается (примерно до влажности 12%). Смесь зерна и семян трав направляется в вентиляционный бункер для отлежки и перераспределения влаги между семенами зерна и трав.

Влажность выпускаемых из сушилки зерна и семян трав (разделенных на решетках) определяют влагомером.

В качестве источника подогретого воздуха для сушилки могут служить выпускаемые промышленностью топочные блоки ТБ - 0,75 и ТБ-1,5, воздухоподогреватель ВПТ - 600, а также теплогенератор на твердом топливе ТТС-0,5.

### 1.2.6 Мобильные сушилки

Мобильные зерносушилки периодического действия, предназначены для сушки всех видов зерновых и зернобобовых культур.

**Мобильные (передвижные) сушилки** бывают разных форм и вместимости (от 9 до 60 тонн зерна), работающие на горючем топливе, от электричества либо от дизеля. Они имеют прерывающийся цикл работы, загрузку с правой стороны и верхнюю разгрузку (рис. 1.13).

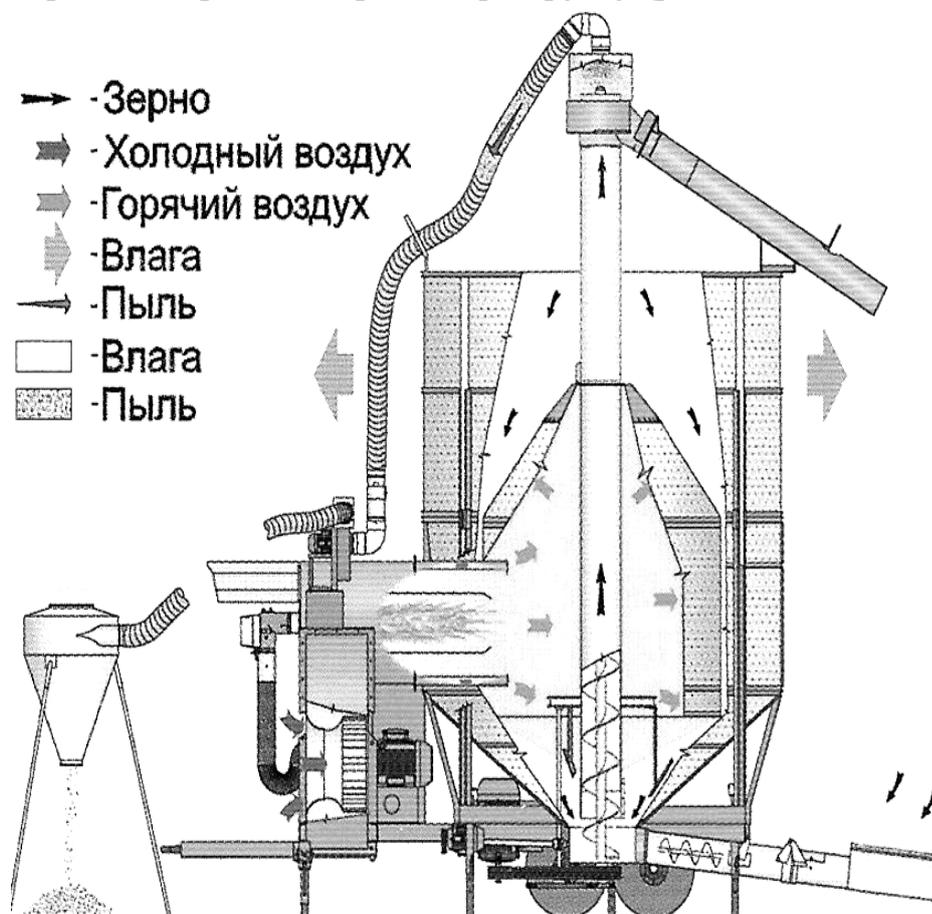


Рис. 1.13. Схема работы мобильной сушилки

В зависимости от конфигурации наружного цилиндра мобильные сушилки могут быть с опускающимся при транспортировке цилиндром (телескопическим) и с фиксированным цилиндром (не телескопическим). Зерносушилки работают на газе или дизтопливе. Сушка осуществляется с применением прямого пламени, когда зерно окружается продуктами сгорания, либо биологическим способом (зерно не окружается продуктами сгорания). Для загрузки зерна мобильные зерносушилки оснащены простой либо расширенной воронкой. Отгрузка производится сверху либо через решётку с помощью шарнирного шнека.

