

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет
Институт механизации и технического сервиса
Направление 35.03.06 «Агроинженерия»
Профиль «Технические системы в агробизнесе»
Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
на соискание квалификации (степени) «бакалавр»

*Тема: Совершенствование технологии послепосевной
обработки семян подсолнечника с разработкой конструкции
сушилки*

Шифр ВКР. 35.03.06.266.20.

Студент группы Б252-01


подпись

Салыхов Р.Р.
Ф.И.О.

Руководитель к.т.н., доцент
ученое звание


подпись

Дмитриев А.В.
Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол № 12 от 17 мая 2020)

Зав. кафедрой к.т.н., доцент
ученое звание


подпись

Халиуллин Д.Т.
Ф.И.О.

Казань – 2020 г.

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет

Институт механизации и технического сервиса

Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

Направление 35.03.06 «Агроинженерия»

Профиль «Технические системы в агробизнесе»

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой

 /Халиуллин Д.Т./

« 27 » апреля 2020 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту Саяхову Рашату Рашифовичу

Тема ВКР Совершенствование технологии послеуборочной обработки семян подсолнечника с разработкой конструкции сушилки

утверждена приказом по вузу от «22» мая 2020г. № 167

2. Срок сдачи студентом законченной ВКР 17.06.2020

3. Исходные данные

1 Результаты научных работ,

2 Научно-техническая и справочная литература

4. Перечень подлежащих разработке вопросов:

1. Литературно-патентный анализ,

2. Технологическая часть,

3. Конструкторская часть.

5. Перечень графических материалов:

1. Анализ схем бункерных сушилок,
2. Технологическая схема обработки и сушки зерна,
3. Сушилка бункерная непрерывного действия,
4. Сборочный чертеж,
5. Чертежи нестандартных деталей.

6. Консультанты по ВКР

Раздел (подраздел)	Консультант
Экономическое обоснование	
Безопасность жизнедеятельности	
Экологическая безопасность	
Допуски и посадки	
Конструкторская часть	

7. Дата выдачи задания 27.04.2020

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения	Примечание
1	Литературно-патентный анализ	20.05.2020	
2	Технологическая часть	30.05.2020	
3	Конструкторская часть	15.06.2020	

Студент 252-01 группы Салыхов Р.Р.



Руководитель ВКР к.т.н., доцент Дмитриев А.В.



АННОТАЦИЯ

К выпускной квалификационной работе Салюкова Р.Р. на тему «Совершенствование технологии послеуборочной обработки семян подсолнечника с разработкой конструкции сушилки».

Работа состоит из пояснительной записки на 59 листах машинописного текста и графической части на 5 листах формата А1.

Пояснительная записка состоит из введения, трех разделов, выводов и включает 5 рисунков, 4 таблицы, 40 формул. Список использованной литературы содержит 14 наименований.

В первом разделе рассмотрены основы технологии послеуборочной обработки зерна, проведен анализ существующих сушильных установок.

Во втором разделе приведена предлагаемая технология обработки и сушки зерна, выполнен технологический расчёт, рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности и физической культуры на производстве.

В третьем разделе обоснована разрабатываемая сушильная установка, произведён конструктивный расчёт сушилки, технико-экономических показателей, а так же произведён расчёт молниезащиты зерносушильного пункта. Рассмотрены мероприятия по охране окружающей среды, проведён анализ и разработка мероприятий по защите окружающей среды и рекомендации по её улучшению.

Записка завершается выводами и предложениями для производства на основе своих разработок.

ABSTRACT

To the final qualifying work of R.R. Salyakhov on the topic "Improvement of post-harvest processing of sunflower seeds with the development of the dryer design".

The work consists of an explanatory note on 59 sheets of typewritten text and a graphic part on 5 sheets of A1 format.

The explanatory note consists of an introduction, three sections, conclusions and includes 5 figures, 4 tables, 40 formulas. The list of references contains 14 titles.

The first section describes the basics of post-harvest grain processing technology, the analysis of existing drying plants.

The second section presents the proposed technology of processing and drying of grain, technological calculation, considered the safety of life and physical culture in the workplace.

In the third section the developed drying installation is proved, the constructive calculation of the dryer, technical and economic indicators is made, and also the calculation of lightning protection of grain drying point is made. Environmental protection measures were considered, the analysis and development of measures to protect the environment and recommendations for its improvement were carried out.

The note concludes with conclusions and proposals for production based on its developments.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1 ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ АНАЛИЗ.....	8
1.1 Анализ базы послеуборочной обработки зерна.....	8
1.2 Анализ существующих сушильных установок.....	12
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	20
2.1 Технология обработки зерна.....	20
2.2 Технологические расчеты.....	22
2.3 Безопасность жизнедеятельности.....	27
2.4 Физическая культура на производстве.....	29
3 КОНСТРУКТОРСКАЯ РАЗРАБОТКА.....	30
3.1 Описание разрабатываемой сушильной установки.....	30
3.2 Конструктивный расчет сушилки.....	33
3.3 Расчет технико-экономических показателей конструкторской разработки.....	48
3.4 Расчет молниезащиты зерносушильного пункта.....	56
3.5 Экологическая безопасность.....	58
Выводы.....	63
Список использованной литературы.....	64
Спецификации.....	66

ВВЕДЕНИЕ

Самой важной отраслью сельского хозяйства является производство зерна и семян зерновых и зернобобовых культур, предназначенной обеспечить сельскохозяйственные предприятия семенами и фуражем, а население страны – продовольственным зерном и зерновыми продуктами.

Увеличение производства зерна неразрывно связано с необходимостью постоянного совершенствования техники и технологии сушки. При этом важно не только достаточное количество произведенной продукции, но и его качество, которое должно сохраняться на требуемом уровне в течение установленного срока хранения продукта. Получение требуемых значений качества материала достигается при послеуборочной обработке зерна на зерноочистительно-сушильных комплексах (ЗОСК). Наибольшее влияние на сохранение зерна оказывает его влажность, а на качество – его засоренность и химический состав. При возделывании зерновых и зернобобовых культур в климатических условиях средней полосы России сушка, как правило, является необходимой операцией при обработке свежесобранного зерна, так как влажность зерна в колосе при уборке колеблется от 10 до 50 процентов. Целью сушки зерна является снижение его относительной влажности до кондиционной, равной 14%, при такой влажности зерно длительное время сохраняет свои питательные вещества и не теряет всхожесть.

Современные ЗОСК представляют собой дорогостоящие крупногабаритные сооружения, имеющие малую производительность. В дипломном проекте предусматривается применение усовершенствованной сушилки с отделением вентилируемых бункеров с компактным расположением технологического оборудования и возможностью обработки зерна повышенной влажности. Это позволит увеличить производительность ЗОСК и уменьшить удельные энергетические затраты.

Целью конструкторской разработки является усовершенствование конструкции сушильной установки.

1 ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ АНАЛИЗ

1.1 Анализ базы послеуборочной обработки зерна

В сельскохозяйственных предприятиях в имеющихся зернокомплексах типа КЗС и КЗР, широкое распространение получили барабанные и шахтные сушилки М-819 и СЗШ-16, введенные в эксплуатацию еще до 1990-х годов. Имеются площадки временного хранения зерна и зерноочистительные машины типа ОВС-25.

Состояние комплексов по послеуборочной обработке зерна находятся в удовлетворительном состоянии. Недостатками комплексов является наличие завальных ям малой вместимости. Установка оборудования малой производительности и устаревших образцов. Ошибки при проектировании комплекса и некачественно выполненные монтажные работы.

В результате анализа баз послеуборочной обработки зерна необходимо провести следующие усовершенствования комплекса типа КЗР:

- построить дополнительную завальную яму, в которую будут загружаться зерно с открытой площадки, прошедшее предварительную очистку на передвижной машине ОВС-25;
- смонтировать дополнительное отделение вентилируемых бункеров ОБВ-160;
- установить в каждом отделении вентилируемых бункеров вместо двух однопоточных норий НЗП-10 одну двухпоточную 2НЗП-20;
- все нории на комплексе установить на нулевом уровне;
- поставить вместо машины НПО-50 машину предварительной очистки К-547А;
- применить четырехпоточные распределители и зернопроводы с меньшим коэффициентом трения.

Сушка зерна – наиболее сложная и ответственная операция в системе его послеуборочной обработки. Сушильное оборудование, как правило, лимитирует производительность зерноперерабатывающих предприятий. В то

же время правильное проведение сушки позволяет сохранить свежееубранное зерно, а так же улучшить его семенные и хлебопекарные качества путем ускорения послеуборочного дозревания и выравнивания зерновой массы по влажности и степени зрелости отдельных зерен.

Для сушки зерна и семян в сельском хозяйстве применяют пахотные, барабанные и специальные сушки, в которых в качестве сушильного агента используется смесь топочных газов с атмосферным воздухом или подогретый воздух.

