

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Кафедра Машины и оборудование в агробизнесе

Направление Агроинженерия

Профиль Электрооборудование и электротехнологии

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой

/ Зиганшин Б.Г. /

« _____ » _____ 2018 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту Мухаммадиев Р.Р.

Тема ВКР «Электроснабжение пункта переработки зерна с разработкой автоматизированной барабанной сушилки»

утверждена приказом по вузу от « 24 » мая 2018 г. № 169

2. Срок сдачи студентом законченной ВКР 20.06.2018

3. Исходные данные

1. Материалы преддипломной практики;

2. Научно-техническая и справочная литература

3. Патенты зерносушилок.

4. Перечень подлежащих разработке вопросов

1. Литературно-патентный обзор;

2. Проектирование системы электроснабжения

3. Конструктивная часть;

5. Перечень графических материалов

1. Обзор существующих конструкций барабанных сушилок

2. Генеральный план картограмма нагрузок

3. План цеха с освещением.

4. Конструктивно-технологическая схема

5. Сборочный чертеж автоматизированной барабанной сушилки.

6. Рабочие чертежи предлагаемой конструкции.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1. ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР	8
1.1. Общие сведения	8
1.2. Классификация зерносушилки	10
1.3. Способы сушки зерна	11
1.3.1. Конвективный способ сушки зерна	11
1.3.2. Кондуктивный способ сушки зерна	12
1.3.3. Радиационный способ сушки зерна	13
1.3.4. Сушка в электрическом поле высокой частоты (твч)	13
1.3.5. Адсорбционно-контактная сушка зерна	14
1.4. Обзор барабанных сушилок	14
1.4.1. Барабанная сушилка для сыпучих материалов	15
1.4.2. Барабанная сушилка	17
1.4.3. Барабанная сушилка	19
1.4.4. Барабанно-винтовой сушильный агрегат для сушки гранулированных и сыпучих материалов	21
1.4.5. Барабанная сушилка для сыпучих материалов	24
1.4.6. Барабанная сушилка для продуктов, подверженных комкообразованию	26
1.5. Технологии сушки зерна	28
1.6. Процесс сушки зерна	37
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	42
2.1. Выбор источников света	42
2.2. Выбор системы и вида освещения	42
2.3. Выбор нормируемой освещенности и коэффициента запаса	43
2.4. Выбор осветительных приборов	44
2.5. Размещение осветительных приборов в освещаемом пространстве ..	41

2.6. Расчёт мощности или определение количества светильников, устанавливаемых в помещении	41
2.7. Точечный метод расчёта	42
3. КОНСТРУКТИВНАЯ ЧАСТЬ	47
3.1. Обоснование выбора темы	47
3.2. Конструктивно-технологическая схема	48
3.3. Принцип работы	49
3.4. Требования безопасности перед началом работы	50
3.5. Требования безопасности во время работы	51
3.6. Требования безопасности по окончании работы	53
3.7. Требования безопасности в аварийных ситуациях	53
3.8. Физическая культура на производстве	55
3.9. Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции	56
3.9.1. Расчет привода	56
3.9.2. Расчет массы и стоимости конструкции	57
3.9.3. Расчет технико-экономических показателей эффективности конструкции и их сравнение с базовым	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	63
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	64

ВВЕДЕНИЕ

Сушка зерна нагретым воздухом применяется более 50 лет. Интерес к сушке в настоящее время, возрос в связи с применением высокопроизводительных комбайнов, а следовательно уменьшением сроков уборки.

С целью обеспечения надёжного хранения урожая, а также сохранения высоких качественных характеристик зерновых культур, их подвергают обязательной технологической процедуре просушки. Правила агротехники предписывают закладывать на длительное хранение зерно с влажностью не более 14. Повышенный уровень влажности зерна активизирует его жизнедеятельность и увеличивает выделение тепла, что приводит к самосогреванию массы, провоцирует развитие бактерий (плесени) и вызывает процессы брожения. Поэтому применение в сельском хозяйстве зерносушилок трудно переоценить.

Цель выполнения выпускных квалификационных работ состоит в том, что на основании изучения материала по теме ВКР, разработать электроснабжение пункта переработки зерна с разработкой автоматизированной барабанной сушилки.

1. ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Актуальность проблемы. Одной из важнейших задач является устойчивое развитие страны и ее продовольственная безопасность. Эта задача должна решаться не только за счет увеличения непрерывного сбора, но и за счет улучшения качества последующей обработки урожая. Самые пятьдесят процентов собранного урожая остаются в аграрной экономике, поэтому особую роль играет сушка, которая считается более ограниченной зоной в послеуборочном зерне. Это позволяет не только сохранить большое количество продукта, но и его присутствие. Однако в нынешний день этого периода, при наличии значительного количества зерносушилок (значительная часть которых устаревает как физически, так и морально) на сельскохозяйственных предприятиях разных типов, они не всегда работают в подходящих режимах, потому что из которых потребление топлива и электроэнергии выше, а также эффективность сушилок.

Высококачественные свойства зерна на выходе из сушилки не всегда удовлетворяются агротехническими требованиями к барабану и другим типам зерносушилок. В результате анализа функционирования компонентов процесса сушки было показано, что для обеспечения баланса основных компонентов технологический процесс, связанный с взаимодействием зерна с тепловой и охлаждающей энергией.

Перспективные тенденции, которые позволяют обеспечить реализацию вышеуказанных оснований:

- пористый метод сушки, который предусматривает дифференцированные режимы и векторное управление процессом;

- системообразующие элементы (внутренние и внешние). Только с абсолютным балансом зерна зерно, зерно, зерно и тому подобное. качественный.

По этой причине важной проблемой является выбор подходящих эффективных режимов сушки зерна в сельскохозяйственных зерновых сушилках и подтверждение научно-технических решений, методов и методов, которые способствуют достижению или приближению к качественному качеству оптимального движения. имитационная модель процесса сушки зерна и с учетом отличительных особенностей функционирования объектов. В качестве внешнего системообразующего элемента целесообразно использовать: компенсационные бункеры многоцелевого и специального назначения для предварительного нагрева и сушки, временного хранения и активной вентиляции, сушки и охлаждения зерна; транспортировка зерна; устройства для переработки; устройства непрерывного дискретного вывода; инверторы для смешивания зерен; вибраторы для ослабления слоя зерна; устройства для рыхления и разрыхления зерновых материалов, реализации соответствующих технологических методов и обеспечения распределенного дифференцированного многомерного и многосвязного управления процессами сушки.

1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗЕРНОСУШИЛКИ

Сушка – это не только сложный процесс тепло- и массообмена, но также и сложнейший технологический процесс. Высушенные зерна должны иметь высокие показатели качества, как органолептические, так и физико-химические. Оптимальный режим сушения должна осуществляться при минимальных затрат тепла, энергии и заключаться в максимальном сохранении химико-технологических показателей качества сырья, используемого для сушки [6, 8].

Исследования последних лет направленных на совершенствование способов сушки, которые бы обеспечивали максимальную сохранность пищевых и вкусовых достоинств продукта, а также высокую эффективность процесса.

Для современных способов сушения зерна характерна интенсификация процессов тепло- и массообмена, которые достигаются различными путями: увеличением поверхности контакта между зерном и зерносушилкой; применение комбинированного подвода тепла; повышение скорости перемещения зерна в зерносушилке; сочетание обезвоживания с различными технологическими процессами: замораживанием, взрыванием, диспергированием, вспениванием и др.

Существует несколько классификаций способов сушки по различным признакам (рисунок 1.1).

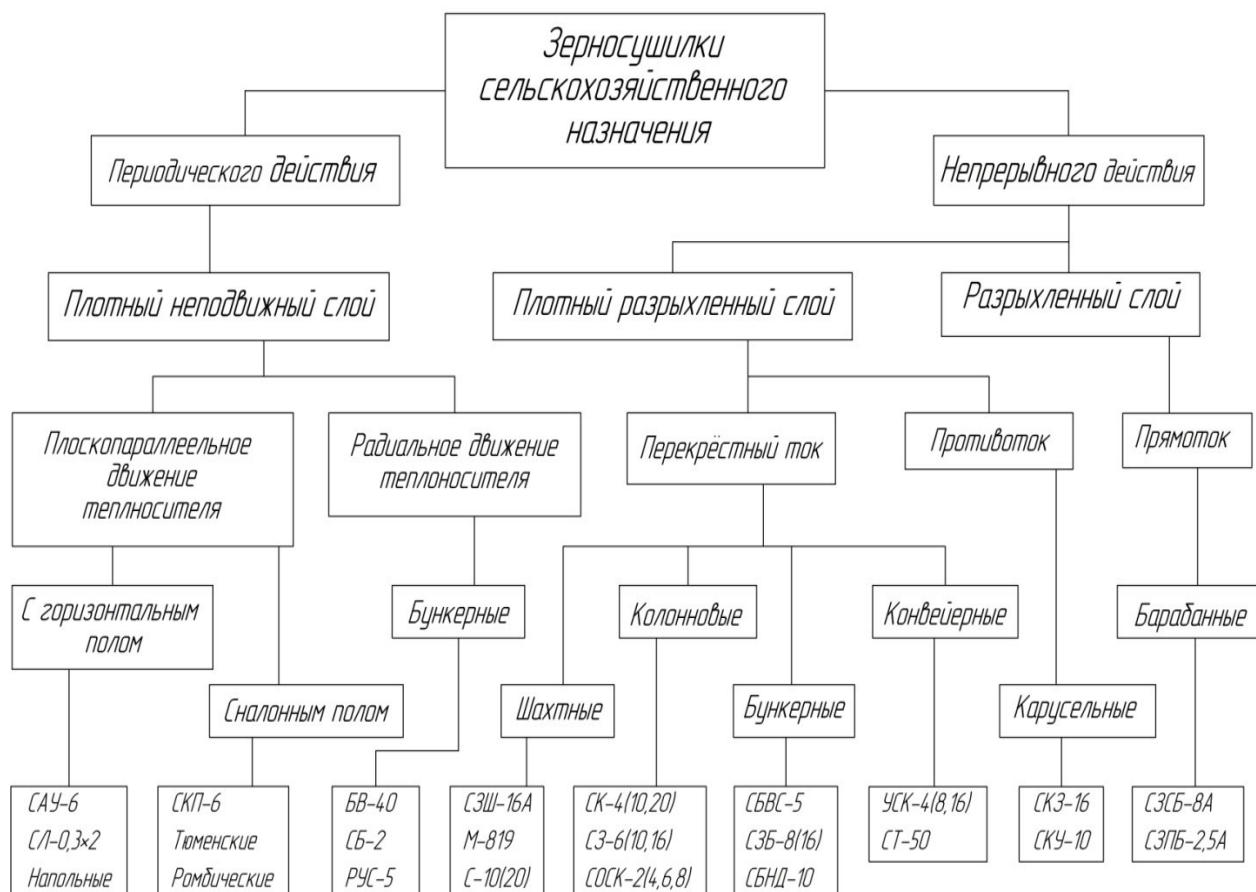


Рисунок 1.1 – классификация зерносушилки сельскохозяйственного назначения

1.3. СПОСОБЫ СУШКИ ЗЕРНА

Способы сушки можно классифицировать по такому основному признаку, как вид передачи тепла зерну. Передавать тепло можно конвективным, кондуктивным, радиационным способами и электротоком. Существует и способ сушки без подачи тепла - это адсорбционно-контактный.

1.3.1. КОНВЕКТИВНЫЙ СПОСОБ СУШКИ ЗЕРНА

Во всех зерносушилках, применяемых в системе в сельском хозяйстве, тепло передаётся конвективным способом. Агент сушки служит

не только для передачи тепла зерну, но и одновременно для поглощения испарившейся из него влаги.

Сушить зерно конвективным способом можно смесью топочных газов с воздухом или атмосферным воздухом, нагретым в теплообменнике. Сушка нагретым воздухом исключает попадание в сушильную камеру продуктов сгорания топлива (сернистого газа, дыма).

Конвективный способ сушки можно применять при разном состоянии зернового слоя - плотном или разрыхлённом, в пересыпающемся, падающем или взвешенном состоянии [15].

Сушка зерна в плотном неподвижном слое осуществляется на различного типа напольных, треугольных, ромбических сушилках, построенных в хозяйствах по типовым или индивидуальным проектам [19]. Процесс сушки происходит следующим образом:

- зерно высыпается самосвалом на сетчатый пол и разравнивается вручную в напольных зерносушилках;
- транспортёром заполняет пространство между сетками на треугольных и ромбических сушилках.

1.3.2. КОНДУКТИВНЫЙ СПОСОБ СУШКИ ЗЕРНА

Сушка зернового слоя, насыпанного непосредственно на горячую поверхность, малоэффективна и требует большого расхода тепла. При таком способе нижний слой зерна, соприкасающийся с горячей поверхностью, быстро нагревается, в это же время поверхностный слой почти не нагревается и не просушивается [15].

Разновидностью кондуктивной сушки является сушка в вакууме. В вакуум-сушилках тепло передаётся зерну от стенок паровых труб, а испаряемая влага непрерывно откачивается вакуум-насосом и поступает в конденсатор. Чем больше вакуум в зерносушилке, тем интенсивнее испаряется влага из зерна и тем ниже температура его нагрева.

Однако значительный расход электроэнергии на работу вакуум-насосов, потребность в установке парового котла и охладителя, а также сложность устройства для обеспечения герметичности поступления зерна в вакуум-сушилку и при выпуске из неё является причиной того, что эти зерносушилки не нашли широкого применения [15].

1.3.3. РАДИАЦИОННЫЙ СПОСОБ СУШКИ ЗЕРНА

К этому способу относят солнечную сушку, когда зерно рассыпают на открытой площадке, и оно нагревается от солнечных лучей, а испарившаяся влага поступает в атмосферу. Скорость солнечной сушки увеличивается при тонком зерновом слое и при наличии ветра над слоем. Солнечную сушку применяют в отдельных случаях для сушки небольших партий семенного зерна.

Радиационную передачу тепла зерну можно осуществить при помощи инфракрасных (тепловых) лучей от инфракрасных излучателей. Ламповые генераторы инфракрасного излучения просты и безопасны в работе, но имеют низкий КПД и потребляют около 5 кВт в час на 1 кг испарённой влаги. Кроме того, при инфракрасном облучении слой надо непрерывно перемешивать, испаряемую влагу удалять в атмосферу, а просушенное зерно направлять в охладитель, что усложняет устройство и обслуживание сушилок [15].

1.3.4. СУШКА В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ (ТВЧ)

Сущность этого способа состоит в том, что зерно находится в поле токов высокой частоты, в котором энергия превращается в теплоту, благодаря чему зерно нагревается.

Температура зерна в поле ТВЧ быстро повышается (в течение нескольких секунд), причём однородный материал нагревается равномерно по всей толщине. Разогрев зерна происходит за счёт передачи зерну (как и любому токопроводящему материалу) энергии путём передачи молекулам зерна дополнительной кинетической энергии (разгона молекул). Влияние сушки ТВЧ на семенные и продовольственные качества зерна трактуются разными авторами неоднозначно. Этот способ требует большого расхода электроэнергии (до 5 кВт в час на 1 кг испарённой влаги) [15].

1.3.5. АДСОРБЦИОННО-КОНТАКТНАЯ СУШКА ЗЕРНА

Адсорбционно-контактная сушка происходит следующим образом: силикагель (адсорбент) смешивается с влажным зерном, влага зерна адсорбируется (поглощается) силикагелем. После завершения процесса сушки смесь рассортировывается, силикагель направляется на просушку.

Преимущества данного способа:

- зерно не подвергается термическому воздействию;
- нет необходимости охлаждения после сушки;
- на сушку силикагеля идёт значительно меньше энергии чем на сушку зерна, так как нет необходимости соблюдать строгие температурные режимы.

Недостатки:

- необходимость в дополнительном агенте сушки - силикагеле, запас которого нужно периодически пополнять;
- дополнительные затраты связанные со смешиванием и разделением зерна и силикагеля;
- довольно сложная конструкция зерносушилки, обеспечивающая нормальное протекание процесса адсорбционно-контактной сушки.

1.4. ОБЗОР БАРАБАНЫХ СУШИЛОК

1.4.1. БАРАБАННАЯ СУШИЛКА ДЛЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Барабанная сушилка для сыпучих материалов может быть использовано в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства (рисунок 1.2).