Привод может быть двух типов: электрический или посредством ВОМ. Дополнительное оборудование: сетка с диаметром отверстий 1,5 мм для сушки мелкосеменных культур, привод от электрической сети, пластиковая крыша для защиты от дождя, система аспирации (позволяет снизить запыленность и удаляет легкие примеси в процессе сушки). Конструктивно сушилка может быть выполнена для сушки любой культуры.

Одному циклу соответствует 4-х фазный процесс: загрузка, сушка, охлаждение, выгрузка (рис. 1.14).

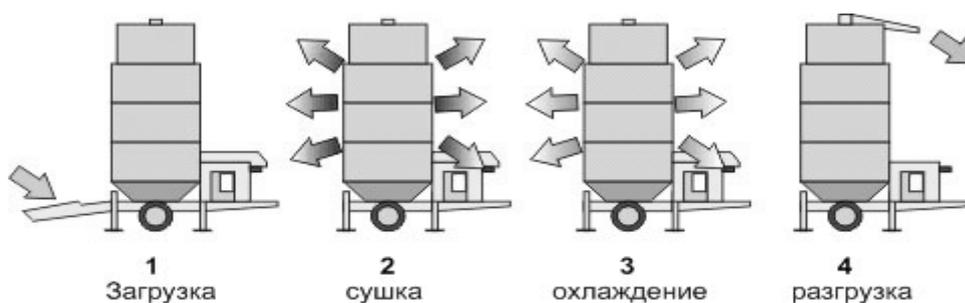


Рис. 1.14. Рабочий цикл мобильной сушилки

Благодаря цикличности есть возможность снимать любой необходимый процент влажности и получать на выходе продукт высокого качества. Весь процесс сушки контролируется электроникой, исключая возможность перегрева зерна.

Технические характеристики некоторых мобильных сушилок двух итальянских фирм приведены в таблицах 1.7 и 1.8.

Таблица 1.7 - Технические характеристики мобильных сушилок фирмы МЕСМАР

Данные / Модель	Мекмар 9/87 F	Мекмар 13/119 T	Мекмар 34/255 T
Ёмкость камеры сушки, м <sup>3</sup>	12	17	42,5
Ёмкость камеры сушки, т	9	13	34
Диаметр рабочего цилиндра, м	2,44	2,44	3,85
Высоты цилиндра в транспортном положении, м	4,0	4,5	5,3
Высоты цилиндра в рабочем положении, м	4,0	5,6	6,4
Мощность электродвигателя (кВт)	30	30	75
Производительность, м <sup>3</sup> /сутки с 20% до 15%	125	167	357
Время загрузки / разгрузки, ч	0,15/0,15	0,22/0,22	0,35/0,35
Время сушки от 20 до 15 %, ч	1,0	1,0	1,1
Время охлаждения, ч	1,0	1,0	1,0
Расход топлива л/т, %	Дт 1,0	Дт 1,0	Дт1,0
Привод от ВОМ	Да	Да	Да
Ёмкость топливного бака, л	550	550	1050
Требуемая мощность трактора, л.с.	50-70	50-70	75-85

Таблица 1.8 - Технические характеристики мобильных сушилок фирмы FRATELLI PEDROTTI:

Данные/Модель	Basic 55	Basic 90	Basic 140	Super 160	Super 200	Large 240	Large 300	XLM 350
Ёмкость камеры сушки, м <sup>3</sup>	8,5	12	19	23	27	34	40	50
Ёмкость камеры сушки, т	6,5	9	14	17	21	25	30	37
Диаметр рабочего цилиндра, мм	2500	2500	3000	3000	3000	3340	3340	4040
Высота в трансп. положении, мм	3470	4370	4520	4190	4190	4830	6920	5400
Высота в рабочем положении, мм	3470	4370	4520	7040	7540	7930	8370	8700
Мощность электродвигателя, кВт	22,5	30	30	30	30	45	45	75
Требуемая мощность ВОМ, л.с.	35	40	65	70	70	80	90	120
Производительность, т/сутки								
Кукуруза (28% - 14%)	50	70	110	140	200	240	270	300
Пшеница (20% - 15%)	70	90	160	180	280	340	390	420
Рапс (14% - 9%)	66	84	150	170	260	320	360	400
Расход топлива (л/т, 28% - 14%)	15	15	15	15	15	15	15	15
Время загрузки/разгрузки, мин.	15/15	15/15	21/21	21/21	32/32	38/38	43/43	45/45
Время сушки от 20 до 15 %, ч	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1
Время охлаждения, ч	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