В нашей стране широко используется сушка зерна в шахтных сушилках, на долю которых приходится до 80% действующих установок, имеющих производительность от 8 до 20 т/ч. Эти сушки компактны, просты в устройстве и обслуживании, имеют относительно небольшой расход теплоты и электроэнергии, но в то же время они имеют ряд недостатков. Это, прежде всего, замедленное движение зерна из боковых стенок шахты, что увеличивает неравномерность его сушки. На верхних гранях коробов движение зерна также замедленное, а короба нагреваются выше температуры максимально допустимой, вследствие чего, происходит нагрев, а следовательно, и снижение энергии прорастания зерна.

При поступлении зерна влажностью свыше 20% в шахтных сушилках приходится пропускать зерно два раза, так как за один проход в ней снижается не более 6% влаги. Это резко снижает производительность сушки и увеличивает объем работы. Имеют место застои зерна между коробами, если оно было плохо очищено. Последние являются причиной загорания зерновой массы.

Промышленность выпускает механизированные шахтные сушки СЗШ-16А, аналогичные сушкам СЗШ-16.

Сушки СЗШ-16А по сравнению с последними имеют более высокие показатели (таблица 1.1), производительность увеличена на 25%, удельная материалоемкость снижена на 11,7%, улучшены условия труда.

Наряду с шахтными в хозяйствах получили распространение барабанные зерносушилки (таблица 1.1). они имеют несколько повышенный удельный расход теплоты, но на них можно сушить зерно практически любой влажности и засоренности. При этом зерно, находящееся в барабане, хорошо обдувается теплоносителем, вследствие чего сушка ускоряется в два...три раза по сравнению с сушкой зерна, лежащего плотным слоем в шахтных сушилках. Однако снижение влажности при однократном пропуске зерна, лежащего плотным слоем через сушилку составляет не более 4...5%, поэтому при сушке зерна, имеющего высокую влажность, требуется также неоднократный пропуск через сушильную установку для доведения до требуемой кондиционной влажности.

Таблица 1.1 – Сравнительные показатели отечественных сушилок

Показатели	Сушилки		
	СЗШ-16А	Барабанные	
		СЗПБ-2,5	СЗПБ-8А
Производительность, т/ч	20	2,5	10
Установленная мощность, кВт	106,9	9,0	39,0
Удельный расход условного топлива, кг/т	13,0	17,2	14,0
Масса, т	16	4	9,5
Обслуживающий персонал	1	1	1

Также одним из существенных недостатков является неполное использование объема барабана (20...25%) [2]. Поэтому количество испаряемой влаги при температуре агента сушки 150...200 °С находится в пределах 30...40 кв/м³ в час, что меньше, чем в шахтных сушилках.

Барабанные сушилки высокой производительности громоздки и меллoемки. Для их установки требуется значительная площадь, где монтируется еще и охладитель зерна. По конструктивному исполнению и способу нагрева зерна были созданы четыре группы рециркуляционных сушилок: пневмогазовые, рециркуляционно-газовые, шахтные и рециркуляционно-изотермические. Они имеют высокую производительность, но им присущ ряд недостатков [1]. Это большой расход электроэнергии на пневмотранспортирование зерна в потоке теплоносителя, повышенное травмирование зерна и неравномерность сушки.

Анализ конструкций зарубежных сушильных установок позволяет отметить следующие их особенности.

Фирма «Law» (Франция) использует модульное построение сушилок с применением унифицированных единичных элементов. Фирма СО.КО.А (Франция) применяет различные приемы, обеспечивающие снижение расхода тепла до 5000...5200 кДж/кг испаренной влаги, а производимые ею сушилки относятся к категории энергосберегающего оборудования, представляющего собой вертикальные сушильные установки, предназначенные для сушки зерна, зерновых культур. Сушка протекает в двух диапазонах температур, а также с рециркуляцией и регенерацией окружающего воздуха и воздуха из нижней зоны сушилки.

Фирма «Law» (Франция) разработала систему очистки отработанного теплоносителя, позволяющего снизить концентрацию пыли до $2,5 \text{ мг/м}^3$ путем прекращения передачи теплоносителя в сушилку во время движения зерна при работе погрузочного аппарата, когда имеет место интенсивное пылевьделение.

Фирма «Law» также применяет дополнительное оборудование для предварительной очистки зерна, поступающего в сушилку, не только от легких примесей, но и от семян сорных растений. Между надсушильным бункером и камерой сушки устанавливается дополнительная унифицированная камера, через которую продувается холодный воздух для того, чтобы удалить из материала летучие компоненты.

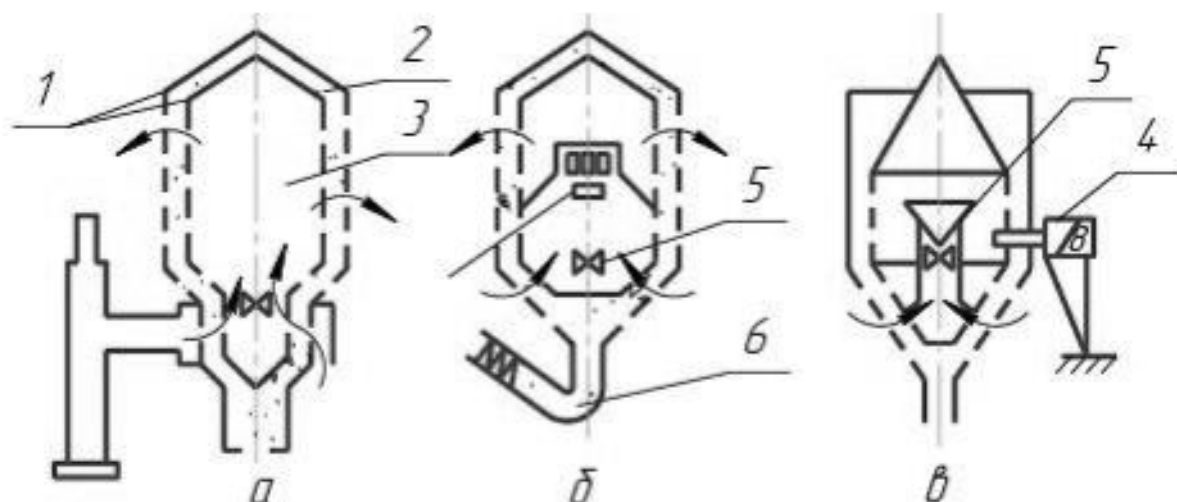
Все изложенные выше зерносушильные установки обладают высоким уровнем автоматизации. Это автоматическое регулирование загрузки и разгрузки, контроль температуры входящего и выходящего из зоны сушки теплоносителя и т.д. установлены датчики противопожарной безопасности для обнаружения чрезмерного повышения температуры.

1.2 Анализ существующих сушильных установок

На рисунках 1.1 а,б,в, 1.2 а,б,в представлены сушильные установки непрерывного действия. В установке типа «Торнадо» (рис. 1.1а) производства Германии теплоноситель поступает от теплогенератора в радиальную камеру, расположенную в нижней части сушильной установки, с внешней стороны цилиндра. Затем теплоноситель проходит зерновой слой, попадает во внутреннюю камеру сушки и выбрасывается вентилятором наружу, проходя вторично зерновой слой [1]. У данной установки много положительных качеств: реверсивная продувка зерна, что увеличивает равномерность сушки; зерновой слой по толщине выбран оптимальным, чем обеспечивается экономичность сушки.

Недостатком является то, что теплоноситель, проходя первый раз зерновой слой остывает и, проходя второй раз через зерно, не может принять много влаги, а лишь подогревает зерно. Отсутствие зоны охлаждения зерна также является одним из основных недостатков установки.

На рисунке 1.1, б представлена установка фирмы «Циммерман» (Германия). По устройству она аналогична установке «Торнадо», а отличается от нее тем, что источник теплоты расположен внутри нее. Это, по замыслу авторов, повышает экономичность установки [2].



1 – перфорированная стенка, 2 – зерновая масса, 3 – теплоноситель, 4 – источник теплоты, 5 – всасывающий вентилятор, 6 – выгрузное устройство.

→ - движение теплоносителя

Рисунок 1.1 – Схемы сушильных установок непрерывного действия бункерного типа: а) сушильная установка непрерывного действия «Торнадо»; б) сушильная установка непрерывного действия с источником тепла, расположенным внутри установки (производство фирмы «Циммерман»); в) сушильная установка непрерывного действия бункерного типа (Германия).

На рисунке 1.1в показана схема установки непрерывного действия бункерного типа, предназначенной для сушки зерна (изготовлена в Германии). От предыдущих установок отличается тем, что имеет охлаждающую камеру, при этом последняя использует тепло нагретого зерна и снижает потери теплоты (подогретый воздух подается внутрь бункера). Недостаток установки обуславливается тем, что у нее одностороннее пронизывание слоя зерна, поэтому происходит неравномерность сушки.

Фирма «Флект» (Финляндия) изготавливают стандартные сушилки в трех исполнениях (рис. 1.2а). В данных сушилках зерно обрабатывается более качественно и не зависит от размера обрабатываемой партии. Зерносушилка обладает хорошей экономией теплоты благодаря рециркуляции сушильного воздуха и возврату теплоты от зерна в зоне охлаждения. Помимо этого у нее

воздухонагреватели легко доступны для проверки и обслуживания, а зерно охлаждается до выгрузки из сушилки.