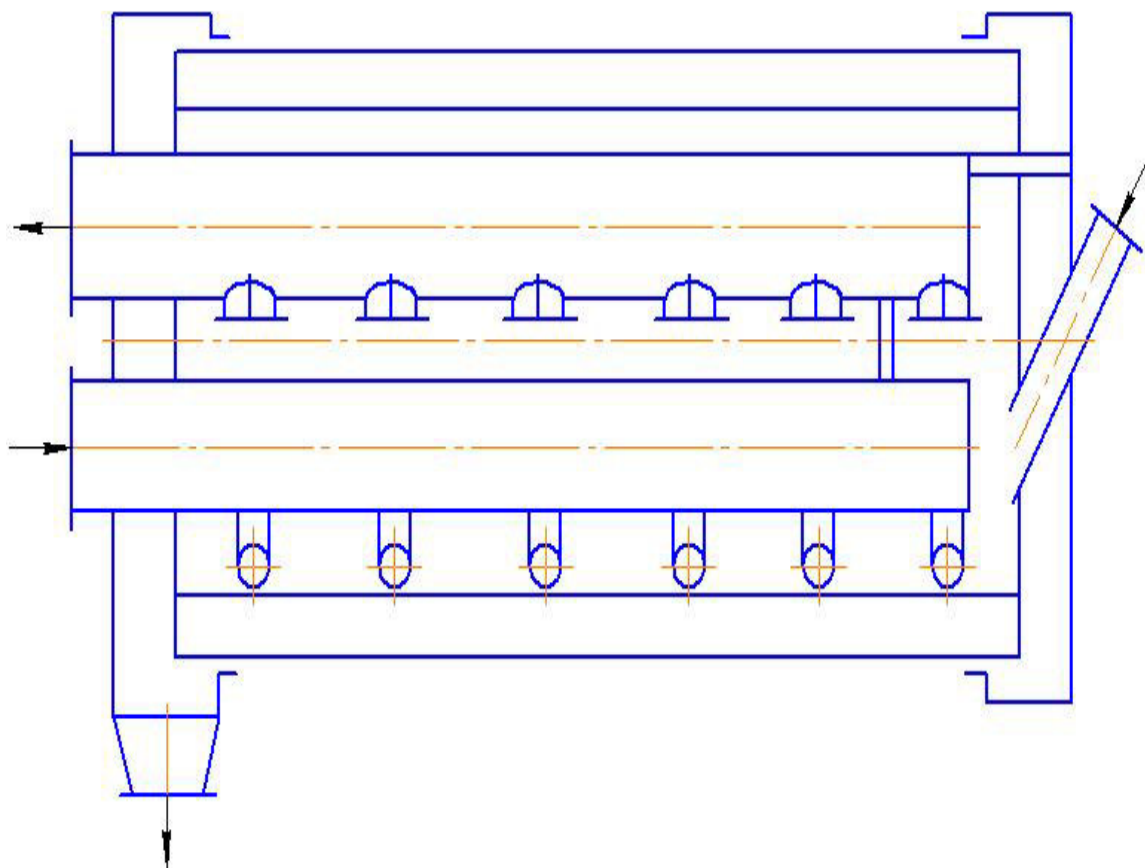


Рисунок 1.2 – Барабанная сушилка для сыпучих материалов.

Сушилка содержит вращающийся барабан с подпорными кольцами и радиальными подъемными лопастями. По торцам барабана установлены загрузочная камера с патрубком для загрузки влажного материала и выгрузочная камера с патрубком для выгрузки сухого продукта.

Газоподводящий коллектор снабжен патрубками, несущими единый трубчатый элемент. Трубчатый элемент имеет продольную щель - сопло для струйного ввода газа в слой материала и расположен

внизу подъемной части барабана. Вверху подъемной части барабана над слоем материала закреплена неподвижно шахтная насадка.

Для дифференциации режима аэрирования материала по длине барабана и в определенной мере для снижения пылеуноса и конечной температуры материала газоподводящий и газоотводящий коллекторы могут быть снабжены приспособлениями регулирования проходного сечения параллельных каналов ввода и вывода газа соответственно, например выполненными в виде шиберов, с этой же целью трубчатый элемент может быть разделен поперечными перегородками на участки по числу несущих патрубков.

Барабанная сушилка для сыпучих материалов работает следующим образом.

Влажный материал загружается в сушилку через патрубок, захватывается лопастями вращающегося барабана и сосредотачивается преимущественно в его подъемной части. Материал перемещается вдоль барабана, циркулируя в завале, который образуется в нижней его части. Циркуляционный контур возникает вследствие того, что часть материала в виде плотного слоя поднимается в пространстве между лопастями и в некоторой прилегающей к нему области "завала", а другая часть материала образует гравитационный поток частиц, скатывающихся по поверхности плотного слоя.

Струя свежего сушильного агента взаимодействует с материалом, движущимся в слое скатывающихся частиц завала, и поднимается навстречу падающим частицам завесы. Движение частиц материала и сушильного агента в завесе направляется элементами неподвижной шахтной насадки. Переток сушильного агента из подъемной части барабана в опускную без контакта с частицами завесы предотвращается заслонкой, шарнирно подвешенной на нижней кромке вертикальной перегородки..

1.4.2. БАРАБАННАЯ СУШИЛКА

Барабанная сушилка относится к конвективным сушилкам с вращающимся барабаном, и наиболее эффективно может быть использовано для сушки гранулированных хрупких материалов в химической, пищевой, строительной промышленности и в других отраслях (рисунок 1.3).

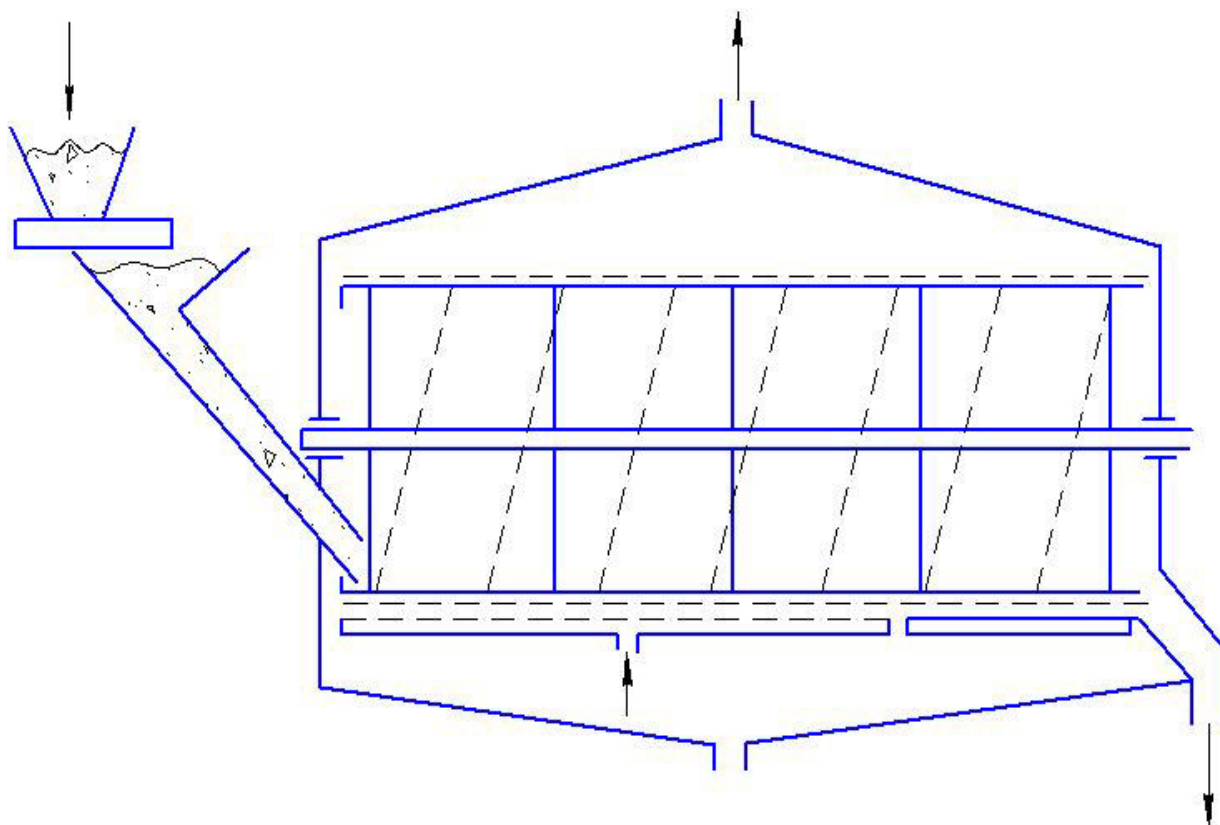


Рисунок 1.3 – Барабанная сушилка.

Загрузочное устройство барабанной сушилки состоит из дозатора, загрузочной воронки, барабана. Барабан вращается с помощью вала и включает спицы, продольные направляющие, сетку. Барабан закрывается теплоизолирующим корпусом. Выгрузка гранулированного сушеного продукта (ПГС) осуществляется через разгрузочную воронку, выгрузка пыли и более мелкой фракции - через разгрузочную воронку.

Для подачи теплоносителя (горячего воздуха) смонтирована трубка с отверстиями со смещением от оси вертикальной симметрии. В

конце под барабаном установлены термоэлектронагреватели. Внутри барабана по спирали с задаваемыми шагами, высотой и длиной закреплены лопатки.

Барабанная сушилка работает следующим образом.

Продукт гранулированный влажный дозатором подается в загрузочную воронку и по ней поступает в барабан. Барабан вращается и продукт гранулированный влажный, равномерно распределяясь в нижней части барабана за счет его угла наклона α и лопаток, движется к разгрузочной воронке.

Ширина лопаток, их высота, шаг между лопатками, шаг спирали, угол наклона спирали подбирают таким образом, чтобы гранулированный хрупкий продукт, двигаясь по нижней части барабана, не поднимался по барабану выше радиуса и, скатываясь вниз, не разрушался. При этом подбирается также скорость вращения барабана.

Процесс сушки осуществляется путем обдува гранул теплоносителем, который поступает в барабан через трубку с отверстиями, расположенными в ряд под барабаном.

За счет того, что гранулы находятся в движении, происходит равномерная их обдувка теплоносителем, равномерный прогрев каждой гранулы со всех сторон и, следовательно, эффективная их сушка.

Так как за счет вращения барабана, лопаток основная часть продукта гранулированного влажного смещается в сторону вращения барабана, то и для обеспечения более эффективного обдува гранул трубка подвода теплоносителя смещена от оси в сторону вращения.

В процессе сушки основная часть влаги из продукта гранулированного влажного удаляется в первой половине барабана и поэтому для экономии теплоносителя в конце под барабаном

установлены термоэлектронагреватели, которые поддерживают режим конвективной сушки с меньшими затратами энергии.

Отработанный влажный теплоноситель выбрасывается вверх в вентиляцию, а образующаяся от гранул пыль, осколки просыпаются через сетку и удаляются по разгрузочной воронке, а продукт гранулированный сушеный выгружается через разгрузочную воронку.

Таким образом в барабанной сушилке гранулы не разрушаются и создаются условия их движения и их подъема на высоту не более радиуса барабана благодаря установленным в барабане лопаткам. Необходимую высоту слоя гранул, производительность сушки можно обеспечить, изменяя угол наклона барабана и его скорость вращения.

1.4.3. БАРАБАННАЯ СУШИЛКА

Барабанная сушилка может быть использовано в химической и пищевой промышленности (рисунок 1.4).

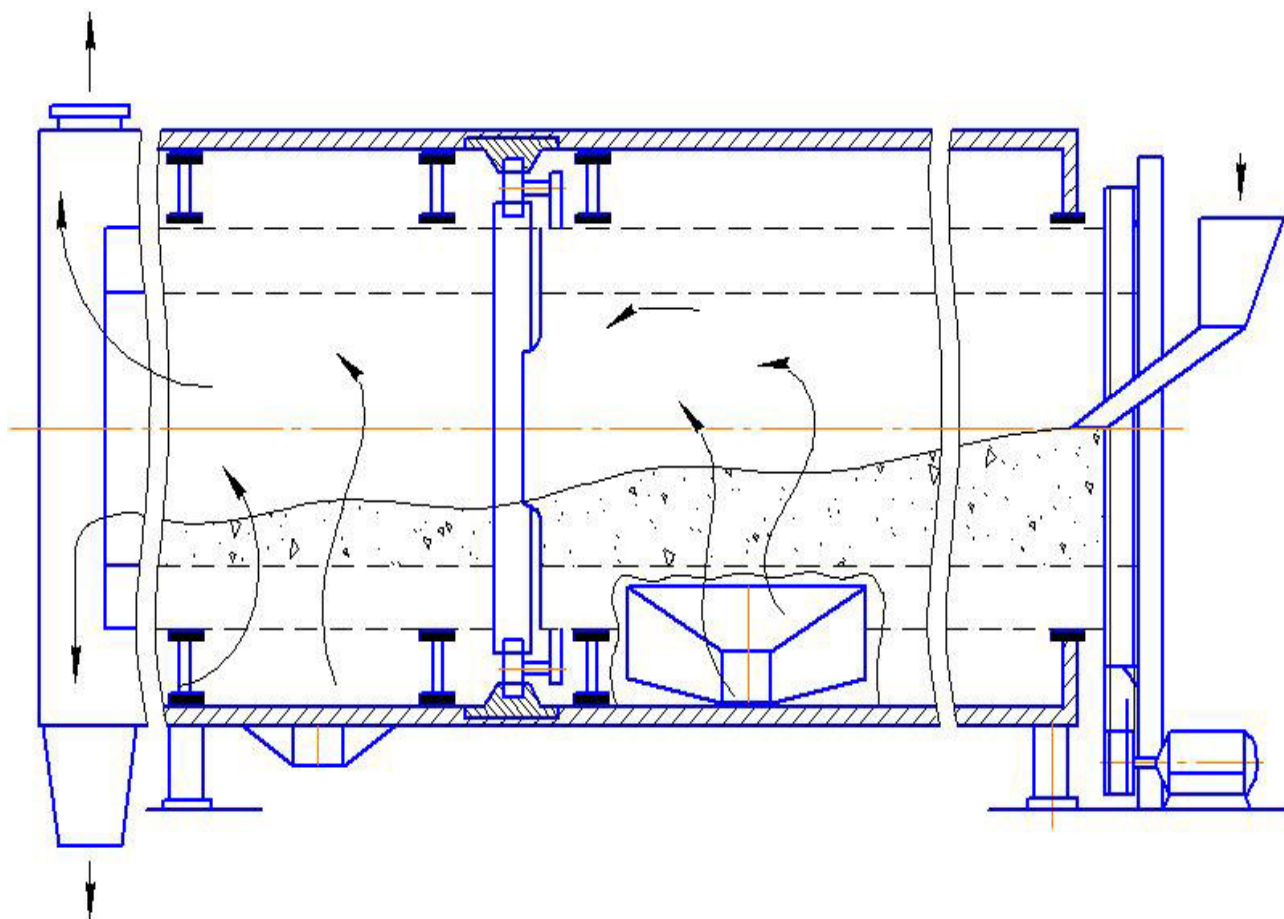


Рисунок 1.4 – Барабанная сушилка.

Барабанная сушилка содержит неподвижный кожух, перфорированный барабан, состоящий из двух секций, профильную канальную насадку, кольцевые перегородки, подшипник, крышку подшипника, сальниковое уплотнение, стойку, ось, подшипник, зубчатое колесо-сателлит, внутренний венец неподвижного кожуха, внешний зубчатый венец, глухую крышку подшипника, крышку подшипника, переливной фланец, патрубки для подвода теплоносителя, неподвижный фланец, приводное колесо, привод, загрузочную воронку, разгрузочный бункер, патрубок для отвода теплоносителя, опорные стойки.

Барабанная сушилка работает следующим образом. Влажный дисперсный материал через загрузочную воронку подается в первую секцию вращающегося перфорированного барабана с профильной канальной насадкой от привода с помощью приводного колеса. При

вращении перфорированного барабана слой дисперсного материала располагается под углом естественного откоса, при этом через патрубок подвода теплоносителя осуществляют подачу теплоносителя под щели профильной канальной насадки, на которой находится дисперсный материал, что позволяет обеспечить рациональное использование теплоносителя при его равномерном распределении по длине секции. Зубчатые колеса-сателлиты взаимодействуют с внутренним венцом неподвижного кожуха, приводя во вращение последующую секцию перфорированного барабана через внешний зубчатый венец. Переливной фланец предотвращает просыпание продукта между секциями, вращающимися с разными угловыми скоростями. Кольцевые перегородки предотвращают перемещение материала с разным температурным потенциалом в другие секции сушилки. Уплотнитель служит для предотвращения потерь теплоносителя в окружающую среду. Высушенный дисперсный материал выводят через разгрузочный бункер, а отработанный теплоноситель - через патрубок. Количество секций выбирается исходя из способа сушки конкретного материала.