### **1.2.7 Сушилки периодического действия**

Основное достоинство этих сушилок в том, что они просты по устройству, процесс сушки протекает медленно, почти исключается травмирование семян. Кроме того, семена одновременно проходят воздушно-тепловую обработку, что ускоряет послеуборочное дозревание семян повышенной влажности.

Основные недостатки таких сушилок - неравномерность сушки семян по толщине слоя в различных зонах сушильных камер, цикличность работы и, как правило, низкая производительность и повышенный расход топлива.

### **1.3 Режимы сушки, подготовка к работе и регулировки сушилок**

Параметрами процесса сушки, от которых зависят посевные качества семян (всхожесть и энергия прорастания), является температура нагрева и скорость сушки (величина влагосъема в единицу времени). Для сохранения посевных качеств температура нагрева семян и скорость сушки не должны превышать предельно допустимых величин. Иначе, при нагреве семян до температуры 55°C и выше может начаться денатурация белков, с частичным распадом крахмала и гибелью зародыша. Процесс денатурации ускоряется при повышенной начальной влажности семян. При быстром обезвоживании (высокой скорости сушки), особенно крупносеменных бобовых культур, плохо отдающих влагу, может произойти растрескивание семян и «закал» оболочек. Так, например, при снижении влажности семян зерновых культур с 20 - 30 до 14% скорость влагосъема не должна превышать 10-12% в час.

Допустимая температура нагрева зависит от вида, начальной влажности и времени пребывания семян в нагретом состоянии (продолжительности и экспозиции сушки). Чем выше начальная влажность, и экспозиция сушки, тем меньше допустимая температура нагрева семян.

Предельно допустимая величина влагосъема зависит главным образом от вида семян и экспозиции сушки.

В свою очередь температура нагрева семян и скорость сушки зависят от температуры и скорости теплоносителя, скорости движения семян в сушильной камере, способа сушки и конструкции сушиллки

Семена, поступающие на послеуборочную обработку, неоднородны по влажности и спелости. Режимы сушки назначают, как правило, по средней влажности семенной массы, поступающей в сушиллки. Поэтому во избежание теплового травмирования семян, влажность которых выше средней, рекомендуемые температуры нагрева примерно на 10°C ниже предельно допустимых температур.

Рекомендуемые режимы сушки и предельно допустимые температуры нагрева семян трав, семян зерновых и других культур, приведены в таблицах 1.9 - 1.14.

Таблица 1.9 - Режимы сушки семян в барабанных сушилках

Культура	Влажность семян до сушки, %	Допустимая температура, °С	
		теплоносителя	нагрева семян
Пшеница, рожь, ячмень, овес	до 18	120	48
	18-22	110	45
	22-26	100	43
	26-30	90	40
	свыше 30	80-90	35-40
Зернобобовые	до 18	100	40
	18-22	90	35
	22-26	80	30
	свыше 26	70	25
Льносемя	до 18	100	40
	18-22	90	35
	22-26	80	30
	свыше 26	70-80	25
Семена трав (тимopheевка, красный, луговая и др.) клевер, овсяница	до 18	110-120	45
	18-22	100-110	40-43
	22-26	90-100	35-40
	свыше 26	80-90	35

Примечания.

1. Допустимые температуры теплоносителя и нагрева семян указаны для первого пропуска их через сушильный барабан. При последующих пропусках их корректируют в соответствии с влажностью семян.
2. При сушке зерна продовольственного и фуражного назначения допустимая температура нагрева повышается примерно на 10°С, а температуру теплоносителя устанавливают в пределах 180-210°С.