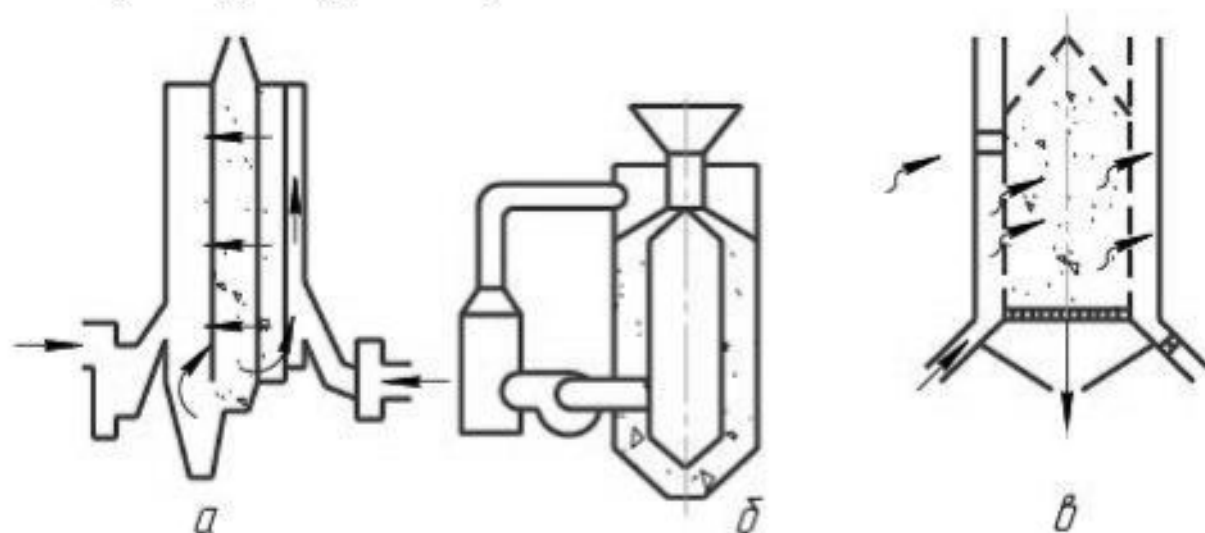


Рисунок 1.2 – Схемы сушильных установок непрерывного действия а) сушильная установка «FLAKT» (Финляндия), б) сушильная установка непрерывного действия бункерного типа (Великобритания), в) вентилируемый бункер – зерносушилка

Недостатком данной сушильной установки является невозможность обработки высоковлажных за один проход.

На рисунке 1.2б представлена сушильная установка, представляющая собой вертикальную кольцеобразную колонну. При сушке зерно пропускается через газовый поток, движущийся сверху вниз. Удаление высушенного зерна происходит из нижней части колонны, при этом в верхнюю часть добавляется свежее зерно. Вентилятор засасывает воздух снизу вверх и нагнетает его в нагреватель. Газообразные продукты сгорания, смешиваясь с воздухом, подаются в зерновую массу, находящуюся между двумя цилиндрическими кожухами. Однако при пропускании зернового материала в одном направлении не достигается равномерности сушки. Отсутствие камеры охлаждения зерна является одним из главных недостатков установки.

В вентиляционном бункере-сушилке (Германия) (рисунок 1.2в) в процессе обработки зернового материала достигается повышенная равномерность сушки путем реверсирования потока газа. Теплоноситель, пронизывая зерновой материал первой секции, производит подогрев зерна второй секции, тем самым достигается экономия теплоты. Однако в сушильной установке отсутствует охлаждающая камера.

Выпускаемая за рубежом сушильная техника имеет КПД 70...75%, высокую производительность, возможность использования альтернативных топлив.

Электронная система контроля и управления режимами сушки и применение обеспечивающих устройств позволяют значительно снизить затраты труда и облегчить работу оператора.

В большинстве сушилок в качестве источников энергии используют сжиженный газ, но топочные устройства могут быть перелажены на работу с жидким топливом. Отличительной особенностью многих сушильных установок, выпускаемых за рубежом, является возврат для сушки отработанного в сушильной зоне и полностью отработанного воздуха в зоне охлаждения для повторного использования, хорошая изоляция оборудования, снижающая потери теплоты.

Технические характеристики основных зерносушилок производства США приведены в таблице 1.2.

Зарубежные фирмы, разрабатывая новые конструкции зерносушилок, используют модульный принцип их построения. Это позволяет, изменяя число стандартных секций, собирать установки с широким диапазоном производительности.

Фирма «Bental» (Великобритания) выпускает новую модель сушильной установки типа MM непрерывного действия, производительность которой можно менять от 6 до 50 т/ч. На основе модульного принципа разработаны

модульные сушилки модели «Cimbga»(Дания), у которых, изменяя число стандартных секций, можно изменять производительность от 3 до 50 т/ч.

Таблица 1.2 – Технические характеристики сушильных установок (США)

Фирма	Тип	Количество моделей	Производительность, т/ч	Температура теплоносителя, °С	Расход воздуха, тыс. т/ч
America n	B-A/	8	1,67...10,6	82,5	10,6...68,0
Dryng System	C	9	6,35...25,5	105	-
		3	4,5...8,4	82,5	27,2...41,
	A/	7	6,7...55,5	93...105	5
Behlen	C	2	2,8...5,8	105	47,5...184
Butler	B	5	4,6...17,3	105...115	25,5...44,
	A/	7	2,8...100	110...77	0
Fann	C	10	4,4...310	110...77	-
Fans	B				27,8
	A/				35...21,4
	C				
	B				
	A/L				

B-A/C – с рециркуляцией зерна порционного или непрерывного действия, автоматизированная, B – бункерная порционная с рециркуляцией зерна, A/L – непрерывного действия, автоматизированная.

Промышленность выпускает мобильные сушилки двух типов: периодического и непрерывного действия. Сушилки периодического действия потребляют больше топлива при сушке одних и тех же объемов зерна, чем сушилки непрерывного действия.

Сушилки периодического действия

Сушилки периодического действия подразделяются на две группы: с рециркуляцией зерна и без нее. Первые получили большое распространение, так как нагрев зерна в них происходит более равномерно. Для автоматического управления и безопасной работы все типы сушилок имеют устройства, контролирующие работу нагревателей, системы охлаждения и транспортирования зерна.

Сушильным установкам непрерывного действия присуща более высокая производительность. Некоторые из них имеют три секции, каждая с отдельным режимом сушки. Две секции работают в режиме сушки, одна – в режиме охлаждения. В режиме сушки зерна могут работать все три секции, а его охлаждение проходит в вентилируемом бункере. В некоторых конструкциях теплота, выделяемая при охлаждении зерна, возвращается в камеру сушки.

Одна из ведущих фирм-производителей «OPICO» сконструировала сушилку, в которой применена запатентованная система «Asini», обеспечивающая полное сгорание топлива за счет точной дозировки воздуха. Такие агрегаты имеют небольшие затраты топлива – 4,5 литра на одну тонну зерна при снижении влажности на 5%. У модели «OPICO 3800A» автоматическая система управления позволяет работать без оператора.

Таким образом, зарубежные фирмы предлагают широкий выбор установок для послеуборочной обработки зерна. Широкое внедрение автоматических систем управления позволяет более качественно обработать урожай, снижать затраты труда, уменьшать затраты топлива. При этом основное внимание уделяется снижению энергозатрат при сушке зерна.

Анализ литературных источников показал, что наиболее эффективными являются сушилки непрерывного действия. В основном это шахтные сушилки. Одним из преимуществ зарубежных моделей перед отечественными является возможность возврата отработанного теплоносителя из зоны сушки и зоны

охлаждения для повторного использования что обеспечивает экономию топлива.

Широкое применение получили зарубежные бункерные сушилки трех типов: порционного действия, порционные с рециркуляцией зерна, непрерывного действия. В этих сушилках также имеется возможность использовать теплоту, получаемую при охлаждении зерна, чего нет в отечественной бункерной сушилке СБГС-5.

При всех существующих положительных и отрицательных факторах сушильные установки активного вентилирования являются достаточно экономичными, особенно бункерного типа. Совершенствуя ее устройство, можно достичь экономичной ускоренной сушки зерна.

На семяобработывающих предприятиях в последнее время широкое применение находят бункера для активного вентилирования зерна, которые по режиму работы и уровню механизации наиболее полно отвечают требованиям промышленной технологии. Они относительно просты в устройстве и не требуют больших капиталовложений, занимают небольшую площадь, имеют небольшую массу и не требуют больших затрат при монтаже.