Таким образом, барабанная сушилка позволяет обеспечить снижение энергозатрат, т.к. используется один привод для всех вращающихся частей барабанной сушилки, дает возможность реализовать переменные и осциллирующие режимы сушки, снижает металлоемкость устройства, позволяет повысить качество готового материала.

1.4.4. БАРАБАННО-ВИНТОВОЙ СУШИЛЬНЫЙ АГРЕГАТ ДЛЯ СУШКИ ГРАНУЛИРОВАННЫХ И СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Барабанная сушилка предназначено для сушки гранулированных и сыпучих материалов (рисунок 1.5).

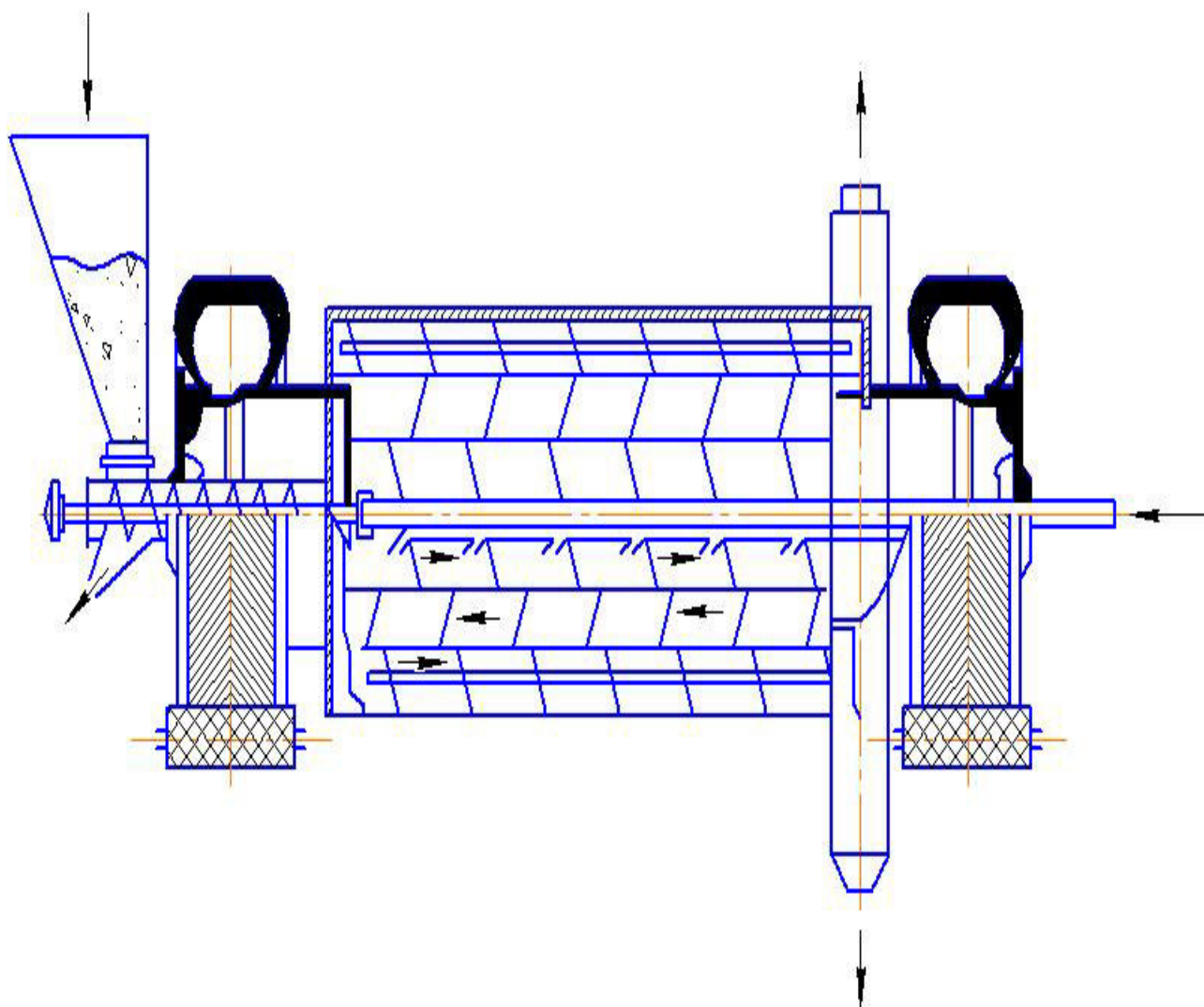


Рисунок 1.5 – Барабанно-винтовой сушильный агрегат для сушки гранулированных и сыпучих материалов.

Сушильный агрегат представляет собой концентрично расположенные относительно друг друга внутренний барабан, средний барабан и внешний барабан, которые установлены горизонтально и вращаются одновременно. Внешний барабан, опирается на опорные ролики и имеет выгрузочные окна на боковой поверхности, со стороны выгрузочной камеры, как и в среднем и во внутреннем барабанах. На внутренних поверхностях барабанов жестко закреплены нормальные геликоидальные параллелепипеды-геликоиды. В рассматриваемом случае углы подъема геликоидов во всех трех барабанах составляют, например, 20° и развернуты относительно геликоидов предыдущего

барабана на 320° , что позволяет материалу двигаться в противоположные стороны. В барабанах внутреннем и внешнем установлены пересыпные полки различной высоты для более равномерного перемешивания материала, причем в барабане пересыпная полка играет роль и перегородки, препятствующей несанкционированному попаданию материала из внутреннего барабана в средний барабан. Во внешней оболочке барабана размещены электронагреватели по всей его длине для обеспечения интенсификации процесса теплообмена за счет контактной сушки материала. Для наиболее быстрого извлечения сушильного агента на верхнем торце выгрузочной камеры вертикально закреплен патрубок.

Барабанно-винтовой сушильный агрегат работает следующим образом.

Через загрузочный бункер к вращающемуся питательному шнеку подается влажный материал, который попадает в непрерывно вращающийся внутренний барабан. Затем материал, увлекаемый боковыми, спиралевидными сторонами геликоида движется к выгрузочному окну внутреннего барабана. Одновременно по пути следования материал подвергается воздействию теплоносителя, движущегося навстречу потоку по патрубку. Раструбы способствуют более плотному прижатию теплового потока к внутренней поверхности внутреннего барабана, закручиванию его по геликоидальному каналу и переходу во второй барабан. За счет пересыпных полок материал поднимается и падает вниз, дополнительно обдуваемый теплоносителем, что увеличивает эффективность процесса сушки. После сушки в среднем барабане материал, через выгрузочное окно, расположенное в стороне загрузочного устройства, поступает во внешний барабан, где за счет теплоэлектронагревателей, расположенных во внешней оболочке внешнего барабана, происходит дополнительная контактная сушка материала. Высушенный до

определенной конечной влажности материал, через выгрузочное окно, выполненное в боковой поверхности барабана, попадает в выгрузочную камеру и выводится из сушилки за пределы агрегата. Отработанный сушильный агент выходит через патрубок.

Таким образом, барабанная сушилка повысить эффективность сушки материала, за счет снабжения агрегата тремя барабанами с геликоидальными параллелепипедами и обеспечения возможности встречного перемещения материала и теплоносителя. Благодаря наличию пересыпных полок повышается равномерность перемешивания материала и снижается энергоемкость установки, обеспечение размещения теплоэлектронагревателей по всей поверхности внешней оболочки внешнего барабана позволяет значительно сократить время сушки.

1.4.5. БАРАБАННАЯ СУШИЛКА ДЛЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ

Барабанная сушилка для сыпучих материалов (рисунок 1.6).

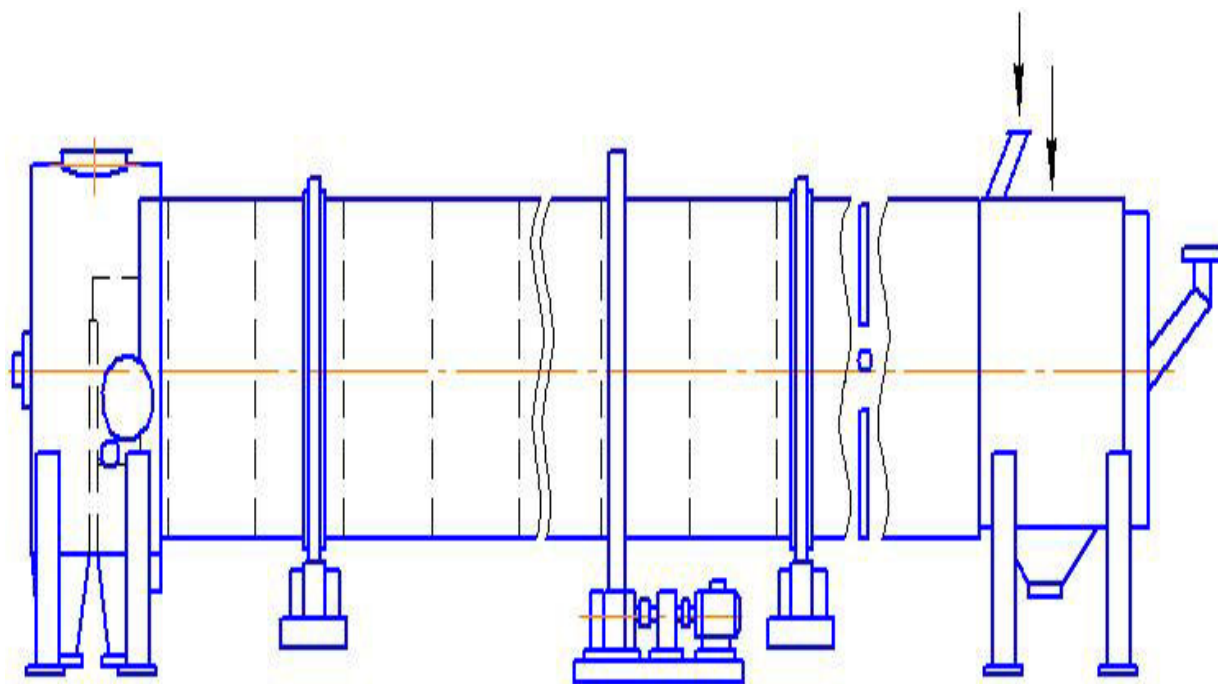


Рисунок 1.6 – Барабанная сушилка для сыпучих материалов.

Сушилка для сыпучих материалов содержит расположенные концентрично относительно друг друга и жестко скрепленные между собой наружный барабан и внутренний барабан, которые установлены наклонно под углом к горизонтали между загрузочной и выгрузочной камерами с возможностью одновременного их вращения. Барабаны со стороны загрузочной камеры жестко скреплены между собой одним круговым рядом теплопередающих труб, а со стороны выгрузочной камеры в конце наружного барабана в кольцевом пространстве между барабанами установлена плавающая опора для беспрепятственного теплового удлинения внутреннего барабана. Установленный в загрузочной камере конец внутреннего барабана выполнен длиннее конца наружного барабана и на его внешней поверхности закреплены кольцевые ребра для охлаждения, а в верхней части загрузочной камеры расположен водяной коллектор для раздачи воды на охлаждение. На загрузочной камере установлены течка для загрузки сыпучего материала в кольцевое пространство между барабанами и течка для загрузки горячего продукта-теплоносителя в полость внутреннего барабана. В стенке средней части внутреннего барабана выполнены радиальные отверстия, в которые вставлены и жестко соединены со стенкой теплопередающие трубы, связанные между собой на внешней поверхности внутреннего барабана спиралью с образованием лопастей для продвижения сыпучего материала в сторону выгрузки. Установленный в выгрузочной камере конец внутреннего барабана выполнен длиннее конца наружного барабана для раздельной выгрузки охлажденного продукта-теплоносителя из полости внутреннего барабана и сыпучего материала из кольцевого пространства между барабанами. Наружный барабан выполнен с двумя кольцевыми кольцами, посредством которых он установлен на две опорные станции. На наружном барабане жестко закреплен зубчатый венец, посредством которого и зубчатой шестерни наружный барабан

кинематически соединен с приводом с возможностью одновременного вращения обоих скрепленных между собой барабанов.

Барабанная сушилка для сыпучих материалов работает следующим образом. Через теплопередающие трубы происходит вынос тепла нагретым воздухом из полости внутреннего барабана на внутреннюю поверхность наружного барабана и в кольцевое пространство между барабанами. Таким образом сыпучий материал подсушивается и за счет конвективного теплообмена с нагретым воздухом, поступающим из полости внутреннего барабана. Конец внутреннего барабана охлаждается водой. Подсушиваемый сыпучий материал и продукт-теплоноситель перемещаются к выгрузочной камере за счет наклона и вращения барабанов, а сыпучий материал еще и за счет механического взаимодействия с теплопередающими трубами и спиралями. Выгрузка сыпучего материала и продукта-теплоносителя осуществляется отдельно, каждого через свою течку соответственно.

1.4.6. БАРАБАННАЯ СУШИЛКА ДЛЯ ПРОДУКТОВ, ПОДВЕРЖЕННЫХ КОМКООБРАЗОВАНИЮ

Барабанная сушилка относится к технике обработки сыпучих материалов, который может быть применено в пищевой, химической и других отраслях промышленности (рисунок 1.7).

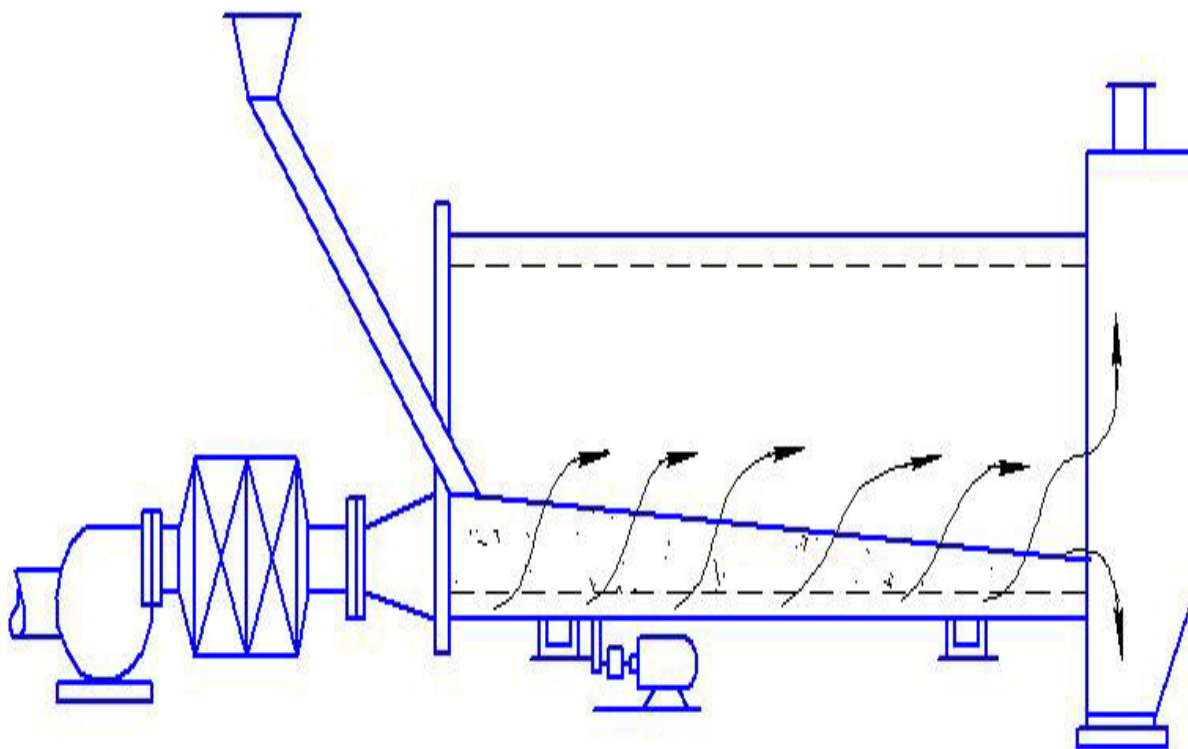


Рисунок 1.7 – Барабанная сушилка для продуктов, подверженных комкообразованию.

Барабанная сушилка для продуктов, подверженных комкообразованию, состоит из корпуса с канальными насадками, привода, загрузочного питателя, разгрузочного бункера и устройств для подачи и нагрева теплоносителя. При этом на канальных насадках дополнительно установлены лопатки с криволинейным профилем, имеющим участки с выпуклой и прямолинейной поверхностями.