Таблица 1.10 - Режимы сушки семян в шахтных и колонковых сушилках

Культура	Влажность семян до сушки, %	Число пропусков через сушилку		Допустимая температура, °С	
				теплоносителя	нагрева семян
Пшеница, рожь, ячмень, овес	до 19	Один	I	70	45
			II	60	40
	19-24	Два	II	65-70	45
			I	55	35
			II	60	40
	24-28	Три	III	65-70	45
			I	50	30
			II	55	35
свыше 28	Четыре	III	60	40	
		IV	65	45	
		I	55	35	
		II	60	40	
Льносемя	до 19	Два	I	55	35
			II	60	40
	свыше 19	Три и более	I	50	30
			II	55	35
			III	60	40

*Примечания.*

1. При сушке семян гороха и вики температуру теплоносителя и нагрева семян устанавливают на 5°C ниже рекомендуемых для семян зерновых культур соответствующей начальной влажности.
2. Возможна сушка семян клевера и тимофеевки в смеси с овсом на режимах, рекомендуемых для семенного зерна.
3. Сушка зерна с начальной влажностью свыше 28% нежелательна, так как после загрузки шахт возможно зависание их между коробками из-за плохой сыпучести.
4. При сушке продовольственного и фуражного зерна допустимую температуру нагрева увеличивают на 10°C, а теплоносителя - в 2 раза.

Таблица 1.11 - Режимы сушки семян и работы сушилки СБВС-5

Показатели	Влажность семян на входе в сушилку, %						
	до 22	24	26	28	30	32	34
Температура теплоносителя на входе в сушильные камеры, °С:							
СК-1	68	65	63	60	55	52	50
СК-2	70	68	65	65	62	60	60
Температура нагрева семян на выходе из сушилки, °С	42	41	40	39	38	37	36
Время работы выгрузного шнека в 10-минутном интервале, мин:							
СК-1	4,0	3,7	3,3	2,9	2,5	2,3	2,1
СК-2	3,7	3,5	3,1	2,7	2,4	2,2	1,8
Производительность сушилки по влажным семенам, т/ч	6,1	5,6	5,0	4,3	3,8	3,4	3,1

Таблица 1.12 - Режимы сушки первоначально загруженных семян в карусельных и конвейерных сушилках

Культура	Влажность семян до сушки, %	Допустимая температура нагрева семян, °С	Температура теплоносителя, °С	
			на выходе из топочного блока	под решетной поверхностью
Пшеница, рожь, ячмень, овес	до 20	45		до 50
	20-24		70-65	50-45
	24-28	40	65-70	45
	свыше 28	35	60-55	40
Льносемя	до 19	35	55	40
	свыше 19	30	50	35

*Примечание.*

При сушке семян бобовых культур допустимые температуры нагрева и теплоносителя на 5-6°C ниже рекомендуемых для семян зерновых.

Таблица 1.13 - Предельно допустимые температуры нагрева семян трав, °С

Культура	Влажность семян, %	Время нагрева, мин			
		60	90	120	150
Клевер красный	20,1	50	48	47	45
	25,5	47	45	44	43
	30,8	45	43	41	40
Овсяница луговая	20,6	49	48	46	44
	25,4	47	45	44	43
	31,8	43	42	40	39
Тимофеевка	20,0	49	48	47	45
	25,0	47	45	44	43
	31,0	44	42	40	40

Таблица 1.14 - Режимы сушки семян трав в конвейерных сушилках

Культура	Начальная влажность семян, %	Режимная температура теплоносителя, °С	Экспозиция сушки, мин
Клевер красный, тимофеевка	менее 20	55...60	20...40
	21...26	50...55	50...70
	более 27	45...50	80...100
Овсяница луговая, ежа сборная, райграс	менее 20	60...65	10...20
	21...26	55...60	30...40
	более 27	50...55	50...70

Особенностью рабочего процесса карусельных и конвейерных сушилок является то, что при сушке в потоке, семена, поступающие в сушильные камеры, попадают в зону воздействия влажного теплоносителя температурой не более 30°С. Отсюда, режимы сушки при поточной работе сушилок должны назначаться в зависимости от влажности семян в выгружаемом слое.

Опыты по исследованию рабочего процесса карусельной сушилки СЗК-5 показали, что при поточной сушке семян с начальной влажностью до 30%, толщине слоя 45 см и частоте вращения платформы один оборот за 40 минут, влажность их в выгружаемом слое не превышала 20%.

Поэтому при сушке в потоке параметры процесса сушки могут быть установлены оптимальные и максимально допустимые для, семенного зерна: температура нагрева семян до 45°С, температура теплоносителя под рабочей решетчатой поверхностью до 50°С, а на выходе из топочного блока 70-75°С.