Основной недостаток бункеров — нерациональное использование и распределение агента сушки в слое зерна. Давление агента сушки, создаваемое вентилятором, теряется от удара о запорный клапан. В этой зоне имеет место повышенное статическое давление сушильного агента, что приводит к интенсивной смене воздуха в межзерновом пространстве верхних слоев семенного материала, то есть создаются наилучшие условия для их сушки. В нижних слоях давление сушильного агента слабое и продуваемость семян менее интенсивная. Внутренние слои, прилегающие к центральной трубе, смываются сушильным агентом более интенсивно, чем наружные. В промежутке между внутренними и наружными слоями семенной массы вследствие малого давления воздушный поток, пройдя вблизи воздухораспределительного канала и увлажнившись от подсушиваемых семян, охлаждается и в свою очередь отдает

влагу последующим слоям зерна. Здесь нередко происходит ее конденсация, и она увлажняет семенную массу внешних слоев. В результате сушка высоковлажных в бункерах с центральной воздухораспределительной трубой длится настолько долго, что семена в наружных слоях могут прорасти и заплесневеть. Поэтому бункера находят широкое применение, как резервные емкости для временной передержки семенного материала и как резервуар для хранения семян. В период уборки зерновых их часто используют и для сушки, но лишь в тех случаях, когда зерно, поступающее от комбайнов, имеет влажность 18...19%.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Технология обработки зерна

Поступающее зерно с поля обрабатывается по двум технологическим схемам. По первой схеме предусмотрены следующие технологические операции: предварительная очистка, сушка и последующая очистка зерна, а по второй – предварительная очистка, активное вентилирование, хранение зерна, затем сушка и последующая очистка зерна.

Зерновой ворох транспортные средства разгружают в приемное отделение 1 с аэрожелобами вместимостью 100 т (рисунок 2.1). Воздух вентиляторами подает по аэрожелобам зерновой ворох на загрузочную норию 2НЗП-20. Эта нория направляет ворох зерна на машину предварительной очистки 5. Зерно, прошедшее предварительную очистку подается на норию 13, которая загружает бункера 17 активного вентилирования и подает зерно на норию 14 для загрузки сушиллки СБНД-10 20. Отходы от машины предварительной очистки 5 поступают в бункер отходов 8 и по мере накопления вывозятся автотранспортом.

В случае необходимости сушки зерна после предварительной очистки оно поступает в бункера отделения временного хранения и последовательность обработки следующая. Зерно на сушку поступает из бункера активного вентилирования 17 на норию 11, которая перегружает зерно на норию 14. Последняя нория загружает сушилку СБНД-10. После сушки, если зерно некондиционной влажности, оно направляется в норию 11, которая загружает бункера 17. После окончания сушки зерно через норию 10 поступает на машину первичной очистки зерна 4. Затем зерно через норию направляется на подработку в ячеистый триер 3. Полностью очищенное зерно поступает в бункер чистого зерна 6. Отходы от машины первичной обработки поступают в бункер отходов 8 и бункер фуража 7. Отходы от машины вторичной очистки поступают в бункер фуража 7 и по мере накопления вывозятся транспортом.

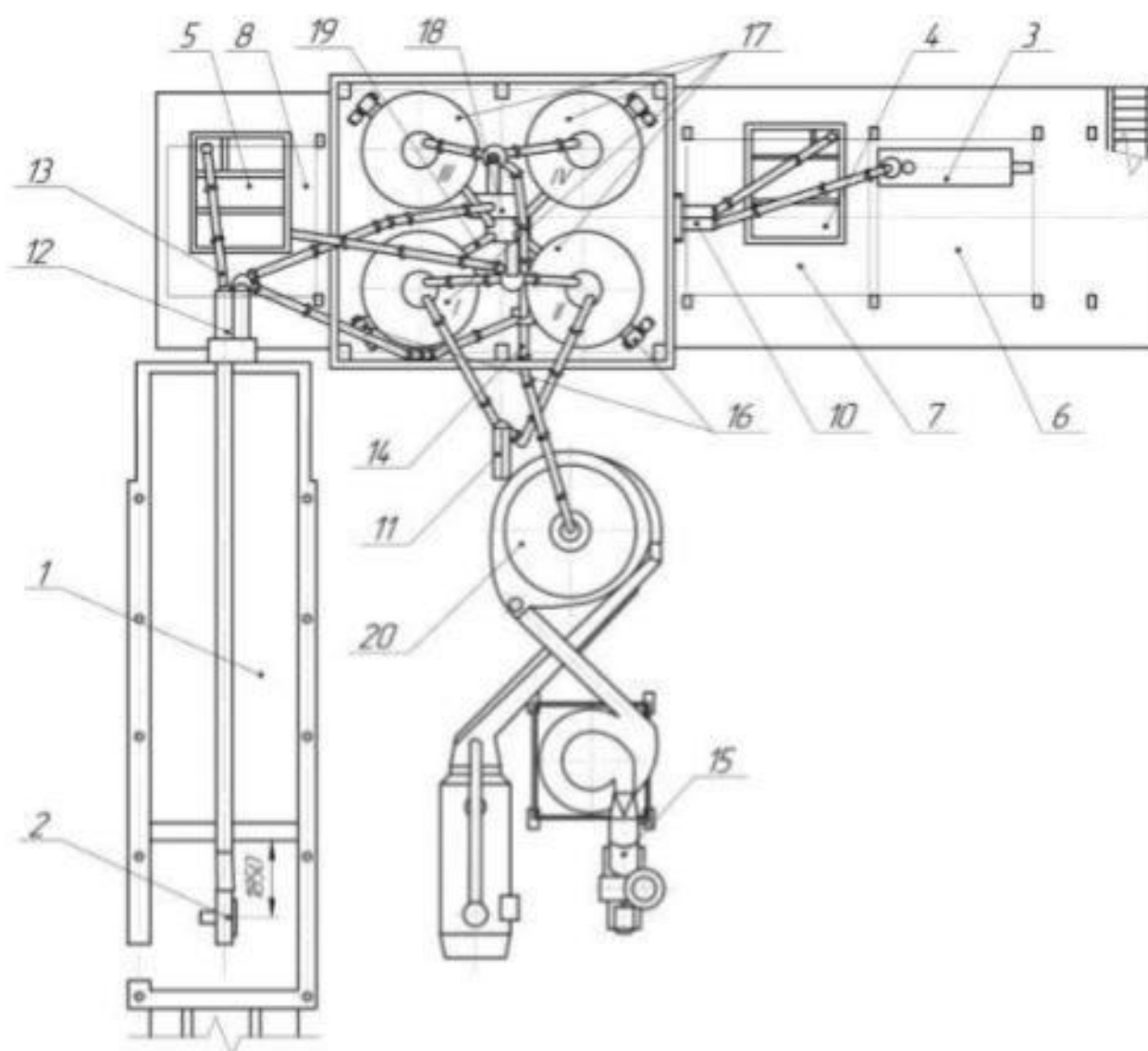


Рисунок 2.1 – Технологическая схема предлагаемого зерносушильного комплекса

Если влажность зерна не велика и высушить его можно за один проход, то можно применить следующую схему. Зерновой ворох после предварительной очистки перегружается норией 13 на норию 14 и далее в сушилку 20. Сухое зерно через норию 11, зернопровод и норию 10 идет на первичную и вторичную очистку и далее как сказано выше.

2.2 Технологические расчеты

2.2.1 Исходные данные

Соотношение зерновых культур:

Подсолнечник	5,3%,
Ячмень	28,7%,
Овес	7,8%,
Пшеница	34,7%,
Озимая пшеница	23,5%,

Характеристика сырья:

Влажность	22%,
Засоренность	15%,

Выход готовой продукции:

Семян	60%,
Продовольственное зерно	70%,
Фуражное зерно	80%

Динамика поступления зерна

Коэффициент суточной неравномерности поступления сырья, $K_2=1,4$,

Коэффициент часовой неравномерности поступления сырья, $K_4=1,5$,

Общее количество поступающего сырья $A=2000$ т,

Продолжительность уборочного периода, $n_y=20$ сут,

Продолжительность поступления вороха, $t=10$ ч.

2.2.2 Расчет основных показателей

Из условия, что на обработку поступает одна культура, принимаем одну технологическую линию.

Максимальное суточное поступление вороха на линию определяем по формуле

$$A_c = \frac{A \cdot K_c}{n_y}, \quad (2.1)$$

где A -общее количество поступающего за сезон сырья т.;

K_c -коэффициент суточной неравномерности поступления сырья,

n_y - продолжительность уборочного периода, дней.

Подставив принятые значения в формулу (3.1) получаем

$$A_c = \frac{2000 \cdot 1,4}{20} = 140 \text{ т/сутки.}$$

Максимальное часовое поступление вороха на линию приема вычислим по формуле

$$A_h = \frac{A \cdot K_c \cdot K_h}{n_h \cdot t}, \quad (2.2)$$

где K_h - коэффициент часовой неравномерности поступления сырья;

t -продолжительность поступления сырья

Подставив известные значения в формулу получим

$$A_h = \frac{2000 \cdot 1,4 \cdot 1,5}{20 \cdot 10} = 21 \text{ т/ч.}$$

2.2.3 Расчет отделения предварительной очистки

Для расчета часовой производительности линии отделения предварительной очистки используем формулу

$$Q_{по} = \frac{A \cdot K_c \cdot K_h}{n_h \cdot t \cdot \gamma \cdot K_3 \cdot K_k}, \quad (2.3)$$

где γ -средневзвешенный коэффициент использования рабочего времени машины при обработке семенного материала, $\gamma=0,9$;

K_3 –коэффициент эквивалентной производительности, учитывающий обрабатываемую культуру, $K_3=0,8$ [15]

K_k - коэффициент, понижающий паспортную производительность зерноочистительной машины в зависимости от состояния поступающего зерна

Коэффициент K_k определяем по формуле

$$K_k = 1 - 0,05(W - W_n) - 0,02(S - S_n), \quad (2.4)$$

где 0,05 - снижение производительности машины при отклонении влажности от средневзвешенной на 1%;

W_n - средневзвешенная влажность, %;

0,02 - снижение производительности машины при отклонении засоренности от средневзвешенной на 1%;

S_n - средневзвешенная засоренность, %;

Для машины предварительной очистки принимаем $W_n = 20\%$, $S_n = 15\%$ [15].