Комбинированный характер профиля вызван необходимостью забора из слоя крупных комков продукта в углубление лопатки, их подъема и своевременного сброса в противоположной стороне от забора на жесткие выпуклые части лопаток, что обеспечивает эффективную деструкцию комков и образование мениска в поперечном сечении слоя продукта, т.е. увеличивающего на периферии толщину слоя и соответственно его выравнивание, а это позволяет наиболее полноценно использовать сушильный потенциал теплоносителя.

Лопатки могут быть выполнены полностью с перфорациями, т.е. с отверстиями малых размеров, при этом проходное сечение которых

должно быть больше, чем характерные размеры отдельных частиц сыпучего продукта.

Преимущества предлагаемой барабанной сушилки для продуктов, подверженных комкообразованию, заключаются в следующем:

- дополнительная установка на канальных насадках лопаток с криволинейным профилем.
- выполнение в лопатке на участке с выпуклой поверхностью сквозных отверстий позволяет обеспечить сепарацию крупных комков продукта от мелкодисперсной фракции продукта.
- наличие по длине корпуса барабанной сушилки лопаток с криволинейным профилем только на участке, предназначенном для периода постоянной скорости сушки.

1.5. ТЕХНОЛОГИИ СУШКИ ЗЕРНА

Зерно - это живой организм, в котором происходит непрерывный обмен веществ. По строению структура зерна – капиллярно-пористое коллоидное тело с большим количеством капилляров. По ним влага в процессе сушки поступает изнутри зерна на поверхность, откуда испаряется. [5,13,14]

Зерно состоит из оболочек, зародыша и эндосперма; оно содержит белки, крахмал, жиры, клетчатку, влагу и незначительное количество минеральных веществ. В зависимости от содержания в зерне влаги в процентах к общей массе его считают сухим, средней сухости, влажным или сырым (таблица 2.1). [15]

Таблица 2.1 – Содержания в зерне влаги в процентах к общей массе

Культура	Влажность зерна, %			
	Сухого	Средней влажности	Влажного	Сырого

Пшеница, рожь, ячмень, гречиха, рис-зерно	14,0	14,0-15,5	15,5-17,0	17,0
Овес, горох, кормовые бобы, кукуруза	14,0	14,0-16,0	16,0-18,0	18,0
Кукуруза в початках, фасоль	16,0	16,0-18,0	18,0-20,0	20,0

Хранение влажного зерна при низких зимних температурах (доходящих в Сибири до -50°C) приводит к потере его всхожести вследствие ослабления жизнедеятельности зародыша и его гибели.

В массе сухого зерна бактерии и плесени не размножаются. Оно хорошо переносит охлаждение даже до очень низких температур. Для того, чтобы свежесобранное зерно с влажностью выше 15-16% не испортилось при хранении и не потеряло своих посевных качеств, его нужно сразу же просушить в зерносушилках [14].

Термическая сушка зерна уже много лет является наиболее известным методом консервации. Известны также другие методы. К примеру, смешивание зерна с пропионовой или муравьиной кислотой, хранение в среде азота или других неагрессивных газов, охлаждение зерна к близким нулю температурам; но в широком масштабе они распространения не получили [16].

Определенное влияние на заготовку сухого зерна оказывают естественно климатические условия зоны выращивания зерновых культур.

Складывающиеся погодные условия в период налива зерна оказывают непосредственное влияние на влажность заготавливаемого зерна. Прослеживается обратная зависимость влажности убираемого зерна от гидротермического коэффициента, который характеризуется отношением количества выпавших осадков, мм, за какой либо период (в нашем случае период, предшествующий уборке урожая) к средней температуре воздуха за тот же период. Установлено, что с возрастанием показателя гидротермического коэффициента повышается и средневзвешенная

влажность зерна, т.к. увеличение гидротермического коэффициента отражает увеличение суммы осадков при одновременном снижении средней температуры, т.е. уменьшение испаряемости влаги и, соответственно, возрастание количества влаги в зерне, поступающего с полей в период уборки урожая.

По данным Е. Д. Казакова, величина гидротермического коэффициента возрастает по мере продвижения от южных районов России к центральным, восточным и западным, что закономерно влияет на объемы заготовок влажного зерна, вызывает потребность в проведении своевременной его сушки.

В период уборки урожая в осенний период, с июля по сентябрь, в центральной зоне России выпадает в среднем 216 мм осадков, а в Поволжье почти вдвое меньше (119 мм), что, безусловно, создает в последнем благоприятные условия как для проведения уборочных работ без потерь урожая, так и для заготовки сухого (за редким исключением в отдельные годы) зерна и маслосемян.

Подтверждению этому может служить показатель среднемесячной относительной влажности воздуха в осенний период. В центральной зоне России среднемесячная относительная влажность воздуха в июле – сентябре составляет 76, в Поволжье 56 %.

Количество осадков и относительная влажность воздуха в осенний период в значительной мере определяют уборочную влажность зерна и маслосемян, влияют на характер послеуборочной обработки зернового вороха. К этому надо добавить и различия в сроках уборки зерновых и масличных культур. Если пшеница в Поволжье убирается в июле, то сроки уборки подсолнечника часто затягиваются до октября, что соответствует более низким температурам воздуха, повышенному, как правило, количеству осадков, плохой испаряемости, высокой относительной влажности воздуха и, как следствие, повышенной влажности поступающих из под комбайна семян.

В Поволжском регионе, по данным М. А. Голика, ежегодно в систему заготовок пшеницы с влажностью свыше ограничительной кондиции поступает 0,9%, а семян подсолнечника 27,0%.

Приведенные примеры показывают, что погодные условия периода уборки урожая, сроки и способы уборки (прямое комбайнирование или раздельная уборка)

оказывают существенное влияние на состояние зерна и семян, на их влажность, требуют незамедлительного ее снижения для приведения зерновых масс в стойкое в хранении состояние.

Скашивание хлебов в валки с последующей их подборкой и обмолотом является основным способом уборки урожая зерна, позволяющим получить зерно сухое или с невысоким содержанием влаги. Однако, на низкорослых посевах зерновых в сухие годы и при уборке урожая во влажный период применяют однофазный способ уборки – прямое комбайнирование, и зерновой ворох получается с повышенной влажностью и сорностью.

Исследования по выявлению влияния осадков в период уборки урожая зерновых на состояние по влажности свежесобранного урожая показали, что этот метеорологический фактор не полностью определяет фактическую влажность зерна, поступающего на ток. Нет четко выраженной зависимости между влажностью свежесобранного зерна и относительной влажностью воздуха, которая весьма существенно изменяется даже в пределах суток.

Однако некоторая зависимость влажности свежесобранной пшеницы от соотношения средней суммы осадков и температуры воздуха в период ее уборки, т. е. от гидротермического коэффициента все же прослеживается для всех регионов России (табл. 26).

Значения гидротермического коэффициента и влажности свежесобранного зерна пшеницы (по данным М. Г. Голика).

С увеличением гидротермического коэффициента периода массовой поставки зерна пшеницы резко возрастает средневзвешенная влажность зерна, увеличивается поступление сырого и влажного зерна, нуждающегося в немедленной сушке.

Количество содержащейся в зерне гигроскопической воды (свободной и связанной), выраженное в % к массе зерна, вместе с примесями получило название влажности зерна. Связи влаги зерна с химическими веществами и его анатомическими структурами различны. Академик П. А. Ребиндер предложил классификацию формы связей воды с сухими веществами зерновки. В ее основу положен энергетический принцип, когда связь влаги с зерном характеризуется величиной свободной энергии

изотермического обезвоживания – работой, необходимой для удаления 1 Моль воды при постоянной температуре без изменения состава вещества при данном влагосодержании.

Вода входит в состав зерна и имеет исключительное значение для жизненных процессов зерна. Вполне закономерно, что на состояние зерна, прохождение физиологических процессов, сохранность и процессы сушки решающее влияние оказывают форма и виды связи влаги с сухими веществами зерновки, распределение ее по отдельным тканям и анатомическим частям.

Согласно классификации П. А. Ребиндера, все формы связи влаги делят на 3 большие группы: химическая связь, физико химическая связь, физико механическая связь.

Химически связанная вода входит в состав молекулы в строго количественных соотношениях, например, в состав белков, углеводов, жиров и других органических веществ. Такую воду из зерна можно удалить химическим воздействием или прокаливанием, с разрушением структуры зерновки.

Физико химически связанная вода входит в состав зерновки в различных не строго определенных соотношениях и представлена адсорбционно связанной, осмотически поглощенной и структурной влагой. В зерновках физико химически связанная вода не принимает участия в химических реакциях, и все физиологические процессы при этом виде влаги в зерновке сведены к минимуму, микрофлора не развивается.

Из удерживающих веществ связанная вода может быть удалена путем высушивания.

Физико механически связанная вода размещается в микро– и макрокапиллярах зерна, легко удаляется при высушивании и в практике работы с зерном получила название свободной. Этот вид влаги попадает в капилляры зерновки из воздуха в виде пара и там конденсируется. Известно, что капилляры обладают значительной силой поверхностного натяжения, поэтому поверхностная влага втягивается в микрокапилляры.

В технологии хранения и сушки зерна и семян большое значение придают свободной и связанной влаге.

Под свободной понимают влагу, отличающуюся невысокой энергией связи с тканями зерна и легко из них удаляемую. При ее наличии наблюдается высокая интенсивность дыхания, возможно самосогревание и прорастание зерна, оно нестойко при хранении. Свободная влага в зерне капиллярно связанная и осмотически удерживаемая. При тепловой сушке ее можно удалить без нарушения молекулярной структуры зерна.

Под связанной понимают влагу с высокой энергией связи с тканями зерна, при наличии только ее в зерне все физиологические процессы приостанавливаются, зерно проявляет себя стойким в процессе хранения. Связанная вода в зерне является химически и адсорбционно связанной, при ее удалении структура тканей зерновки нарушается.

Связанная вода имеет ряд характерных особенностей. Сравнивая ее с капельно жидкой водой, отмечаем, что у нее более низкая температура замерзания (до 20 °C), меньшая теплоемкость, пониженная упругость пара и ряд других особенностей.

Влажность зерна определяется в лабораторных условиях стандартными методами и представляет собой процентное содержание физически связанной влаги с тканями зерна. Та влажность, ниже которой биохимические и физиологические процессы в зерне резко ослабляются, а выше – начинают бурно нарастать, получила название к р и – т и ч е с к о й. При такой влажности в зерне появляется свободная вода, т. е. вода, обладающая пониженной энергией связи и способная интенсифицировать ферментные процессы. Зерно основных хлебных культур пребывает в состоянии критической влажности при 15,5 % (см. табл. 8). У семян масличных культур в связи с высоким содержанием липидов критическая влажность у среднемасличного подсолнечника составляет 911 %, а у высокомасличного – 7–8 %. Значение показателя критической влажности во многом зависит от химического состава зерна. Для гороха, содержащего большое количество белка, критическая влажность достигает 15–16 %. Однако, если не учитывать содержание жира и провести расчет только на гидрофильную часть, то критическая влажность семян в этом случае будет вдвое выше и приблизится к 15 %. Такое же единство прослеживается при сопоставлении критической и равновесной влажности, наступающей в зерне при одинаковом значении парциального давления водяного пара в воздухе и над зерном.

Лабораторные исследования показали, что для большинства видов зерна сельскохозяйственных культур критическая влажность соответствует равновесной влажности зерна, установившейся при 75 % й относительной влажности воздуха.

Зная критический уровень влажности данной партии зерна и критическое значение влажности зерна для данной культуры, можно, сравнивая эти значения определить возможность хранения такой зерновой массы или необходимость проведения ее сушки.

Зерно и семена масличных культур, содержащих свободную воду в количестве ниже критического, считаются сухими, и они вполне пригодны для хранения.

Процесс сушки зерновых масс протекает в установленном режиме с учетом особенностей анатомического строения, термоустойчивости и других свойств зерна.

Рассматривая зерно как объект сушки, особое внимание следует обратить на то, что оно представляет собой коллоидно капиллярно пористое тело. Внутренние части зерна связаны с его плодовой оболочкой громадным количеством микро- и макрокапилляров, через которые они беспрепятственно пропускают водяной пар атмосферы и отдают его обратно. Весьма свободно пропускают пары влаги плодовые оболочки зерна пшеницы и ржи. Зерна овса, риса и ячменя сверху покрыты сильно одревесневшими цветковыми оболочками, затрудняющими перемещение влаги из атмосферы в зерно и обратно. При сушке эти цветковые оболочки создают препятствие для удаления из зерна влаги.

Зародыш зерновых культур состоит из живых клеток, чувствительных к температурному воздействию, и с этим приходится считаться при сушке зерна, используемого для посева.

Семенные оболочки, в отличие от плодовых, обладают слабой проницаемостью для газов и паров. В анатомическом строении зерновок большую роль при сушке играет щиток, обладающий большой «сосущей» силой и выполняющий для зародыша функцию корней. Основная масса влаги при сушке вследствие этого проходит непосредственно через щиток.

Семена подсолнечника по анатомическому строению, химическому составу и физическим свойствам значительно отличаются от зерновых. У них семена заключены в

плодовую оболочку – лузгу, обладающую высокой гигроскопичностью и обеспечивающую быстрое обезвоживание. При сушке подсолнечника воздушная полость, находящаяся между плодовой оболочкой и ядром, замедляет прогрев ядра.

Наличие воздушной прослойки и значительное содержание жира в семенах подсолнечника обуславливают пониженную скорость витания, по сравнению с зерновыми культурами. У пшеницы скорость витания 9,0–11,5 м/с, а у подсолнечника 4,0–8,0 м/с. Поэтому для подсолнечника скорость агента сушки во избежание выноса полноценных семян из коробов шахты и камеры нагрева устанавливается ниже, чем при сушке зерновых культур. Наличие в семенах подсолнечника большого количества жира и пониженное содержание гидрофильных коллоидов определяют невысокий уровень критической влажности (6–8 %). При этом у оболочки (лузги) подсолнечника равновесная влажность семян выше, чем у ядра.

Термоустойчивость зерна, его способность при нагреве сохранять качество в соответствии с назначением являются основополагающими факторами, определяющими режим сушки.

Термоустойчивость зерна разных культур и различного целевого использования значительно варьирует. Для зерна семенного назначения термоустойчивость связана с сохранением при сушке всхожести семян, а предельная температура нагрева семян не должна снижать посевные качества семян.

Зерно продовольственного назначения обладает более высокой термоустойчивостью и сушится при повышенной температуре нагрева.

У зерна бобовых культур термоустойчивость характеризуется целостностью оболочек и ядра и в целом значительно ниже показателя денатурации белка.

Гречиха как крупяная культура характеризуется термоустойчивостью по выходу ядрицы после шелушения зерна. Перегрев гречихи ведет к снижению выхода ядрицы и увеличению выхода продела и мучки.

У подсолнечника термоустойчивость семян определяется максимальной температурой нагрева семян, при которой содержание масличной примеси не увеличивается.

Тепловой сушке подвергают в первую очередь свежесобранную зерновую массу с повышенной влажностью. В ней содержатся зерна различной степени зрелости и разной влажности, поэтому они обладают неодинаковой термоустойчивостью. Стабилизировать термоустойчивость свежесобранной зерновой массы позволяет отделение мелких и щуплых зерен от основного зерна в процессе очистки зернового вороха.

В процессе сушки по-разному реагируют на нагревание органические и неорганические вещества зерна и семена масличных. Наибольшей термоустойчивостью обладает клетчатка, выдерживающая нагрев до 200 °С. К повышенным температурам довольно устойчивы жиры семян подсолнечника, однако при нагревании до 70 °С и выше качество семян и масла снижается. В него начинают переходить структурные липиды и продукты их гидролиза, окисления и полимеризации, и кислотное число масла в результате этого повышается.

Белок при температуре нагрева зерна выше допустимой подвергается денатурации. Водно-растворимые белки зародыша менее термоустойчивы, чем клейковинные белки эндосперма пшеницы. Вследствие этого при сушке семенного зерна используют более низкие температуры нагрева и снижают продолжительность выдержки. Менее зрелое зерно также имеет пониженную термоустойчивость по сравнению со спелым и прошедшим период послеуборочного дозревания.

На термоустойчивость зерна оказывает влияние его влажность. Всхожесть сырого зерна пшеницы, по данным В. П. Горячкина, полностью теряется уже при температуре 60–65 °С, в то время как нагрев семян влажностью 3 % в течение 20 мин, даже до 110–120 °С не снижает всхожесть семян.

Различие в термоустойчивости сухого и сырого зерна, как показали исследования И. И. Ленарского, основано на неодинаковой скорости тепловой денатурации белков, при повышении температуры на 10 °С или влажности на 3–4 % она возрастает в 2–4 раза.