Температура нагрева семян в сушилках периодического действия достигает температуры теплоносителя. Поэтому температура теплоносителя на входе в сушильные камеры этих сушилок не должна превышать предельно допустимой температуры нагрева семян соответствующей исходной

влажности. Для назначения режимов сушки семян различных культур в сушилках периодического действия можно использовать режимы, рекомендуемые для сушки семян соответствующей влажности при первом пропуске через шахтные и колонковые сушилки (табл. 1.10).

Подготовка зерносушилок к работе заключается в проверке исправности всех узлов и механизмов и пуске в работу.

Пуск в работу барабанных сушилок начинают с розжига топки. После розжига топки включают в работу вентилятор сушильного барабана и сам барабан. В течение 15-20 минут прогревают топку, барабан, загрузочную и разгрузочные камеры. При этом температура теплоносителя должна быть на 15-20°С ниже режимной для данных семян. После прогрева сушилки включают в работу загрузочное устройство и подают семена на сушку. Температуру теплоносителя доводят до рекомендуемой в соответствии с начальной влажностью семян и одновременно проверяют температуру нагрева их на выходе из сушильного барабана.

Пуск в работу других описанных выше типов сушилок начинают с загрузки сушильных камер. Для сокращения времени загрузки загрузочные устройства устанавливают на максимально возможную производительность.

Полноту заполнения сушильных камер шахтных, колонковых и бункерных сушилок контролируют по показаниям датчиков верхнего уровня семян и по обратной сыпи. В процессе сушки происходит усадка семян и при срабатывании датчиков нижнего уровня сушильные камеры пополняют влажным материалом.

Полноту заполнения ромбических, треугольных и жалюзийных сушилок контролируют визуально.

Процесс сушки семян в карусельных, конвейерных и платформенных сушилках протекает послойно, и верхние слои семян дополнительно, увлажняются влагой, испаренной из нижних слоев. При чрезмерно высокой толщине слоя семян может произойти переувлажнение верхних слоев с образованием капельно-жидкой влаги, запаривание семян и, как следствие, снижение посевных качеств. Поэтому толщина слоя загружаемых семян должна быть такой, при которой обеспечивается выход, отработавшего теплоносителя из сушильных камер. При этом подачу теплоносителя следует установить максимально возможной.

Чем выше влажность семян, поступающих в сушилки, тем меньше должна быть толщина загружаемого слоя. Опыт эксплуатации карусельных сушилок показывает, что толщина загружаемого слоя семян ржи, пшеницы и ячменя с начальной влажностью до 24% должна быть не более 0,6 м, а при влажности свыше 24% - не более 0,5 м. При сушке семян овса максимально возможная толщина слоя соответственно - 0,7 и 0,6 м. Толщину слоя семян в конвейерных сушилках устанавливают в пределах 100-200 мм. Толщину слоя семян в платформенных сушилках рекомендуется принимать 45-50 см при температуре теплоносителя до 40°С и подаче его 1000-1500 м<sup>3</sup>/ч на 1 т семян.

При загрузке шахтных, колонковых и бункерных сушилок семенами влажностью свыше 20%, во избежание образования зон зависания семян необходимо в 10-минутном интервале включать в работу на 1-2 минуты разгрузочные устройства и нории, предварительно переключив клапаны распределительных коробок разгрузочных норий на подачи семян из сушилки в сушилку.

После загрузки сушильных камер включают в работу топочные устройства, вентиляторы сушилок или подачи теплоносителя и в течение 15-20 минут прогревают семена и сушилки. При этом температуру теплоносителя устанавливают на 10-15°С ниже режимной для данной партии семян. После чего температуру теплоносителя доводят до рекомендуемой, одновременно контролируя температуру нагрева семян на выходе из сушильных камер.

Первоначально загруженные семена в шахтных, колонковых и бункерных сушилках сушат в режиме работы из сушилки в сушилку («сама на себя»), а в карусельных и конвейерных - при неподвижных платформах и конвейерах. При достижении семенами на выходе из сушильных камер кондиционной влажности сушилки переключают на работу в потоке.