Подставив известные значения в формулу получим

$$K_k = 1 - 0,05(22 - 20) - 0,02(15 - 15) = 0,9.$$

Тогда по формуле (2.3) получим

$$Q_{по} = \frac{2000 \cdot 1,4 \cdot 1,5}{20 \cdot 10 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,9} = 32,5 \text{ т/ч}.$$

2.2.4 Расчет производительности отделения сушки

Производительность отделения сушки определяем по формуле

$$Q_{зс} = \frac{A \cdot (1 - K_1) \cdot K_{пр} \cdot 1,2}{n_y \cdot t_2 \cdot K \cdot K_u}, \quad (2.5)$$

где K_1 - средневзвешенный коэффициент, учитывающий количество отходов, удаленных при предварительной очистке;

$K_{пр}$ - коэффициент перевода массы просушенного зерна из физических в плановые тонны;

1,2 - коэффициент запаса;

t_2 - расчетное время работы зерносушилки, ч,

K - коэффициент, учитывающий вид культуры,

$K_{ц}$ - коэффициент, учитывающий целевое назначение семян.

Коэффициент K_1 находим по формуле

$$K_1 = \frac{a_c \cdot a_s}{100}, \quad (2.6)$$

где a_c - содержание удаленных примесей от общей массы вороха, $a_c=15\%$;

a_s - снижение влажности за счет удаления влажной примеси, $a_s=1,5\%$

[15].

$$K_1 = \frac{15 \cdot 1,5}{100} = 0,165.$$

Коэффициенты $K_{п.т}=1,75$, $t_2=20$ ч, $K=K_s$, $K_{ц}=0,6$ [15].

Подставив известные значения в формулу (3.5), получим

$$Q_{зс} = \frac{2000 \cdot (1 - 0,165) \cdot 1,75 \cdot 1,2}{20 \cdot 20 \cdot 0,8 \cdot 0,6} = 18 \text{ пл. т/ч.}$$

$$Q_{с} = \frac{18}{1,75} = 10,2 \text{ физ. т/ч.}$$

3.2.5 Расчет числа бункеров

Число бункеров рассчитываем по формуле

$$n_b = \frac{A}{n_s \cdot B}, \quad (2.7)$$

где B - паспортная вместимость бункера $B=40$.

Тогда получаем

$$n_b = \frac{2000}{20 \cdot 40} = 3,4.$$

Принимаем целое число бункеров $n_b=4$.

2.2.6 Расчет линии очистки

Часовую производительность линии очистки рассчитываем по формуле

$$Q_o = \frac{A \cdot X \cdot 1,2}{n_s \cdot n \cdot t_s \cdot \gamma \cdot K_s}, \quad (2.8)$$

где X - коэффициент, учитывающий отходы на предыдущих этапах обработки зерна;

n - количество рабочих смен в сутки;

t_s - продолжительность смены, ч.

Коэффициент X определяем по формуле

$$X = 1 - \frac{K_1' + K_2}{100}, \quad (2.9)$$

где K_1' , K_2 - соответственно отходы сорной, зерновой примеси и усушка в процессе обработки зерна.

Принимая $K_1' = 0,165$; $K_2 = 0,13$; $n = 2$; $t_s = 10$ ч согласно источника [15] и подставляя в формулу, имеем

$$X = 1 - \frac{0,165 + 0,13}{100} = 0,997.$$

Тогда по формуле (2.8) получаем

$$Q_o = \frac{2000 \cdot 0,997 \cdot 1,2}{20 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 0,9 \cdot 0,8} = 11,7 \text{ т/ч}.$$

По результатам расчетов делаем вывод, что выбранное количество оборудования для ЗОСК достаточно и будет использоваться с максимальной производительностью. Марки оборудования представлены на месте 3 графической части.

2.3 Безопасность жизнедеятельности

Безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда обеспечиваются системой законодательных, социально-экономических, санитарно-гигиенических и организационных мероприятий, называемых охраной труда.

Проблема обеспечения безопасности труда сейчас еще более актуальна. Нерешаемость данной проблемы с переходом к рыночным отношениям еще обострилась, так как в 90-х годах происходило сокращение инженерного корпуса, системы службы охраны труда специалистов, профсоюзных контролирующих органов. Следовательно, условия труда в сельском хозяйстве, уровень безопасности нуждается в совершенствовании.

Для снижения уровня травматизма на зерноочистительно-сушильном пункте необходимо провести следующие организационные мероприятия.

- 1) Регулярно организовывать и проводить мероприятия по 32-часовой программе обучения и инструктажа рабочих.
- 2) Разработать по всем видам работ правила безопасности на рабочих местах.
- 3) Контроль за выполнением правил и норм охраны труда возложить на инженера по охране труда.

К техническим мероприятиям относятся

- 1) Все вращающиеся части и другие опасные зоны должны иметь ограждения, окрашенные в красный цвет.
- 2) Перед пуском оборудования должен подаваться звуковой сигнал.
- 3) Электродвигатели вентиляторов аспирационных сетей заблокировать с электродвигателями обеспечиваемого оборудования, что исключает работу технологического оборудования без аспирации.
- 4) Все помещения цеха должны быть обеспечены первичными средствами пожаротушения.
- 5) Здания должны быть оборудованы средствами молниезащиты.

Пожарная безопасность на зерносушильных пунктах

Под пожарной безопасностью понимают состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей.

Система противопожарной защиты предусматривает:

- применение средств пожаротушения и соответствующих видов пожарной техники;
- применение коллективных и индивидуальных средств защиты от опасных факторов пожара;
- применение автоматических установок пожарной сигнализации и пожаротушения;
- применение конструкций объектов с регламентируемыми пределами огнестойкости, эвакуацию людей и животных;
- систему противопожарной защиты.

Противопожарные мероприятия, предъявляемые к зерноочистительно-сушильным пунктам

- зерноочистительно-сушильный пункт должен располагаться на расстоянии не менее 25 метров от зерноскладов и других хозяйственных построек;
- двери ЗОСП должны открываться только наружу, загромождать и запирать их во время работы комплекса запрещается;
- территория вокруг комплекса должна регулярно очищаться от остатков половы и другого легковоспламеняющегося материала;
- комплекс должен быть обеспечен всеми необходимыми средствами пожаротушения, они должны быть исправными и в полной готовности;
- не допускается хранение топлива, смазочных материалов и отходов зерна в сушильном агрегате;

- эвакуационные и переносные лестницы должны быть всегда в исправном состоянии;
- курение разрешается в специально отведенном месте;
- памятка механику по противопожарной безопасности должна быть вывешена около пульта управления на видном месте.

2.4 Физическая культура на производстве

Физическая культура на производстве – важный фактор ускорения производительности труда

С учётом преобладания умственного или физического труда и его тяжести специалисты механизаторы подразделяются на 2 группы: водители самоходных агрегатов и машин (шофёры, трактористы) и специалисты стационарных установок (мотористы, слесари, электрификаторы). Поэтому работа одних связана с управлением транспорта с большой психофизической нагрузкой, а других – со сложной координацией движения и работой в непростых условиях (на высоте, в узких помещениях). Это требует выносливости, силы отдельных мышц, специальной координации движений. Занятия по физической культуре для выпускников должны включать следующие виды спорта: гиревой спорт, армспорт, борьбу, гимнастику, спортивные игры и другие виды спорта.