Сушка зерна при повышенных температурах ускоряет процесс обезвоживания зерна, но в нем возникает деформация тканей, наблюдаются микрорастрескивания. Особенно наглядно это проявляется при сушке крупяных бобовых культур семенного назначения. Поэтому сушку семян бобовых и семенного зерна во избежание

растрескивания зерен и снижения всхожести посевного материала проводят при мягком режиме и минимальных перепадах влажности внутри зерна.

Оболочки имеют низкую влагопроводность, газо- и паропропускную способность. При сушке, особенно в жестком режиме с применением повышенных температур, высыхая, они еще больше снижают способность к влагопереносу. Вследствие этого под оболочками в прилегающей к ней частях эндосперма скапливаются образующиеся при сушке водяные пары. Так как их выход через оболочку затруднен, то возникает так называемое явление закала зерна, приводящее в отдельных случаях к разрыву оболочки и повреждению целостности эндосперма зерновки.

В процессе сушки, при оптимальной температуре нагрева зерна и с учетом его первоначальной влажности и назначения, технологические свойства зерна можно улучшить. Сушка зерна пшеницы с низким качеством клейковины позволяет при несколько повышенном нагреве зерна улучшить качество клейковины, повысить хлебопекарные свойства вырабатываемой из такого зерна муки. Если пшеница имеет крепкую клейковину, то ее сушат при более низких температурах, не допуская снижения активности ферментов, расщепляющих клейковину, т. к. это ведет к еще большему ее укреплению.

1.6. ПРОЦЕСС СУШКИ ЗЕРНА

Процесс сушки зерна заключается в том, чтобы довести тепло до высушенного зерна, извлекая из него влагу в виде пара и удаляя его в атмосферу.

Процесс сушки в основном состоит из взаимосвязанных теплофизических явлений, происходящих в следующем порядке:

- передача (передача) тепла от сушильного агента на поверхность подлежащего сушке материала;
- испарение влаги с поверхности зерна;
- передача тепла от поверхности зерна к ее внутренним слоям;

- перемещение влаги изнутри зерна на поверхность и одновременное непрерывное испарение влаги с поверхности.

Зерно, подлежащее отправке в сушилку, должно быть очищено для предотвращения неэффективного потребления тепла для сухих примесей и, прежде всего, для предотвращения нарушения нормального прохождения зерна в сушильной колонне. Наиболее опасными в этом отношении являются длинные примеси, которые могут привести к зависанию и высыханию зерна, что, в свою очередь, может привести к воспламенению зерна в шахте [2,3].

Минимальная чистота зерна, предназначенного для сушки, составляет 94%, а в кукурузе - 90%.

Содержание соломы в зерне не более 50 мм не должно превышать 0,2%. Влажность, при которой гарантируется правильный процесс сушки, не должна превышать 30% зерновых злаков и 40% кукурузных зерен.

Устойчивое состояние зерна при хранении обеспечивается, в первую очередь, сушкой. Лишь в том случае, когда из пищевого зерна или семян удалена свободная влага, продукция может оставаться в хорошем состоянии несколько месяцев. Ежегодно сушить зерно приходится даже в южных регионах.

Любая сушка зерна предполагает такие условия, при которых из него активно десорбируется (выделяется) вода и водяные пары. Все способы сушки разделяются на две группы:

- удаление из зерна воды без ее перехода в другое агрегатное состояние и без подведения тепла;
- сушка зерна с переходом в другое агрегатное состояние (из жидкости – в газ, пар), с подводом тепла.

Первую группу представляет, например, сорбционный способ. Влажное зерно перемешивается с материалами, хорошо поглощающими воду (силикагелем, опилками, сульфатом натрия) или же с более сухим зерном.

Это также сушка зерна без подведения тепла, о которой нужно рассказать подробнее. Она применяется, в основном, для бобовых культур, т.к. горох, соя, вика, фасоль имеют плотные семенные оболочки и очень плохо отдают воду во время обычной тепловой сушки. Нагревать бобовые нельзя, поскольку они растрескиваются. Поэтому для них был разработан специальный метод просушивания.

В качестве водопоглотителя при химической сушке используется сульфат натрия (Na_2SO_4) или природный минерал мирабилит. Порошок химического вещества смешивается с семенами в следующей пропорции:

- 1т. зерна – 60 кг. безводного порошка (при условии 20%-й влажности зерновой массы).
- Если влажность зерна составляет 25%, то порошка требуется в два раза больше – 120 кг, если 30% – то 180 кг.

Смешивание ведется на площадке под навесом. Нужно время от времени перемешивать зерно с порошком (3 или 4 раза в сутки). Когда зерно будет высушено, сорбент следует отделить на зерноочистительной технике. Отработанный порошок будет очень влажным (до 50%). Использовать его повторно можно только после обработки в сушилке или длительного высушивания на солнце. Поскольку этот способ трудоемок и дорог, он применяется редко.

Сушка зерна кондуктивным, или контактным, способом представляет собой простое соприкосновение зерновой массы с нагретой поверхностью. Этот способ имеет недостатки: расходуется много топлива, зерно высушивается неравномерно. В наши дни он применяется мало.

Влага при этом способе испаряется через поверхность зерна под действием солнечного тепла и ветра. Воздушно-солнечная сушка зерна будет тем эффективнее, чем тоньше зерновой слой. Для мелкосеменных культур предельная толщина составляет 8 – 10 см, для ячменя и пшеницы – 20 см.

У площадки для воздушно-солнечной сушки должно быть асфальтовое

покрытие. Если поверхность покрыта грунтом или бетоном, нужно изолировать площадку от зерна с помощью пленки и не допустить увлажнения от почвы. Рассыпается зерно, как правило, не равномерным слоем, а в виде гребней, направляемых с юга на север. Именно при таком расположении водяные пары будут испаряться интенсивнее всего. Важное условие сушки – перелопачивание массы раз в 2 – 3 часа, чтобы уже высохшие слои перемешивались с влажными, и внизу не образовывался конденсат.

Если сушка проводится не в один день, то на ночь зерно следует собрать в кучу, укрыть пленкой либо куском брезента. Когда воздушно-солнечная сушка зерна проводится по всем правилам, в день можно снизить влажность ячменя, овса, пшеницы на 3 – 4%. Чем зерно влажнее, тем скорее из него удаляется вода. Этот способ особенно часто применяется на юге России. Помимо собственно просушивания, он помогает избавить зерно от плесневых грибов и клещей.

При таком способе тепло передается зерновой массе посредством конвекции от подогретого воздуха или смеси воздуха с топочными газами. Воздух, помимо передачи тепла, поглощает из зерна влагу. Наиболее распространенная, благодаря своей производительности, сушилка такого типа – тепловая.

Слой зерна во время тепловой сушки может быть подвижным или находиться в неподвижном состоянии. Неподвижное состояние зерна используется в лотковых, жалюзийных, стеллажных, камерных сушилках. Температура агента сушки в этом случае составляет 35 – 40°C. Такие сушилки имеют низкий КПД, работают неравномерно. Шахтные, барабанные, рециркуляционные сушилки работают при подвижном состоянии зерна. В них сушка зерна происходит равномернее и быстрее.

Чтобы эффективно просушить зерно тепловым способом, нужно обеспечить одновременное поступление тепла и воздуха к зерновой массе.

Сушка продолжается только в том случае, если температура поверхности зерна выше, чем температура в сушильной камере. Тепло к зерну подводится с помощью прогретого воздуха. Воздух одновременно и поглощает воду, которая испарилась с поверхности, и отводит ее за пределы массы зерна. Поступая в сушильную камеру горячим и сухим, воздух выходит из нее влажным и охлажденным. Таким образом, тепловая сушка зерна производит обмен воды и обмен энергии. Чем выше влажность зерна, тем меньше требуется энергии для ее удаления. Когда зерно очень влажное (содержание воды от 20% и выше), испарение происходит очень легко. Наоборот, если влажность составляет 10% – 16%, довести зерно до сухого состояния становится сложнее.

1. Период прогрева, когда сушка зерна замедлена из-за его недостаточно высокой температуры.

2. Период стабильно высокой скорости сушки. На этом этапе испарение влаги с поверхности идет быстро, приток влаги из внутренних слоев зерновой массы еще не наблюдается. Скорость сушки будет зависеть от способности зерна к влагоотдаче, параметров воздуха: его влажности, температуры, скорости движения. Скорость будет тем выше, чем больше исходная влажность зерна.

3. Этап убывающей скорости сушки. Стартует с того момента, когда скорость испарения замедляется из-за притока влаги из центральной части зерна. Зерно отдает влагу не так быстро. Отработанный воздух выходит из сушилки недостаточно влажным. Температура зерна быстро увеличивается вначале с поверхности, затем изнутри. Возрастают затраты топлива. В конце концов, температура сушильной камеры и зерна сравниваются, процесс сушки прекращается.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

2.1. ВЫБОР ИСТОЧНИКОВ СВЕТА

Выбор источников света определяется технико-экономическими показателями и производится по рекомендациям ОСН-АПК 2.10.24.001-04 «Нормы освещения сельскохозяйственных предприятий, зданий и сооружений».

В соответствии с требованиями ОСН-АПК 2.10.24.001-04 для помещений производственного назначения принимаются газоразрядные лампы низкого давления.

2.2. ВЫБОР СИСТЕМЫ И ВИДА ОСВЕЩЕНИЯ

Для создания одинаковой освещенности во всех точках освещаемой поверхности применяют систему общего равномерного освещения. В случае необходимости создания большей освещенности на определенных участках помещения, например в помещениях, для хранения зерна используют систему общего локализованного освещения.

Для концентрации освещенности на рабочих местах (станках, стендах, щитах управления, рабочих машинах и т.д.) применяют систему комбинированного освещения, состоящую из местного и общего освещения. Систему комбинированного освещения применяют тогда, когда на рабочей поверхности необходимо создать освещенность 200 лк и более. При чем освещенность на рабочей поверхности от общего освещения должна составлять не менее 10% нормируемой для комбинированного освещения, но не менее 150 лк и не более 500 при люминесцентных лампах и 30 лк и 100 лк при лампах накаливания.

По рекомендациям ОСН-АПК 2.10.24.001-04 принимается система общего освещения с равномерным размещением светильников.

Вид освещения – рабочее освещение для выполнения основных технологических операций. Оно служит для создания нормированной освещенности во всех точках рабочей поверхности. В с/х помещениях из рабочего освещения выделяют 10% светильников на дежурное освещение.

2.3. ВЫБОР НОРМИРУЕМОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА

Нормируемую освещенность рабочих поверхностей можно определить по таблице, приведенной в ОСН-АПК 2.10.24.001-04, в зависимости от характеристики зрительных работ, наименьшего размера объекта различения, контраста объекта различения с фоном и характеристики фона. Для облегчения определения норм освещенности на основе ОСН-АПК 2.10.24.001-04 разработаны отраслевые нормы рабочего освещения производственных, административных, общественных и бытовых помещений, нормируемая освещенность по которым определяется в зависимости от технологического назначения помещений.

Уменьшение освещенности в расчетах установленной мощности источников учитывается коэффициентом запаса K_z , значение которого зависит от наличия пыли, дыма и копоти в рабочей зоне помещения, от конструкции светильников, типа источников света и периодичности чисток светильников. Значения коэффициентов запаса приведены в ОСН-АПК 2.10.24.001-04.

Отраслевые нормы освещения сельскохозяйственных предприятий, зданий и сооружений рекомендуют принимать коэффициент запаса для ламп накаливания 1,15, а для газоразрядных ламп – 1,3. При этом чистка светильников должна проводиться не реже 1 раза в 3 месяца. Результаты решений сведём в таблицу 2.2.

2.4. ВЫБОР ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Определяем категорию помещения №1 по условиям окружающей среды, и минимально допустимую степень защиты светильника. Из номенклатуры светильников выделяем те, которые удовлетворяют минимально допустимой степени защиты. Учитывая производственный характер помещения, оставляем светильники, имеющие прямой (П) или преимущественно прямой (Н) класс светораспределения и кривую силы света Г-1 и Д-1. Предварительно принимаем светильник ЛСП13-2×40 прямого светораспределения (П) с кривой силой света (Г) и степенью защиты IP20. Аналогично выбираем светильники для других помещений, и данные заносим в таблицу 2.1

Таблица 2.1 – Характеристика помещений

№ на плане	Наименование и размеры (длина × ширина × высота, м) помещений	Коэффициенты отражения	Характеристика поверхностей	
			Стен	потолка
1	Помещение для хранение зерна (17,2×38,6×10)	30,10,10	Чистая бетонная штукатурка, окрашенная известковой краской	Побеленный потолок
2	Комната персонала (4×4×3,17)	30,10,10	Чистая бетонная штукатурка, окрашенная известковой краской	Побеленный потолок
3	Санузел (3×4×3,17)	30,10,10	Чистая бетонная штукатурка, окрашенная известковой краской	Побеленный потолок
4	Ремонтно-мастерской (17,2×6,1×3,17)	30,10,10	Чистая бетонная штукатурка, окрашенная известковой краской	Побеленный потолок
5	Выгрузная яма (9×8×3)	30,10,10	Чистая бетонная штукатурка, окрашенная известковой краской	Побеленный потолок
6	Загрузочный транспортер (8×0,5×1,7)	30,10,10	Чистая бетонная штукатурка, окрашенная известковой краской	Побеленный потолок
7	Барабанная сушилка (3×3×1,6)	30,10,10	Чистая бетонная штукатурка, окрашенная известковой краской	Побеленный потолок
8	Выгрузная яма для высушенного зерна (8×4×3)	30,10,10	Чистая бетонная штукатурка, окрашенная известковой краской	Побеленный потолок
9	Загрузочный транспортер (5×0,5×3)	30,30,10	Чистая бетонная штукатурка, окрашенная известковой краской	Побеленный потолок

Таблица 2.2 – Результаты выбора светильника

№ по плану и наименование помещения	Категория среды	Е, лк	K _з	Плоскость нормирования	Система освещения	Минимально допустимая степень защиты	Вид освещения	Принятый светильник		
								Наименование, серия, тип	Тип КСС	Степень защиты
1. Помещение для хранения зерна	сухое	150	1.3	Пол	Общая равномерная во всех помещениях	IP20	Рабочее	ЛСП13-2×40	Г-1	IP20
2. Комната персонала	сухое	75	1.3	Пол		IP23	Рабочее	ЛВО03-2×40	Г-1	5'4
3. Санузел	сухое	100	1.3	Пол		IP20	Рабочее и дежурное	ПСХ-60М	Д-1	IP-54
4. Ремонтно-мастерской	сухое	50	1.3	Г-0.8		IP20	Рабочее и дежурное	НПО18-2х60	Г-1	5'4
5. Выгрузная яма	сухое	200	1.3	Г-0.8		IP20	Рабочее и дежурное	ЛСП13-2×40	Г-1	IP-20
6. Загрузочный транспортер	сухое	50	1.3	Пол		IP23	Рабочее	ЛСП13-2×40	Г-1	IP-20
7. Барабанная сушилка	сухое	50	1.3	Пол		IP20	Рабочее	ЛСП13-2×40	Г-1	IP-20
8. Выгрузная яма для высушенного зерна	сухое	100	1.3	Г-0.8		IP23	Рабочее	ЛСП13-2×40	Г-1	IP-20
9. Загрузочный транспортер	сухое	100	1.3	Пол		IP23	Рабочее	ЛСП13-2×40	Г-1	IP-20

2.5. РАЗМЕЩЕНИЕ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ В ОСВЕЩАЕМОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Размещение светильников при равномерном освещении производят по углам прямоугольника или вершинам ромба с учётом допуска к светильникам для обслуживания.

Требования к минимально допустимой высоте установки светильников изложены в ПУЭ и зависят от категории помещения по степени опасности поражения электрическим током, конструкции светильника, напряжения питания ламп [9,11].

2.6. РАСЧЁТ МОЩНОСТИ ИЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА СВЕТИЛЬНИКОВ, УСТАНОВЛИВАЕМЫХ В ПОМЕЩЕНИИ

Помещение №1. (Помещение для хранения зерна)

В зависимости от размеров светильника принимается высота свеса светильника $h_{\text{св}}=0.07$ м. Светильник подвешивается к потолку, на высоте 3.17 м.

Расчётная высота установки светильника:

$$H_p = H_o - h_{\text{св}} - h_p = 3.17 - 0.07 - 0 = 3.1 \text{ м.} \quad (2.1)$$

где H_o – высота помещения, м;

$h_{\text{св}}$ – высота свеса светильника (расстояние от светового центра светильника до перекрытия), определяемая с учётом размеров светильников и способа их установки, м;

Для светильника ЛСП13-2×40 $\lambda_c=0.8...1.2$ (табл.3.1)[25]. Принимаем $\lambda_c=1.15$.