Сушку семян с начальной влажностью свыше 20% в сушилках СЗШ-16А и СБВС-5 целесообразно проводить при последовательной работе шахт или сушильных камер. При этом в сушилках СБВС-5 сначала заполняют первую сушильную камеру, высушивают семена до влажности 14-16% и перепускают их во вторую сушильную камеру, одновременно включив подачу влажных семян в первую камеру. Заполнив вторую сушильную камеру до датчика нижнего уровня семян, открывают заслонку на воздуховоде и включают вентилятор подачи теплоносителя.

Сушилка СБВС-5 может работать как на ручном, так и автоматических режимах управления. При ручном управлении работа выгрузных шнеков постоянная, а производительность сушилки регулируется заслонкой выгрузного окна сушильной камеры. При автоматическом управлении время работы выгрузных шнеков в 10 минутном интервале устанавливают на пульте управления в соответствии с выбранным режимом сушки (табл. 1.11).

Карусельные и конвейерные сушилки переключают на сушку в потоке при достижении семенами в выгружаемом слое кондиционной влажности.

Технологическими регулировками сушилок и процесса сушки являются: регулировка подачи и скорости движения семян в сушилках непрерывного действия; регулировка температуры теплоносителя; регулировка подачи и скорости движения теплоносителя в сушильных камерах.

*Регулировка подачи семян* производится заслонками приемных бункеров загрузочных норий или других устройств.

*Скорость движения семян* регулируют настройкой разгрузочных устройств сушильных камер. При сушке в потоке эти регулировки взаимосвязаны и должны быть согласованы. Полноту заполнения сушильных

камер шахтных, колонковых и бункерных сушилок контролируют датчиками верхнего и нижнего уровня семян. При понижении уровня семян ниже нижнего датчика (загорается лампочка на пульте управления и подается звуковой сигнал) необходимо увеличить подачу материала. При повышении уровня семян выше верхнего датчика - уменьшить подачу.

*Температура теплоносителя* устанавливается, в соответствии с режимами сушки и регулируется за счет изменения подачи топлива к форсункам топочных устройств и степенью открытия окон подсоса атмосферного воздуха в смесительные камеры. Последнюю регулировку рекомендуется применять только при перегреве семян, когда необходимо оперативно понизить температуру их нагрева.

*Подачу и скорость движения теплоносителя* устанавливают максимально возможной, но такой, при которой не происходило бы уноса семян с отработавшим теплоносителем или выброса их из сушильных камер.

Вывод сушилок непрерывного действия на оптимальные режимы работы рекомендуем производить в следующей последовательности:

- установить максимально возможную подачу и скорость теплоносителя в сушильных камерах;
- установить максимально допустимую температуру теплоносителя для данной партии семян (табл. 1.9 - 1.14);
- отрегулировать подачу семян таким образом, чтобы влажность их на выходе из сушилок не превышала кондиционной, а температура нагрева - предельно допустимой. Если температура нагрева семян при рекомендуемой температуре теплоносителя превысит допустимые значения, то снизить ее следует в первую очередь за счет увеличения пропускной способности сушилок и лишь затем - уменьшением температуры теплоносителя.

Желательно, чтобы сушка семян в сушилках непрерывного действия происходила в потоке и лишь при их чрезмерно высокой исходной влажности возможна кратковременная остановка разгрузочных устройств. В таких случаях необходимо стремиться максимально понизить влажность семян до сушки за счет предварительной очистки и временного хранения на установках активного вентилирования.

### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Назовите способы сушки зерна и семян.
2. Назовите параметры процесса сушки зерна и семян.
3. Как классифицируют зерно- и семясушилки?
4. Расскажите устройство и рабочий процесс барабанных зерносушилок.
5. Расскажите устройство и рабочий процесс шахтных зерносушилок.
6. Как осуществляется процесс сушки зерна в колонковых сушилках?
7. Как осуществляется процесс сушки зерна в карусельных сушилках?
8. Как устроена и работает сушилка конвейерная для семян трав ССТ-1?
9. От каких параметров процесса сушки зависят посевные качества семян?
10. Объясните порядок подготовки зерносушилок к работе.
11. Перечислите технологические регулировки зерно- и семясушилок.
12. Каким образом регулируется производительность сушилок?
13. Каким образом устанавливают и регулируют температуру теплоносителя?
14. Какой должна быть подача и скорость теплоносителя в сушильных камерах?
15. Объясните порядок вывода сушилок непрерывного действия на оптимальные режимы работы.