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ РАЗРАБОТКА

3.1 Описание разрабатываемой сушильной установки

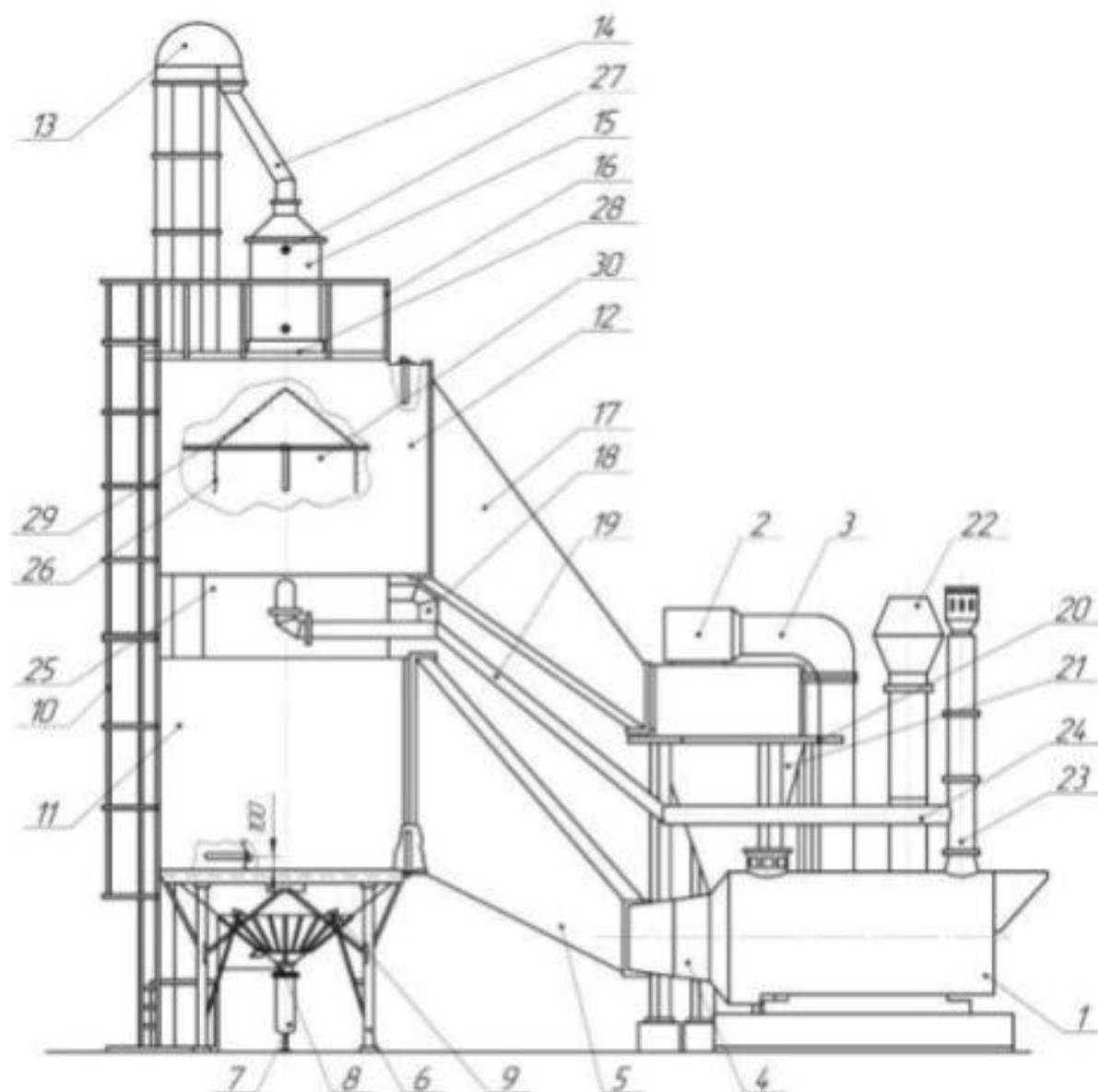
Для получения семенного материала в зонах повышенного увлажнения нужна высокопроизводительная сушильная установка. Она должна обладать следующими качествами:

- принимать для сушки зерно неограниченной влажности,
- обеспечивать сушку за один проход,
- работать по принципу непрерывного потока,
- включать минимум механизмов,
- быть простой в изготовлении, удобной и надежной в эксплуатации, хорошо очищаться при смене культур,
- иметь низкий удельный расход топлива.

Схема разрабатываемой сушильной установки изображена на рисунке 3.1. Установка состоит из цилиндрического корпуса 25 с крышкой, выполняемым жалюзийным в форме конуса, вершина которого соединена с дозатором 28 высушенного продукта. В корпусе 25 соосно ему расположен перфорированный цилиндр 26 для сбора и раздачи теплоносителя, имеющий конусную перфорированную крышку 29. Нижняя часть коллектора опирается на неподвижный обратный конус 9, а средняя часть коллектора и корпуса 25 выполнена неперфорированной. В этой части в кольцевом пространстве между коллектором и теплообменником 25 установлена перегородка 24. Корпус 25 снабжен подводящим патрубком 5 для подвода теплоносителя от теплогенератора 1, подсоединенного тангенциально к нижней части корпуса 25 посредством кольцевой камеры 11 подвода теплоносителя, образованной неперфорированными стенками, и для подачи теплоносителя по всему

					ВКр 35.03.06.266.20.00.00.000		
Изм.	Листы	№ докум.	Подпись	Дата	Конструкторская часть		
Разработ.	Светлов Р.Р.			06.20			
Руковод.	Иванов А.В.			06.20			
Консульт.							
Нормиров.	Халиуллин Д.Т.			06.20			
Зам. к.д.р.	Халиуллин Д.Т.			06.20	Казанский ГАУ		
					Лист	Листы	Листов
					ВКР	1	28

Отводящий патрубок 19 соединен с камерой 17 отвода теплоносителя и с подкрышным пространством, а также с циклоном 21 и всасывающим патрубком 3 вентилятора 2.



1 – Топочный блок ТАУ-1,5; 2 – Вентилятор Ц 14-46 №8; 3 – Коробка всасывающая; 4 – Переходник; 5 – Воздуховод; 6 – Тумба; 7 – Шнек; 8 – Выгрузной патрубок; 9 – Корпус жалюзийный; 10 – Лестница; 11 – Улитка; 12 – Улитка; 13 – Нория НПЗ-20; 14 – Зернопровод; 15 – Бункер резервный; 16 – Ограждение; 17 – Воздуховод; 18 – Труба; 19 – Труба; 20 – Опора; 21 – Циклон; 22 – Выхлопная труба; 23 – Тройник; 24 – Перегородка; 25 – Теплообменник; 26 – Корпус; 27 – Коробка датчиков уровня зерна; 28 – Цилиндр регулировочный; 29 – Перфорированный конус; 30 – Воздухораспределитель

Рисунок 3.1 – Сушилка бункерная непрерывного действия

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР 35.03.06.266.20.00.00.000

Лист

2

Влажный продукт по зернопроводу засыпают в бункер, оборудованный двумя датчиками уровня зерна. В процессе разгрузки материала находятся на крыше в виде конуса, нижнее основание которого равно диаметру цилиндра, а образующие располагаются под углом естественного откоса.

Вновь загружаемое зерно скатывается вниз по боковым поверхностям этого откоса. Зерно скатывается вниз и постепенно заполняет кольцевое пространство сушильной камеры, образованной цилиндрическим корпусом цилиндра. После заполнения бункера включают вытяжной вентилятор. Теплоноситель поступает от теплогенератора по подводящему патрубку в кольцевую камеру, затем проходит через перфорированную стенку корпуса, через зерновой слой и перфорированную поверхность цилиндра. При этом процесс сушки протекает в направлении от наружных слоев к внутренним. Затем теплоноситель поступает в теплообменник, где воздух подогревается за счет теплоты выхлопных газов, подводимых к нему от теплогенератора по воздухопроводу и отводимых от теплообменника в кольцевую камеру по воздухопроводу. Подогретый воздух проходит через перфорированные стенки цилиндра и крыши, зерновой слой и перфорацию корпуса, поступает в кольцевую камеру отвода отработанного теплоносителя и подкрышное пространство, из которых через патрубок подается в циклон, где обеспыливается, после чего по воздухопроводу направляется к всасывающему вентилятору. При этом процесс сушки протекает в направлении от внутренних слоев зернового материала к наружным.

Зерновой продукт воздушным потоком транспортируется к дозатору, при этом он находится в псевдосжиженном состоянии, что способствует его интенсивному охлаждению всасываемым атмосферным воздухом, далее зерно выгружается из сушилки, которая переводится на непрерывный режим работы. В сушилку подают влажный продукт, а отводят сухой, причем их количества должны быть равны. Этого добиваются установкой на определенной высоте

подвижного рукава над конусом, что обеспечивает необходимую толщину зернового слоя и его псевдосжижение.

3.2 Конструктивный расчет сушилки

Газовоздушная смесь характеризуется четырьмя основными параметрами: температурой t , $^{\circ}\text{C}$; относительной влажностью φ , %, влагосодержанием d , г/кг и энтальпией I , кДЖ/кг.

Зерно как объект сушки характеризуется тремя параметрами: расходом G , кг/ч; температурой Θ , $^{\circ}\text{C}$, относительной влажностью ω , %.

После составления схемы сушилки СБНД-10 (рис. 3.2) видим, что для расчета необходимо принять и найти еще данные.

Температуру агента сушки принимаем согласно режиму сушки зерна (продовольственной $t=70 \dots 150^{\circ}\text{C}$,) $t_1^N=100^{\circ}\text{C}$.

Максимальную температуру нагрева зерна принимаем равной $\Theta_2^{IV}=40^{\circ}\text{C}$.

Снижение влажности зерна по зонам сушилки, температуру зерна на выходе из зоны предварительной сушки $\Theta_2^I=20^{\circ}\text{C}$, и зоны охлаждения $\Theta_2^V=20^{\circ}\text{C}$, параметрами состояния агента сушки наружного воздуха зададимся на основе опыта эксплуатации бункерных прямоточных зерносушилок.

Примечание.