Расстояние между рядами светильников и между светильниками в ряду.

$$L'_{AB} = \lambda_c \cdot H_p = 1.15 \cdot 3.1 = 3.56 \text{ м.} \quad (2.2)$$

Расстояние от стены до крайнего ряда и до крайнего светильника в ряду.

$$l_a = (0.3 \dots 0.5) \cdot L'_A = 0.5 \cdot 3.56 = 1.78 \text{ м.} \quad (2.3)$$

$$l_b = 0.5 \cdot L'_B = 0.5 \cdot 3.56 = 1.78 \text{ м.}$$

Число рядов:

$$N_b = \frac{B - 2 \cdot l_b}{L'_B} + 1 = \frac{17.2 - 2 \cdot 1.78}{3.56} + 1 = 4.8 \quad (2.4)$$

где B – ширина помещения, м;

Принимаем $N_b = 4$ рядов.

Число светильников в одном ряду

$$N_a = \frac{A - 2 \cdot l_a}{L'_a} + 1 = \frac{38.6 - 2 \cdot 1.78}{3.56} + 1 = 10.8 \quad (2.5)$$

Где A – длина помещения

Принимаем $N_a = 10$ светильников.

Общее число светильников

$$N_{\Sigma} = N_b \cdot N_a - 2 = 4 \cdot 10 - 2 = 38 \text{ шт} \quad (2.6)$$

Расстояние от стены до крайнего ряда $l_b = 1.78 \text{ м}$; $l_a = 1.78 \text{ м}$.

Действительное расстояние между рядами светильников

$$L_b = \frac{B - 2 \cdot l_b}{N_b - 1} = \frac{17.2 - 2 \cdot 1.78}{4.8 - 1} = 3.5 \text{ м.} \quad (2.7)$$

$$L_a = \frac{A - 2 \cdot l_a}{N_a} = \frac{38.6 - 2 \cdot 1.78}{10.8} = 3.2 \text{ м.} \quad (2.8)$$

Аналогично размещаем светильники и в других помещениях.

2.7. ТОЧЕЧНЫЙ МЕТОД РАСЧЁТА

Метод применяют при расчёте общего равномерного и локализованного освещения, местного освещения, освещения вертикальных и наклонных к горизонту плоскостей, наружного освещения. Последовательность расчёта следующая. На плане помещения помечают

контрольные точки – точки с минимальной освещённостью. Затем вычисляют значения условной освещённости в контрольных точках [10].

Выполняем светотехнический расчёт точечным методом для помещения №1.

1. По табл.2.2 определяем $E_n=150\text{лк}$, коэффициент запаса $K_3=1.3$. Расчётная высота установки светильников $H_p=3.1\text{ м}$.

2. Размещаем ряды светильников на плане помещения в соответствии с исходными данными и намечаем контрольную точку А (рисунок 2.1).

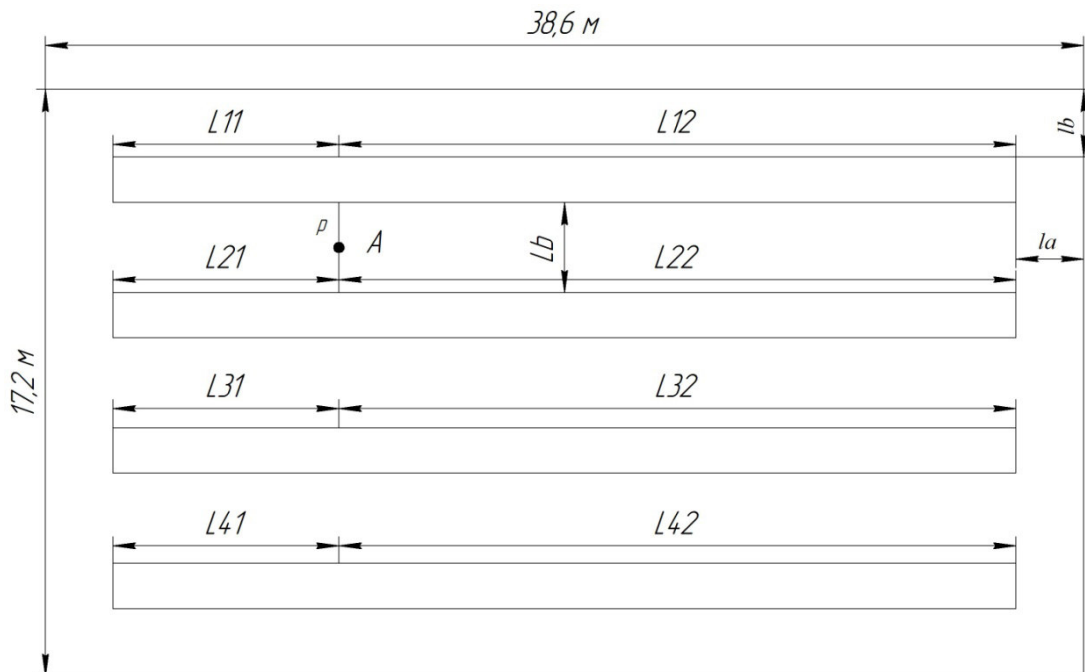


Рисунок 2.1 – План помещения №1.

3. Определяем длины полурядов и расстояние от контрольной точки до проекции рядов на рабочую поверхность (рисунок 2.1).

$$L_{11}=H_p=3.1\text{ м.}$$

$$L_{12} = A - 2l_a - L_{11} = 38.6 - 2 \cdot 1.78 - 3.1 = 31.9\text{ м.} \quad (2.9)$$

$$P_1 = L_b / 2 = 3,56 / 2 = 1.78\text{ м.}$$

4. Определяем приведённые размеры:

$$L'_{11} = \frac{L_{11}}{H_p} = \frac{3.1}{3.1} = 1\text{ м.} \quad (2.10)$$

$$L_{12} = \frac{L_{12}}{H_p} = \frac{31.9}{3.1} = 10.2 \text{ м}$$

$$P_1 = \frac{P_1}{H_p} = \frac{1.78}{2} = 0.89 \text{ м}$$

По линейным изолуксам для светильников с ЛЛ и КСС типа М определяем условную освещённость в контрольной точке:

$$\begin{aligned} E_{11}=70\text{лк} \quad E_{21}=70\text{лк} \quad E_{12}=30\text{лк} \quad E_{22}=30\text{лк} \quad E_{31}=25\text{лк} \quad E_{32}=20\text{лк} \\ E_{41}=18\text{лк} \quad E_{42}=15\text{лк} \quad \sum E = E_{11} + E_{12} + E_{21} + E_{22} + E_{31} + E_{32} + E_{41} \\ + E_{42} = 70 + 70 + 30 + 30 + 25 + 20 + 18 + 15 = 278 \text{ лк} \end{aligned} \quad (2.11)$$

5. Определяем расчётное значение линейной плотности светового потока

$$\Phi_p = \frac{1000 \cdot E_n \cdot K_3 \cdot H_p}{\mu \cdot \sum E} = \frac{1000 \cdot 150 \cdot 1.3 \cdot 3.1}{1.1 \cdot 278} = 1976.7 \text{ лм} \cdot \text{м}^{-1} \quad (2.12)$$

где E_n – нормированное значение освещённости рабочей поверхности, лк;

K_3 – коэффициент запаса;

μ – коэффициент добавочной освещённости, учитывающий воздействие «удалённых» светильников и отражённых световых потоков на освещаемую поверхность (принимается равным 1.1...1.2)[24];

6. Выбираем тип источника света в зависимости от характеристики зрительной работы – различие цветных объектов без контроля и сопоставления при освещённости 150 ... 300 лк. Принимаем лампу типа ЛБ и учитывая мощность светильника, окончательно – ЛБ – 40. По табл. 2.3 [25], поток лампы $\Phi_{\text{л}}=3200$ лм.

7. Количество светильников в светящемся ряду длиной

$$L_p = A - 2 \cdot l_a = 38.6 - 2 \cdot 1.78 = 35.04 \text{ м.} \quad (2.13)$$

$$N_1 = \frac{\Phi_p \cdot L_p}{n_c \cdot \Phi_{\text{л}}} = \frac{1976.7 \cdot 35.04}{2 \cdot 3200} = 10.8 \text{ шт.} \quad (2.14)$$

где n_c – число ламп в светильнике, шт.;

L_p – длина светящегося ряда, м

Принимаем $N_1=10$ светильников.

2.7 Составление светотехнической ведомости

После расчета всех помещений здания составляется светотехническая ведомость объекта. В ней сведены все данные, использовавшиеся для проектирования осветительной установки, а так же окончательные решения по выбору осветительных приборов и источников света. Светотехническая ведомость приведена в таблице 2.3.

Таблица 2.3- Светотехническая ведомость

№ п/п	Наименование помещения	Габариты (длина, ширина, высота)	Класс по условиям окружающей среды	Коэффициенты отражения, %	Вид освещения	Система освещения	Норма освещенности, лк	Поверхность, нормирования освещенности	Светильник		Лампы (тип и мощность в Вт)	Установленная мощность, Вт	Примечание
									Тип	Кол.			
1	Помещение для хранения зерна	17,2×38,6×3,17	сухое	30,10,10	Рабочее	Общая равномерная во всех помещениях	150	Г-0,0	ЛСП13-2×40	38	ЛБ-40	3040	
2	Комната персонала	4×4×3,17	сухое	30,10,10	Рабочее		75	Г-0,0	ЛВО03-2×40	1	ЛБ-40	80	
3	Санузел	3×4×3,17	сырое	30,10,10	Рабочее и дежурное		100	Г-0,0	ПСХ-60М	2	Б-60	400	
4	Ремонтно-мастерской	17,2×6,1×3,17	сырое	30,10,10	Рабочее и дежурное		50	Г-0,8	НПО18-2х60	6	Б-60	120	
5	Выгрузная яма	9×8×3	сухое	30,10,10	Рабочее и дежурное		200	Г-0,8	ЛСП13-2×40	5	ЛБ-40	80	
6	Загрузочный транспортер	8×0,5×1,7	сухое	30,10,10	Рабочее		50	Г-0,0	ЛСП13-2×40	1	ЛБ-40	80	
7	Барабанная сушилка	3×3×1,6	сухое	30,10,10	Рабочее		50	Г-0,0	ЛСП13-2×40	3	ЛБ-40	80	
8	Выгрузная яма для высушенного зерна	8×4×3	сухое	30,10,10	Рабочее		100	Г-0,8	ЛСП13-2×40	2	ЛБ-40	80	
9	Загрузочный транспортер	5×0,5×3	сухое	30,30,10	Рабочее		5	Г-0,0	ЛСП13-2×40	1	ЛБ-40	80	

3. КОНСТРУКТИВНАЯ ЧАСТЬ

3.1. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТЕМЫ

В различных отраслях народного хозяйства широко распространены процессы удаления жидкости с поверхности или из внутренних слоев различных материалов. В качестве удерживаемых материалами жидкостей может быть вода. Среди существующих способов сушки материалов особое место занимает тепловая сушка, при которой удаление влаги из материала происходит в основном путем испарения [22].

Под сушкой понимают совокупность термических и массообменных процессов у поверхности и внутри влажного материала, способствующих его обезвоживанию. Сушения зерна улучшает их качества и долговечности хранения.

Скорость протекания этих процессов, степень их завершенности зависит не только от способа подвода теплоты к материалу, но и от режима сушки.

Сушиллки обеспечивают интенсификацию тепло- и массообмена, однако к недостаткам их можно отнести следующее:

- не представляется возможным сушить гранулированные хрупкие материалы, т. к. они во время вращения барабана будут подниматься вверх и затем, падая вниз, разрушаться;
- ввод теплоносителя (горячего воздуха) по оси барабана не обеспечивает необходимый подвод теплоносителя под слой гранулированного продукта, что ведет к неоптимальным режимам сушки и повышенным расходам теплоносителя;
- сложная конструкция в изготовлении;

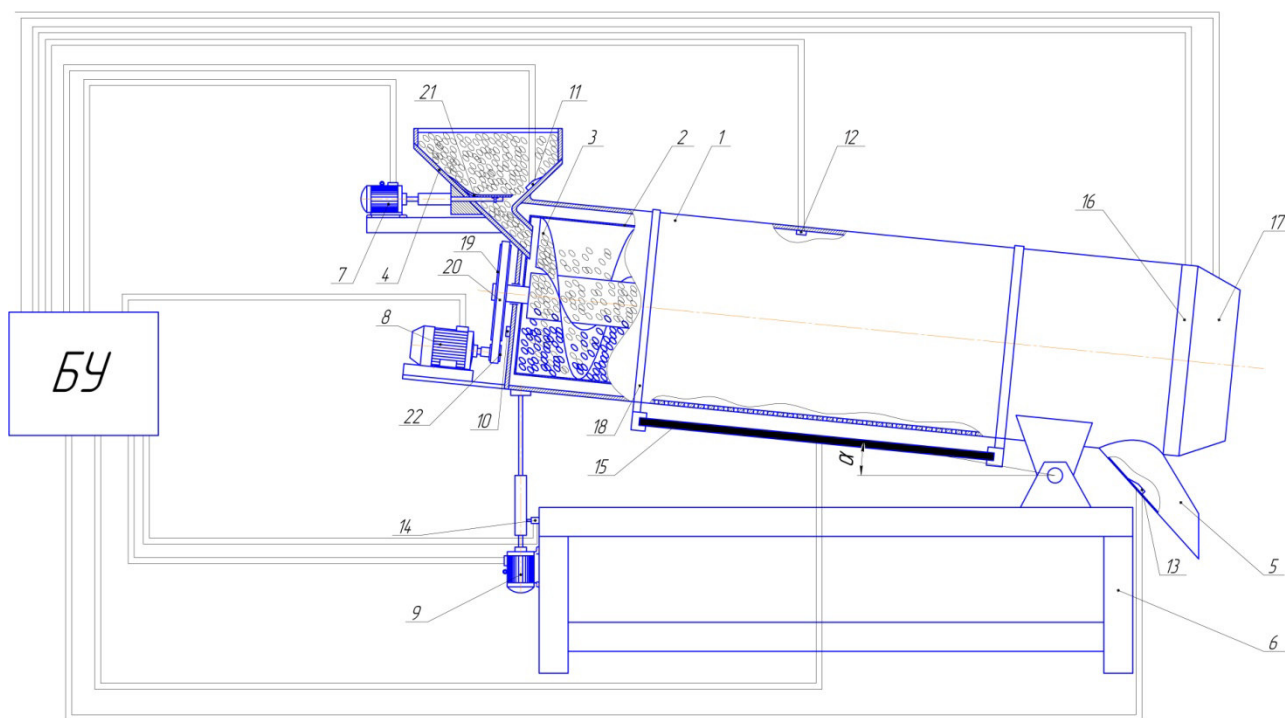
					ДИП ЭГ ОЗ ОЗ 150 10 АЕС ОО ОО О							
Из	Лист	№ докум	Подпи	Дат								
Дизайн	Мухаммад				Автоматизиров				Лит	Лист	Листов	
Проект	Исфигор									1	16	
И контр	Исфигор								Казанский ГАУ			
Утверд	Уалимилли											

- узкие технологические возможности;
- низкая производительность;
- нет полной автоматизации.

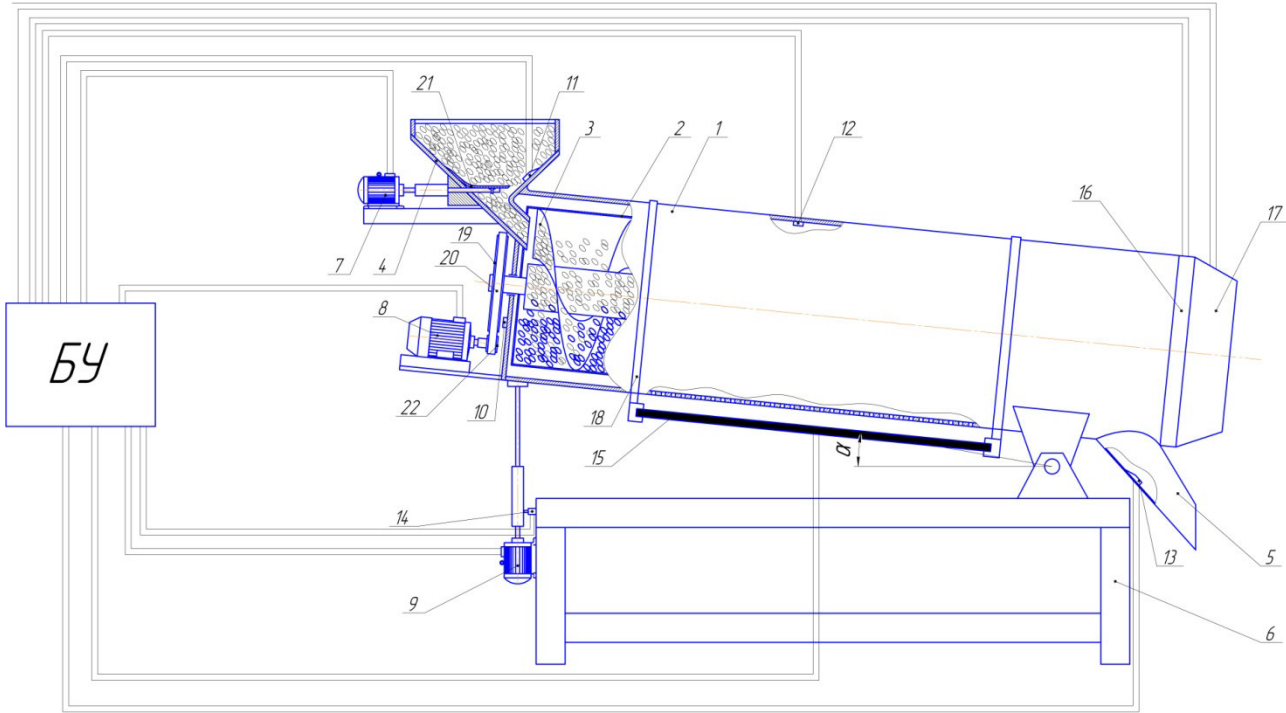
С этой целью было разработана автоматизированная барабанная сушилка.