Обозначение всех параметров по зонам сушки и положению относительно зоны производим следующим образом

Θ_2^V V-показывает к какой зоне относится параметр;

2-параметр на входе или выходе из зоны

Принимаем снижение влажности зерна в I и II зоне на 2%, то есть $\Delta\omega^{II}=2\%$,

IV зоне на 3,5 %, $\Delta\omega^{IV}=3,5\%$,

V зоне на 0,5%, $\Delta\omega^V=0,5\%$.

Отсюда получим, что

$$\Delta \omega_2^B = \Delta \omega_1^B \cdot 2\%, \quad \Delta \omega_2^B = 20 \cdot 2 = 18\%;$$

$$\Delta \omega_2^{IV} = \Delta \omega_2^B \cdot 3,5\% = 14,5\%;$$

$$\Delta \omega_2^V = \Delta \omega_2^{IV} \cdot 0,5\% = 14\%.$$

Зоны I и II рассчитываем как одну и обозначение ведем так Θ^B . Температуру воздуха на выходе из зоны охлаждения принимаем в пределах

$$\Theta_2^V \leq t_2^V \leq \frac{\Theta_2^{IV} + \Theta_2^V}{2};$$

$$20 \text{ C}^\circ \leq t_2^V \leq \frac{40 + 20}{2} = 30 \text{ C}^\circ$$

Принимаем $t_2^V = 25 \text{ C}^\circ$.

Потери теплоты в окружающую среду через стенки сушилки

$$\Theta_{\text{ст}}^{IV} = K_0 F (t_{\text{сп}} - t_a) \quad (3.1)$$

где K_0 - общий коэффициент теплопередачи, $\text{кДж/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{C}^\circ$;

F - площадь всех стенок сушильной камеры, м^2 ;

$t_{\text{сп}}$ - средняя температура агента сушки, C° ;

$t_a = t_0$ - температура воздуха в помещении сушилки, C° .

$$K_0 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (3.2)$$

где α_1 - коэффициент теплоотдачи от газов к внутренней стенке, $\text{кДж/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{C}^\circ$;

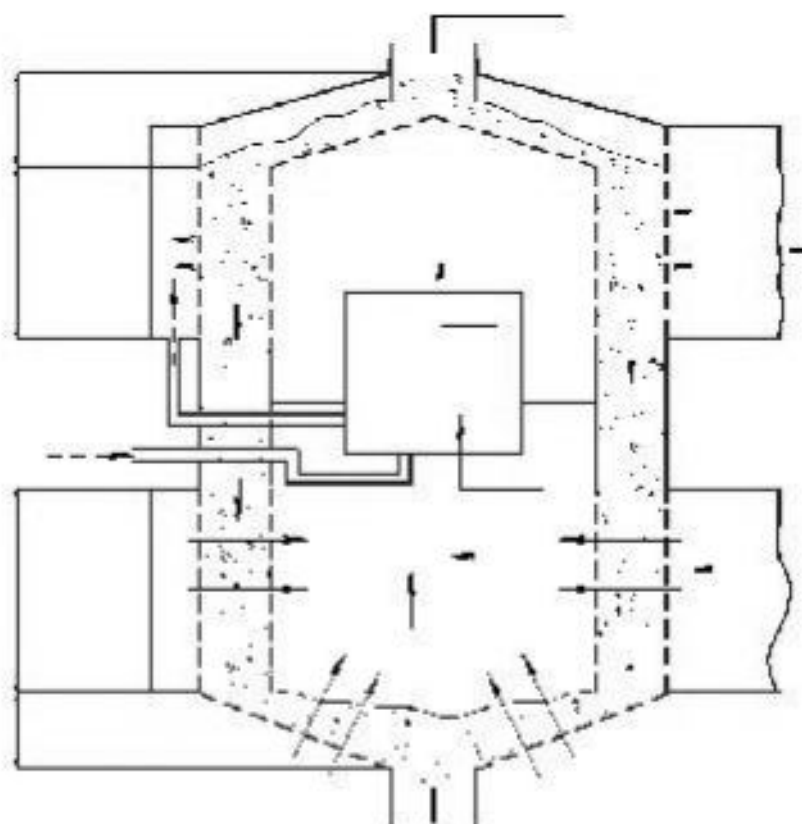
α_2 - коэффициент теплоотдачи от стенки к окружающему воздуху, $\text{кДж/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{C}^\circ$;

λ - коэффициент теплопроводности стальной стенки, $\text{кДж/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{C}^\circ$;

δ - толщина стенки, м .

Принимаем $\alpha_1 = 32,12 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{C}^\circ$, $\alpha_2 = 32,21 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{C}^\circ$, $\delta = 0,003 \text{ м}$, $\lambda = 46 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{C}^\circ$.

Отсюда коэффициент теплопередачи равен



→ Зерно ▸ Агент сушки - - - → дымовые газы

Рисунок 3.2 – Расчетная схема зерносушилки

$$K_0 = \frac{1}{\frac{1}{32,12} + \frac{0,003}{46} + \frac{1}{32,21}} = 16,07 \text{ кДж/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{C}^\circ.$$

Площадь стенок сушильной камеры равна

$$F = \pi \cdot d \cdot h.$$

Для зоны IV, окончательной сушки $d=3,8$ м $h=2,87$ м

$$F = 3,14 \cdot 3,8 \cdot 2,87 = 34,25 \text{ м}^2.$$

Температура воздуха в помещении сушилки равна $t_a=5$ C°.

Средняя температура агента сушки равна

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_1^{IV} + t_2^{IV}}{2}, \quad (3.3)$$

$$t_2^{IV} = 0,125 \cdot (2 \cdot t_1^{IV} + \Theta_2^{IV} + \Theta_1^{IV}) + 5.$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР 35.03.06.266.20.00.00.000

Лист

6

Подставив значения в формулу получаем

$$t_2^{IV} = 0,125 \cdot (2 \cdot 100 + 40 + 20) + 5 = 38 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Тогда

$$t_{cp} = \frac{100 + 38}{2} = 69 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Подставив полученные значения в формулу (4.1)

$$\Theta_{ac}^{IV} = 16,07 \cdot 34,25(69 - 5) = 35225,44 \text{ кДж/ч}.$$

На основании опытных данных потери теплоты для пятой зоны охлаждения принимаем $q_{ac}^V = 25 \text{ кДж/ч}$ [2]. Температура агента сушки на выходе из сушилки принимаем $t_2^{II} = 35 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Все полученные данные сводим в таблицу 3.3.

Таблица 3.1 – Расчетные данные

Величина	Единица измерения	Численное значение	Величина	Единица измерения	Численное значение
G_n	пл т/ч	10	q_{ac}^V	кДж/ч	25
$t_0 = t_1^V$	$^\circ\text{C}$	5	$\omega_0 = \omega_1^{II}$	%	20
t_1^{IV}	$^\circ\text{C}$	100	$\omega_2^{II} = \omega_1^{IV}$	%	18
t_2^{IV}	$^\circ\text{C}$	38	$\omega_2^{IV} = \omega_2^V$	%	14,5
t_2^{II}	$^\circ\text{C}$	35	ω_2^V	%	14
Θ_2^V	$^\circ\text{C}$	20	Θ_{ac}^{IV}	кДж/ч	35225,44
Θ_2^{IV}	$^\circ\text{C}$	40	$\varphi_0 = \varphi_1^V$	%	75
Θ_2^{II}	$^\circ\text{C}$	20			
$\Theta_0 = \Theta_2^V$	$^\circ\text{C}$	5			

Расчет зон сушки и охлаждения

Фактический расход по сырому зерну для каждого прохода

$$G_1^B = \frac{G_n \cdot K_K}{K_n \cdot K_C}, \quad (3.4)$$

где G_n - паспортная производительность зерносушилки, т/ч,

K_K - коэффициент, учитывающий обрабатываемую культуру,

K_n - коэффициент, учитывающий исходную и конечную влажность просушиваемой культуры,

K_C - коэффициент, учитывающий режим сушки.

Принимаем $K_n=1$; $K_K=1$; $K_C=1$ [1].