3.2. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА

Барабанная сушилка предназначена для просушки зерновых культур и других сыпучих продуктов, который дает возможность, улучшить качество его обработки и хранения.



1 - корпус барабана; 2 - сетка цилиндрическая; 3 - шнек винтовой;
 4 - отсек загрузочный; 5 - отсек выгрузочный; 6 - стойка; 7,8,9 - электродвигатель;
 10 - датчик частоты вращения шнека; 11 - датчик влажности первичный;
 12 - датчик температуры; 13 - датчик влажности вторичный; 14 - датчик наклона барабана;
 15 - обогреватель; 16 - калорифер; 17 - вентилятор; 18 - хомут;

качество его обработки и хранения.				
				
1 - корпус барабана; 2 - сетка цилиндрическая; 3 - шнек винтовой; 4 - отсек загрузочный; 5 - отсек выгрузочный; 6 - стойка; 7,8,9 - электродвигатель; 10 - датчик частоты вращения шнека; 11 - датчик влажности первичный; 12 - датчик температуры; 13 - датчик влажности вторичный; 14 - датчик наклона барабана; 15 - обогреватель; 16 - калорифер; 17 - вентилятор; 18 - хомут;				
Инв. № подл.	Подпись и дата			
Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.			
Подпись и дата	Подпись и дата			
Лист	2			

ВКР.35.03.06.158.18.АБС.00.0

19 - шкив барабана; 20 - ремень клиновый зубчатый; 21 - заслонка резиновая;
22 - шкив электродвигателя;

БУ - блок управления установки; α - угол изменения барабана.

Рисунок 2.1 – Конструктивно-технологическая схема автоматизированной барабанной сушилки

Барабанная сушилка состоит из внутреннего сеточного барабана (2), который установлен на корпус барабана (1) с помощью шнека (3), зафиксированного на подшипниках, и корпуса, который установлен подвижно-наклонно относительно к стойке (6). В загрузочном бункере установлен первичный датчик влажности (11) и привод регулирования подачи зерна (21). С помощью ремня (20) барабан получает привод, от двигателя (8) установленный со стороны загрузочного бункера. Обороты барабана контролируется с помощью датчика частоты вращения шнека (10). Под корпус барабана установлен привод регулирования угла (9) наклона барабана, который регулируется с помощью датчика наклона барабана (14). Зерно сушиться с помощью обогревателя (15), который установлен под барабаном, и калорифера (16), который установлен в конце барабана. Датчик температуры (12) расположен внутри барабана, а вторичный датчик влажности (13) на выходе, поступающая информация из датчиков, обрабатывается в блок управления (БУ) и дает возможность контролировать температуру (12) и угол наклона барабана (14) в зависимости от влажности сыпучего материала.

3.3. ПРИНЦИП РАБОТЫ

Перед началом работы оператор включает блок управления и устанавливает температур, которая нужна для сушения зерна. Затем БУ дает команду на нагрев нагревательному элементу и калориферу. БУ определив, температуру внутри барабана с помощью датчика температуры барабан начинает крутиться и в тот же момент начинает поступать зерно в

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата					
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.35.03.06.158.18.АБС.00.0				
					Лист				
					3				

барабан. Нагретый барабан, вращаясь, сушит зерно, так же воздух дополнительно подается через калорифер. При выходе второй датчик влажности контролирует степень высушивания.

Данная установка позволяет уменьшить удельные затраты на обработку зерна, снизить количество травмированных при сушке зерен, увеличить производительность при обеспечении необходимой толщины высушиваемого зернового слоя [1, 4, 12].

При сушке материала в сушильных барабанах необходимо соблюдать следующие условия:

- равномерно должен поступать зерно. При чрезмерно быстром поступлении в барабан он выйдет из него недосушенным, а при недостаточном поступлении - пересушенным;
- обеспечить определённую скорость движения воздуха, которая не должна превышать 1,5-2,0 м/сек. При более высокой скорости повышается унос материала и возрастает пылеобразование.

3.4. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕД НАЧАЛОМ РАБОТЫ

1. Перед началом работы работник обязан надеть спецодежду, тщательно заправить ее, не допуская свисающих концов, волосы убрать под головной убор.

2. Ознакомиться у сменщика о работе всего технологического, транспортного, аспирационного оборудования, выявленных во время работы неисправностях и какие принимались меры по их устранению.

3. Произвести наружный осмотр помещения и оборудования.

4. Перед началом работы проверить:

- наличие ограждений и надежность их крепления в местах установки;
- исправность средств заземления;
- работу аспирационных сетей;

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.35.03.06.158.18.АБС.00.0					Лист
										4

- наружным осмотром исправность электроаппаратуры и проводов, средств сигнализации;
- не производится ли ремонт оборудования.

5. В случаях обнаружения неисправностей следует сообщить сменному мастеру и действовать по его указанию.

6. Перед пуском сушилки в работу обслуживающий персонал должен осмотреть и очистить от сора и пыли нагревательного элемента, воздухопроводы, вентиляторы, подъемно-транспортное и другое оборудование сушилки и проверить:

- исправность загрузочных и выпускных механизмов;
- состояние и готовность к работе норий, конвейеров и других транспортных механизмов;
- легкость вращения вала вентиляторов, отсутствие несвойственного шума и вибрации при его работе;
- наличие смазки в подшипниках и масла в редукторе;
- натяжение приводных ремней;
- плотность соединения воздухопроводов, диффузоров и прилегания крышек смотровых люков;
- исправность аспирационного оборудования;
- наличие и исправность первичных средств пожаротушения, пожарной сигнализации;
- наличие и исправное состояние ограждений, заземления электрооборудования.

7. Все механизмы сушилки до пуска в работу проверить на холостом ходу. Выявленные недостатки в ходе проверки необходимо устранить.

3.5. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата	Лист 5 ВКР.35.03.06.158.18.АБС.00.0					
						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

1. Запуск зерносушилок после длительной остановки перед началом сушильного сезона или после ремонта должен производиться в присутствии начальника цеха (участка).

2. При пуске барабанной зерносушилки работник должен включить в работу транспортное оборудование, заполнить зерном бункер, включить нагревательный элемент и калорифер.

3. Пуск сушилки можно начинать только после загрузки бункера зерном.

4. При обслуживании сушилки необходимо следить за исправностью оборудования, ограждений, решеток и других предохранительных приспособлений, обеспечивающих безопасные условия труда.

5. Пробы зерна из горячей камеры зерносушилки должны отбираться только при помощи специальных совков с деревянными ручками.

6. При работе нагревательного элемента нельзя прислоняться или касаться руками открытых горячих поверхностей корпуса барабанной сушилки.

7. Во время работы вентилятора запрещается открывать смотровые люки воздуховодов.

8. Во время работы сушилки надлежит постоянно следить за исправным состоянием выпускных механизмов и не допускать их засорения.

9. Тщательно следить за состоянием подшипников, вентиляторов и других механизмов и не допускать их перегрева. При обнаружении перегрева немедленно устранить его причины.

10. Электродвигатели, светильники, электропроводку очищать от горючей пыли не реже 1 раза в неделю.

11. Быть особо осторожными с переносными лампами при зачистке подсушильных и надсушильных бункеров. Переносные лампы должны быть на напряжение 36 В, защищены стеклянными герметичными колпаками и предохранительными решетками.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.35.03.06.158.18.АБС.00.0					Лист
										6

12. Устранение неполадок, завалов, подпоров зерна, а также ремонт и очистку оборудования зерносушилок, разрешается производить только после полного прекращения их работы и охлаждения.

13. При круглосуточной работе сушилки для поддержания оборудования сушилки в исправном состоянии организуется планово-предупредительный ремонт, который делится на текущий и капитальный.

14. Текущий ремонт проводится один раз в декаду во время остановки сушилки на зачистку. При текущем ремонте все оборудование должно быть подвергнуто ревизии и приведено в исправное состояние, для чего необходимо:

- освободить от зерна и очистить бункера;
- очистить от зерна и пыли воздуховоды, вентиляторы, работающие на всасывание.

15. Капитальный ремонт проводят до начала приема зерна нового урожая.

16. Оставлять работающие зерносушилки без присмотра запрещается.

3.6. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПО ОКОНЧАНИИ РАБОТЫ

1. Обо всех обнаруженных нарушениях техники безопасности сообщить сменному мастеру или начальнику цеха.

2. Сообщить сменщику о работе технологического оборудования, об обнаруженных неполадках и мерах предпринятых для их устранения.

3. По окончании смены зерносушильщик должен привести в порядок свое рабочее место и убрать спецодежду в гардероб.

4. Перед переодеванием в личную одежду принять гигиенический душ.

5. Оставаться в цеху или на территории комбината после окончания смены без ведома сменного мастера или начальника цеха не допускается.

3.7. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.35.03.06.158.18.АБС.00.0				
					Лист 7				

1. Аварии или несчастные случаи могут произойти в следующих случаях:

- повреждение, искрение, загорание электропроводки или электрооборудования;
- появление вибрации в оборудовании и трубопроводах;
- попадание в рабочую зону оборудования людей (захват частей тела или одежды).

2. При аварийной ситуации, когда требуется остановить технологический маршрут, необходимо обесточить его с помощью кнопки “СТОП”, сообщить начальнику цеха или сменному мастеру.

3. Последующий пуск производить после устранения всех неисправностей, очистки технологического, аспирационного и транспортного оборудования с разрешения начальника цеха или сменного мастера.

4. В случае обнаружения запаха подгоревшего зерна необходимо немедленно выключить подачу тока в нагревательный элемент и остановить вентиляторы, подающие теплоноситель в сушильную камеру, прекратить выпуск зерна из сушилки, подачу сырого зерна прекратить только в том случае, если сушилка загружена зерном. Выявить и устранить причины запаха подгоревшего зерна.

5. В случае загорания зерна в сушилке необходимо немедленно:

- сообщить о загорании в пожарную охрану предприятия;
- поставить в известность сменного мастера, начальника элеватора;
- выключить все вентиляторы и прекратить подачу тока в нагревательный элемент;
- прекратить подачу зерна из сушилки в элеватор или склад, не прекращая подачу сырого зерна в зерносушилку;
- установить выпускной механизм на максимальный выпуск зерна;

Инв. № подл.	Подпись и дата				Лист 8
	Взам. инв. № дубл.				
	Взам. инв. № подл.				
	Подпись и дата				
Изм Лист № докум. Подпись Дата ВКР.35.03.06.158.18.АБС.00.0					

- зерно из зерносушилки выпускать на пол, тлеющее зерно собирать в железные ящики или ведра и тщательно заливать водой;
6. Запрещается тушить водой тлеющее зерно в самой сушилке
 7. Повторный пуск сушилки разрешается только после выявления и устранения причин загорания.
 8. При травмировании или заболевании оказать первую доврачебную помощь пострадавшему или обратиться в медпункт, при необходимости вызвать скорую помощь по телефону 03.

3.8. ФИЗИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Физическая культура на производстве – важный фактор ускорения научно-технического прогресса и производительности труда. Основным средством физической культуры являются физические упражнения, направленные на совершенствование жизненно важных сторон индивидуума, способствуя развитию его двигательных качеств, умений и навыков, необходимых для профессиональной деятельности. С этой целью используются следующие способы и методы по развитию физических способностей:

- ударные дозированные движения в вынужденных позах;
- выработка вращательных движений пальцев и кистей рук;
- развитие статической и динамической выносливости мышц пальцев и кистей рук;
- развитие ручной ловкости, кожной и мышечно-суставной чувствительности, глазомера;
- развитие силы и статической выносливости позных мышц спины, живота и разгибателей бедра;
- развитие точности усилий мышцами плечевого пояса.

Инв. № подл.	Подпись и дата				Лист 9
	Взам. инв. № дубл.				
	Взам. инв. № подл.				
	Подпись и дата				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.35.03.06.158.18.АБС.00.0

Занятия по физической культуре на производстве должны включать различные виды спорта, благодаря которым сохраняется здоровье человека, его психическое благополучие и совершенствуются физические способности. Творческое использование физкультурно-спортивной деятельности в этих условиях направлено на достижение жизненно-важных и профессиональных целей индивидуума.

3.9. РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКЦИИ

Годовой экономический эффект от внедрения технологической линии сушки зерна создается за счет:

- снижения массы и стоимости конструкции;
- снижения требуемых рабочих мест;

В разработанной конструкции есть свои достоинства:

- автоматизированное регулирование подачи продукта;
- автоматизированное регулирование наклона барабана;
- автоматизированное регулирование температуры нагрева;
- автоматизированное регулирование оборотов барабана.

3.9.1. РАСЧЕТ ПРИВОДА

Определяем необходимое число оборотов барабана (*об/мин*):

$$n_{об} = \frac{4}{\sqrt{D_6}} \div \frac{8}{\sqrt{D_6}}, \quad (3.1)$$

где D_6 – наружный диаметр барабана, м.

$$n_{об} = \frac{4}{\sqrt{0,6}} \div \frac{8}{\sqrt{0,6}} = 0,5 \text{ об/мин.}$$

Необходимая мощность привода (*кВт*):

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата					
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.35.03.06.158.18.АБС.00.0				
					Лист 10				

$$N_{\Sigma} = 0,06 \times D_{\sigma}^3 \times L_{\sigma} \times n \times \sigma \times \rho_H, \quad (3.2)$$

где σ - коэффициент мощности, зависящий от типа насадки и коэффициента заполнения объема барабана ψ , при $\psi = 0,18$ для перевалочной системы $\sigma = 0,038$; L_{σ} - длина барабана; ρ_H - насыпная плотность высушиваемого материала; для кукурузы $\rho_H = 760 \text{ кг/м}^3$.

$$N_{\Sigma} = 0,13 \times 0,6^3 \times 2 \times 0,5 \times 0,038 \times 760 = 0,81 \text{ кВт};$$

С учетом КПД мощность двигателя составит:

$$N = 1,3 \times N_{\Sigma} = 1,3 \times 0,81 = 1,05 \text{ кВт};$$

Выбираем электродвигатель 2081 380 5АИР 90LB8 с синхронной частотой вращения 750 об/мин, мощностью 1,1 кВт.

Определяем общее передаточное число:

$$i = \frac{n_{об}}{4} = \frac{750}{4} = 187,5$$

где $n_{об}$ - число оборотов в минуту.

Принимаем передаточное число редуктора равным $i_p = 20$.

Определяем момент на валу двигателя ($H * м$):

$$T_1 = \frac{N}{\omega_1}, \quad (3.3)$$

Где ω_1 - угловая скорость на валу электродвигателя.

$$\omega_1 = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \times 750}{30} = 78,5 \text{ с}^{-1}$$

$$T_1 = \frac{5500}{78,5} = 70,06 \text{ Н * м};$$

Вращающий момент на выходном валу редуктора:

$$T_2 = T_1 \times i_p = 70,06 \times 20 = 1401,2 \text{ Н * м};$$

Выбираем редуктор цилиндрический Ц2-160 с номинальным вращающим моментом на выходном валу 2000 Н*м.

3.9.2. РАСЧЕТ МАССЫ И СТОИМОСТИ КОНСТРУКЦИИ

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата					
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.35.03.06.158.18.АБС.00.0				
					Лист 11				

Масса конструкции и стоимости конструкции определяется по формуле (кг):

$$G_1 = (G_k + G_p) \times K, \quad (3.4)$$

где G_k – масса сконструированных деталей и агрегатов, кг;

G_p – масса готовых деталей узлов и агрегатов, кг;

K – коэффициент, учитывающий массу расходуемых на изготовление конструкции, монтажных материалов (для расчетов применяется $K=1,05 \dots 1,15$).

Масса сконструированных узлов и деталей приведен в таблице.

Таблица 3.1 - Масса сконструированных узлов и деталей

№	Наименование	Объем, $см^3$	Плотность, $кг/см^3$	Масса детали, кг
1	Корпус	14400	$7,8 * 10^{-3}$	112,32
2	Барабан	6000	$7,8 * 10^{-3}$	46,8
3	Шнек	10250	$7,8 * 10^{-3}$	79,95
4	Шкив	1773	$7,8 * 10^{-3}$	13,83
5	Платформа	133200	$7,8 * 10^{-3}$	1038,96
6	Бункер	5280	$7,8 * 10^{-3}$	41,18
7	Итого	170903	$7,8 * 10^{-3}$	1333,05

Масса готовых деталей узлов и агрегатов складывается в общую массу конструкции:

$$G_{об} = G_{гот} + G_{прим} = 33 + 340 = 373 \text{ кг}$$

где $G_{гот}$ – масса готовых деталей узлов и агрегатов;

$G_{прим}$ – масса болтов и других примененных изделий;

Определяем балансовую стоимость конструкции (руб):

$$C_6 = \frac{M_{пр} C}{M}, \quad (3.5)$$

где $M_{пр}$ – масса проектируемой конструкции

C, M – соответствие балансовой стоимости и массы СЗСБ – 8А

$$C_6 = 1706,05 \times \frac{1447418}{8300} = 297514,15$$

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата					
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.35.03.06.158.18.АБС.00.0				
					Лист 12				

3.9.3. РСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ИХ СРАВНЕНИЕ С БАЗОВЫМ

Таблица 3.2 – Техничко-экономических показателей эффективности
конструкции

№		СЗСБ – 8А	Проект
1	Исполнение	газообразное, жидкое	Электронагре- ватель
2	Производительность, <i>т/ч</i>	8	2
3	Установленная электрическая мощность, <i>кВт</i>	28,2	3
4	Тарифная ставка, <i>руб.</i>	41,2	41,2
5	Годовая загрузка, <i>час.</i>	600	600
6	Норма затрат на ремонт и ТО, %	16,6	16,6
7	Габаритные размеры , <i>мм</i>	8300*10260* 7070	1600*2600* 750
8	Масса, <i>кг</i>	8300	1333,05
9	Балансовая стоимость, <i>руб.</i>	1 447 418	297514,15

Определение энергоемкости процесса (*кВт * ч/т*):

$$\mathfrak{D}_e = \frac{N_e}{W_q}, \quad (3.6)$$

где N_e – потребляемая мощность конструкции, *кВт*;

W_q - часовая производительность, *т/ч*.

Для удобства расчетов применим индекс “1” для исходной
конструкции и индекс “0” для проектируемой конструкции:

$$\mathfrak{D}_e^1 = \frac{28,2}{8} = 3,525 \text{ кВт} * \text{ч/т};$$

$$\mathfrak{D}_e^0 = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ кВт} * \text{ч/т};$$

Определяем фондоемкость процесса (*руб/т*):

$$F_e = \frac{C_6}{W_q T_{год}}, \quad (3.7)$$

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Изм.	Лист	ВКР.35.03.06.158.18.АБС.00.0	Лист
					Изм.	Лист		Лист
					Изм.	Лист		Лист
					Изм.	Лист		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				13

где C_6 – балансовая стоимость, руб/;

$T_{год}$ – годовая загрузка машины, час.

$$F_e^1 = \frac{1447418}{8 \times 600} = 301,55 \text{ руб/т};$$

$$F_e^1 = \frac{297514,15}{2 \times 600} = 247,93 \text{ руб/т};$$

Определяем себестоимость работ (руб/т):

$$S = C_{зп} + C_э + C_{рТО} + A, \quad (3.8)$$

где $C_{зп}$ – затраты на оплату труда, руб/т.

$$C_{зп} = Z \times T_e \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4, \quad (3.9)$$

где Z – тарифная ставка, руб/;

T_e – трудоемкость, чел/час/;

$K_1 \dots K_4$ – коэффициент.

Трудоемкость работ определится по формуле(чел * ч/т):

$$T_e = \Pi_p / W_{ч}, \quad (3.10)$$

где Π_p - число работающих, чел.

$$T_e^1 = \frac{5}{8} = 0,625 \text{ чел ч/т};$$

$$T_e^0 = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ чел ч/т};$$

$$C_{зп}^1 = 41,2 \times 0,625 \times 1,1 \times 1,1 \times 1,1 \times 1,4 = 47,98 \text{ руб/т};$$

$$C_{зп}^0 = 41,2 \times 0,5 \times 1,1 \times 1,1 \times 1,1 \times 1,4 = 38,4 \text{ руб/т};$$

Затраты на электроэнергию (руб/т):

$$C_э = Ц_э \times Э_э, \quad (3.11)$$

где $Ц_э$ - отпускная цена электроэнергии.

$$C_э^1 = 2,23 \times 3,525 = 7,86 \text{ руб/т};$$

$$C_э^0 = 2,23 \times 1,5 = 3,345 \text{ руб/т};$$

Затраты на ремонт и ТО конструкции (руб/т):

$$C_{рТО} = \frac{C_6 H_{рТО}}{100 W_{ч} T_{год}}, \quad (3.12)$$

где $H_{рТО}$ - суммарная норма затрат на ремонт и ТО.

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.35.03.06.158.18.АБС.00.0	Лист
											14

$$C_{\text{рТО}}^1 = \frac{1447418 \times 16,6}{100 \times 8 \times 600} = 50,06 \text{ руб/т};$$

$$C_{\text{рТО}}^0 = \frac{297514,15 \times 16,6}{100 \times 2 \times 600} = 41,16 \text{ руб/т};$$

Затраты на амортизацию определяем из выражения (руб/т):

$$A = \frac{C_{\text{б}} a}{100 W_{\text{ч}} T_{\text{год}}}, \quad (3.13)$$

где a – норма амортизации.

$$A^1 = \frac{1447418 \times 13}{100 \times 8 \times 600} = 39,2 \text{ руб/т};$$

$$A^0 = \frac{297514,15 \times 13}{100 \times 2 \times 600} = 32,2 \text{ руб/т};$$

Итого: $S^1 = 47,98 + 7,86 + 50,06 + 39,2 = 145,1 \text{ руб/т};$

$S^0 = 38,4 + 3,345 + 41,16 + 32,2 = 115,105 \text{ руб/т};$

Уровень приведенных затрат конструкции равен (руб/т):

$$C_{\text{прив}} = S + E_{\text{н}} \times F_{\text{е}}, \quad (3.14)$$

где $E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, равный 0,15.

$$C_{\text{прив}}^1 = 145,1 + 0,15 \times 301,55 = 190,33 \text{ руб/т};$$

$$C_{\text{прив}}^0 = 115,105 + 0,15 \times 247,93 = 152,29 \text{ руб/т};$$

Определяем годовую экономию в рублях по формуле (руб):

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (S^1 - S^0) W_{\text{ч}} \times T_{\text{год}}, \quad (3.15)$$

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (145,1 - 115,105) \times 2 \times 600 = 23994 \text{ руб.}$$

Определяем срок окупаемости капитальных дополнительных вложений:

$$T_{\text{ок}} = \left(\frac{C_{\text{б}}^1}{W_{\text{ч}}^1 T_{\text{год}}} - \frac{C_{\text{б}}^0}{W_{\text{ч}}^0 T_{\text{год}}} \right) \times \left(\frac{W_{\text{ч}}^1 T_{\text{год}}}{\mathcal{E}_{\text{год}}} \right), \quad (3.16)$$

$$T_{\text{ок}} = \left(\frac{1447418}{8 \times 600} - \frac{297514,15}{2 \times 600} \right) \times \left(\frac{8 \times 600}{23994} \right) = 10,72 \text{ лет};$$

Инв. № подл.	Подпись и дата				
	Взам. инв. № подл.				
	Взам. инв. № дубл.				
	Подпись и дата				
Итого: $S^1 = 47,98 + 7,86 + 50,06 + 39,2 = 145,1$ руб/т; $S^0 = 38,4 + 3,345 + 41,16 + 32,2 = 115,105$ руб/т; Уровень приведенных затрат конструкции равен (руб/т): $C_{\text{прив}} = S + E_{\text{н}} \times F_{\text{е}}, \tag{3.14}$ где $E_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, равный 0,15. $C_{\text{прив}}^1 = 145,1 + 0,15 \times 301,55 = 190,33$ руб/т; $C_{\text{прив}}^0 = 115,105 + 0,15 \times 247,93 = 152,29$ руб/т; Определяем годовую экономию в рублях по формуле (руб): $\mathcal{E}_{\text{год}} = (S^1 - S^0)W_{\text{ч}} \times T_{\text{год}}, \tag{3.15}$ $\mathcal{E}_{\text{год}} = (145,1 - 125,105) \times 2 \times 600 = 23994$ руб. Определяем срок окупаемости капитальных дополнительных вложений: $T_{\text{ок}} = \left(\frac{C_{\text{с}}^1}{W_{\text{ч}}^1 T_{\text{год}}} - \frac{C_{\text{с}}^0}{W_{\text{ч}}^0 T_{\text{год}}} \right) \times \left(\frac{W_{\text{ч}}^1 T_{\text{год}}}{\mathcal{E}_{\text{год}}} \right), \tag{3.16}$ $T_{\text{ок}} = \left(\frac{1447418}{8 \times 600} - \frac{297514,15}{2 \times 600} \right) \times \left(\frac{8 \times 600}{23994} \right) = 10,72$ лет;					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лист 15
ВКР.35.03.06.158.18.АБС.00.0					

Определяем коэффициент эффективности капитальных
дополнительных вложений:

$$E_{\text{эф}} = \frac{1}{T_{\text{ок}}}, \quad (3.17)$$

$$E_{\text{эф}} = \frac{1}{10,72} = 0,093$$

Данные расчетов представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Техничко-экономические показатели эффективности
конструкции.

№	Наименование показателей	Базовый	Проект
1	Часовая производительность, <i>м/ч</i>	8	2
2	Фондоемкость процесса, <i>руб/м</i>	301,55	247,93
3	Энергоемкость процесса, <i>кВт/м</i>	3,525	1,5
4	Затраты на оплату труда, <i>руб/ м</i>	47,98	38,4
5	Затраты на электроэнергию, <i>руб/ м</i>	7,86	3,345
6	Затраты на амортизацию, <i>руб/ м</i>	39,2	32,2
7	<i>Себестоимость работ, руб/ м</i>	145,1	115,105
8	Трудоемкость процесса, <i>чел*ч/м</i>	0,625	0,5
9	Уровень приведенных затрат конструкции, <i>руб/ м</i>	190,33	152,29
10	Годовая экономия, <i>тыс.руб</i>		23994
11	Срок окупаемости дополнительных капитальных вложений, <i>год</i>		10,72
12	Коэффициент эффективности капитальных вложений, <i>1/год</i>		0,093

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. № подл.	Взам. инв. № дубл.	Подпись и дата						
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.35.03.06.158.18.АБС.00.0					Лист
										16

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная лабораторная установка значительно снижает время на подготовку зерна к длительному хранению, уменьшает потери зерна во время сушки, а также позволяет в достаточно сжатые сроки и с минимальными потерями произвести процесс передачи зерна с сушилки на склад длительного хранения [10, 11].

Достоинствами разработанной лабораторной установки является:

- Автоматизированное регулирование подачи продукта;
- Автоматизированное регулирование наклона барабана;
- Автоматизированное регулирование температуры нагрева;
- Автоматизированное регулирование оборотов барабана;
- Снижение массы и стоимости конструкции;
- Снижение требуемых рабочих мест.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Манасян С.К. Численное моделирование стационарных режимов барабанной сушилки как объекта управления / Колесов Л.В., Коренькова Г.А., Раженков Е.Т., Манасян С.К. // Автоматические системы оптимального управления технологическими процессами: Труды ТПИ. – Тула, 1982 – С. 61 – 65.
2. Манасян С.К. Исследование процесса сушки зерна // Молодые ученые – науке Сибири: Сб. тр. мол. ученых. Вып. 1. – Краснояр. гос. аграр. ун–т. – Красноярск, 2005. – С.160 – 163.
3. Цугленок, Н.В. Новые технологии сушки и сепарации зерна / Цугленок Н.В., Манасян С.К. // Аграрная наука на рубеже веков: Материалы Регион. научн. конф. Краснояр. гос. аграр. ун–т. – Красноярск, 2006. – 272 с.
4. Манасян, С.К. Нелинейность: проблемы, модели, решения (на примере процесса сушки зерна) / Манасян С.К. // Вестник КрасГАУ №2, Краснояр. гос. аграр. ун–т. – Красноярск, 2004. – С. 54 – 58.
5. Манасян С.К. Техника и технология сушки зерна: Учебное пособие / Н.В. Цугленок, С.К. Манасян, Н.В. Демский. – Красноярск, 2007.–153 с.
6. Зиганшин, Б.Г. Разработка способа определения механических микроповреждений зерна / Б.Г. Зиганшин, Р.Р. Лукманов, А.В. Дмитриев, Д.Т. Халиуллин // Фундаментальные исследования. 2015. № 12-2. С. 264-267.
7. Зиганшин Б.Г., Лукманов Р.Р., Дмитриев А.В. Способ и техническое средство для определения механических микроповреждений зерна / Сборник научных трудов Всероссийского научно-исследовательского института овцеводства и козоводства. 2015. Т. 1. № 8. С. 719-721.

8. Лукманов Р.Р., Дмитриев А.В., Зиганшин Б.Г., Валиев А.Р., Сафин Р.И, Миникаев Р.В. Способ определения механических микроповреждений зерна // Патент России №2536061. 2014. Бюл. №35.
9. Кашапов И.И., Зиганшин Б.Г. Проблемы энергосбережения и энергоэффективности, перспективы развития // Mechanization in agriculture, Bulgaria, 2015. – 18 с.
10. Кашапов И.И., Зиганшин Б.Г., Корсаков Н.А., Валиев А.Р., Энергосберегающие технологии в АПК // Актуальные проблемы энергетики АПК, Саратов, 2015. С. 88-90.
11. Кашапов И.И., Зиганшин Б.Г., Повышение энергоэффективности предприятия // Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы, Казань, 2016.
12. Халиуллин Д.Т., Дмитриев А.В., Низамов Р.М. Применение пневмомеханических шелушителей при производстве очищенного шрота / Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы // Труды II международной научно-практической конференции. Научное издание. – Казань: Издательство Казанского ГАУ, 2017. С 85-89.
13. Ктн. Голубкович А.В., ктн. Чижииков А.Г., ктн. Машковцев М.Ф. «Технология и технические средства сушки высоковлажных семян зерновых культур». Киров, 1986 г.
14. Дбн. Критович В.Л., ктн. Гержой А.П., кнт. Птицын С.Д., кбн. Бундель А.А. «Руководство по сушке семенного зерна в зерносушилках». Москва, 1954 г.
15. Самочетов В.Ф., Джорогян Г.А., Никулин Е.И. «Техническая база хлебоприемных предприятий». Москва, 1978 г.
16. Доц. Эугениуш Д. «Послеуборочная обработка зерна». Познань, 1984 г.
17. А. Аккман, В. Берндт, В. Эккс и др. «Обработка и хранение зерна». Берлин, 1982 г.
18. А. Е. Баум. А. А. Резчиков. «Сушка зерна». Москва, 1983 г.

19. И. В. Захарченко. «Послеуборочная обработка семян в нечернозёмной зоне». Москва, 1983 г.
20. Ф. Д. Суханов. И. В. Артёмов и др. «Рекомендации по интенсивной технологии возделывания рапса». Липецк, 1987 г.
21. Л. Д. Комышник, А. П. Журавлёв, Ф. М. Хасанова. «Сушка и хранение семян подсолнечника». Москва, 1988 г.
22. В. И. Анискин. «Обоснование способа сушки селекционных семян и расчёт основных режимных параметров».
23. Б. А. Карпов. «Технология послеуборочной обработки и хранения зерна».
24. Лукманов Р.Р., Дмитриев А.В., Зиганшин Б.Г., Халиуллин Д.Т. «Методические указания для выполнения курсового проекта по дисциплине Светотехника и электротехнологии», Казань: Изд-во Казанского ГАУ, 2015.-52 с.