Фактический расход по сырому зерну для каждого прохода равняется

$$G_1^B = \frac{10 \cdot 1}{1 \cdot 1} = 10 \text{ т/ч.}$$

Удельные затраты теплоты на нагрев зерна в зонах сушилки

$$q_{\text{тп}} = \frac{G_2}{W} C_2 \Theta_2 - \frac{G_1}{W} C_1 \Theta_1 = \frac{100 - \omega_1}{\omega_1 - \omega_2} C_2 \Theta_2 - \frac{100 - \omega_2}{\omega_1 - \omega_2} C_1 \Theta_1 \quad (3.5)$$

где W - испаренная влага, кг.

$$q_{\text{тп}} = \frac{100 - \omega_1^B}{\omega_1^B - \omega_2^B} C^B_2 \Theta^B_2 - \frac{100 - \omega_2^B}{\omega_1^B - \omega_2^B} C^B_1 \Theta^B_1 \quad ; \quad (3.6)$$

$$q = \frac{100 - \omega_1^{IV}}{\omega_1^{IV} - \omega_2^{IV}} C^{IV}_2 \Theta^{IV}_2 - \frac{100 - \omega_2^{IV}}{\omega_1^{IV} - \omega_2^{IV}} C^{IV}_1 \Theta^{IV}_1 \quad ; \quad (3.7)$$

$$q_{\text{тп}} = \frac{100 - \omega_1^V}{\omega_1^V - \omega_2^V} C^V_2 \Theta^V_2 - \frac{100 - \omega_2^V}{\omega_1^V - \omega_2^V} C^V_1 \Theta^V_1 \quad (3.8)$$

Удельная теплоемкость зерна, C , кДж/кг·К

$\omega_1^B=20\%$, $\Theta_1^B=5 \text{ }^\circ\text{C}$, $C_1^B=2,046 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К}$; [1]

$\omega_1^{IV}=18\%$, $\Theta_1^{IV}=20 \text{ }^\circ\text{C}$, $C_1^{IV}=2,000 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К}$; [1]

$$\omega_2^{IV} = 14,5\%, \Theta_2^{IV} = 40^\circ\text{C}, C_2^{IV} = 1,938 \text{ кДж/кг} \cdot \text{K}; [1]_{-}$$

$$\omega_2^V = 14\%, \Theta_2^V = 20^\circ\text{C}, C_2^V = 1,799 \text{ кДж/кг} \cdot \text{K}; [1]$$

$$q_{\text{ис}} = \frac{100 - 20}{20 - 18} \cdot 2 \cdot 20 - \frac{100 - 18}{20 - 18} \cdot 2,046 \cdot 5 = 1180,6 \quad \text{кДж/кг} \cdot \text{K};$$

$$q_{\text{ис}} = \frac{100 - 18}{18 - 14,5} \cdot 1,938 \cdot 40 - \frac{100 - 14,5}{18 - 14,5} \cdot 2,000 \cdot 20 = 839,1 \quad \text{кДж/кг} \cdot \text{K};$$

$$q_{\text{ис}} = -\frac{100 - 14,5}{14,5 - 14} \cdot 1,799 \cdot 20 - \frac{100 - 14}{14,5 - 14} \cdot 1,938 \cdot 40 = 7180,84 \quad \text{кДж/кг} \cdot \text{K}.$$

Масса испаренной влаги и масса зерна

$$W'' = G_1'' \cdot \frac{\omega_1'' - \omega_2''}{100 - \omega_2''}, \quad (3.9)$$

где W'' - масса испаренной влаги, т.

$$G_1^{IV} = G_1'' - W'', \quad (3.10)$$

где G_1^{IV} - масса зерна предварительного просушивания, т

$$W'' = 10 \cdot \frac{20 - 18}{100 - 18} = 0,244 \text{ т},$$

$$G_1^{IV} = 10 - 0,244 = 9,756 \text{ т},$$

$$W^{IV} = G_1^{IV} \cdot \frac{\omega_1^{IV} - \omega_2^{IV}}{100 - \omega_2^{IV}} = 9,756 \cdot \frac{18 - 14,5}{100 - 14,5} = 0,399 \text{ т},$$

$$G_1^V = G_1^{IV} - W^{IV} = 9,756 - 0,399 = 9,357 \text{ т},$$

$$W^V = G_1^V \cdot \frac{\omega_1^V - \omega_2^V}{100 - \omega_2^V} = 9,356 \cdot \frac{14,5 - 14}{100 - 14} = 0,054 \text{ т},$$

$$G_1^V = G_1^V - W^V = 9,357 - 0,054 = 9,303 \text{ т}.$$

Суммарная масса испаренной влаги равна

$$\sum W = W'' + W^{IV} + W^V = 0,244 + 0,399 + 0,054 = 0,697 \text{ т}.$$

Проверку проводим путем убыли влаги по сушилке в целом

$$\sum W_{\text{вдв}} = G_1^{\text{в}} \frac{\omega_1^{\text{в}} - \omega_2^{\text{в}}}{100 - \omega_2^{\text{в}}} = 10 \frac{20 - 14}{100 - 14} = 0,698 \text{ т.}$$

Определяем разность добавления и потерей теплоты в сушильной камере

$$\Delta = q_{\text{доб}} - (q_{\text{тп}} + q_{\text{от}} + q_{\text{перм}}), \quad (3.11)$$

где $q_{\text{доб}}$ -дополнительный подвод теплоты, кДж/кг,

$q_{\text{от}}$ -потери теплоты, кДж/кг,

$q_{\text{перм}}$ -потери теплоты из-за изобарности процесса сушки, кДж/кг.

$$q_{\text{доб}} = 0 \text{ кДж/кг}$$

$$q_{\text{от}}^{\text{IV}} = \frac{Q_{\text{от}}^{\text{IV}} \cdot 1000}{\sum W} = \frac{35225,44 \cdot 10^3}{0,698} = 50,47 \text{ кДж/кг},$$

$$q_{\text{перм}}^{\text{IV}} = 0,23(T_1^{\text{IV}} + T_1^{\text{IV}}) = 0,23(273 + 100 + 273 + 33) = 15,73 \text{ кДж/кг},$$

$$\Delta^{\text{IV}} = -(339,1 + 50,47 + 15,73) = -1046,9 \text{ кДж/кг},$$

$$\Delta^{\text{V}} = q_{\text{тп}}^{\text{V}} - q_{\text{от}}^{\text{V}} = 7180,84 - 25 = 7155,84 \text{ кДж/кг}.$$

Построение процессов состояния агента сушки в зоне окончательной сушки и наружного воздуха на I-d диаграмме

На линиях постоянной энтальпии I^{IV} , I_0 проходящих через точки В^{IV} и А выбираем произвольные точки e^{IV} и e^{V} . Проводим через них горизонтальные линии до пресечения с линией d_0, d^{IV} в точках f^{IV} и f^{V} . Измеряем длину отрезков $f^{\text{IV}} e^{\text{IV}}$ и $f^{\text{V}} e^{\text{V}}$.

$$f^{\text{IV}} e^{\text{IV}} = 53 \text{ мм}, f^{\text{V}} e^{\text{V}} = 21 \text{ мм}$$

Длину отрезков eE определяем по формуле

$$eE = f e \frac{\Delta}{1000} \frac{M_d}{M_i} \quad (3.12)$$

где M_d - масштаб влагосодержания, кДж/кг,

M_i - масштаб энтальпии, кДж/кг в 1 мм

$$M_i = 0,606 \text{ кДж/кг в 1 мм}, M_d = 0,3 \text{ кДж/кг в 1 мм}$$

$$e^{IV} E^{IV} = f^{IV} e^{IV} \frac{\Delta^{IV}}{1000} \frac{M_d}{M_i} = 53 \cdot \frac{-1046,9}{1000} \cdot \frac{0,3}{0,606} = -27,5 \text{ мм}$$

$$e^V E^V = f^V e^V \frac{\Delta^V}{1000} \frac{M_d}{M_i} = 21 \cdot \frac{7155,84}{1000} \cdot \frac{0,3}{0,606} = 74,4 \text{ мм}$$

Откладываем соответствующие отрезки от точек e^{IV} и e^V , по вертикали вниз при отрицательных значениях (для зоны сушки) и вверх при положительных значениях (зона охлаждения). Через точки B^{IV} и E^{IV} , A и E^V проводим прямые. На пересечении линии $B^{IV} E^{IV}$ с линией $t=38 \text{ }^\circ\text{C}$ находим точку C^{IV} . Она характеризует состояние агента сушки на выходе из зоны окончательной сушки, а линия $B^{IV} C^{IV}$ отображает процесс изменения состояния агента сушки в этой зоне. Аналогично процесс в зоне охлаждения заканчивается в точке C^V при заданной температуре $t_2^V=25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Удельные расходы сухого агента сушки и воздуха

Проводим через точки C^{IV} и C^V горизонтальные линии до пересечения с линией $d_0=d^{IV}$ в точках D^{IV} и D^V . Измеряем длину отрезков $D^{IV} C^{IV}=57,5 \text{ мм}$, $D^V C^V=14,5 \text{ мм}$

$$e^{IV} = \frac{1000}{M_d \cdot D^{IV} \cdot C^{IV}} = \frac{1000}{0,3 \cdot 57,5} = 58 \text{ кг/кг испаренной влаги.}$$

$$e^V = \frac{1000}{M_d \cdot D^V \cdot C^V} = \frac{1000}{0,3 \cdot 14,5} = 230 \text{ кг/кг испаренной влаги.}$$

Удельный расход теплоты на испарение влаги

$$q = 1000 \frac{M_i}{M_d} \cdot \frac{AB}{D^{IV} C^{IV}} \quad (3.13)$$

$$AB=156 \text{ мм}$$

$$q = 1000 \frac{0,606}{0,3} \cdot \frac{156}{57,5} = 5480,3 \text{ кДж/кг.}$$

Часовой расход агента сушки и воздуха

$$L^{IV} = e^{IV} \cdot W^{IV} \cdot 10^3 = 58 \cdot 0,399 \cdot 10^3 = 23142 \text{ кг/ч.}$$

$$L^V = e^V \cdot W^V \cdot 10^3 = 230 \cdot 0,054 \cdot 10^3 = 12420 \text{ кг/ч.}$$

Изм.	Листы	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР 35.03.06.266.20.00.00.000

Лист

11

Часовой расход теплоты на сушку

$$Q^{IV} = q^{IV} \cdot W^{IV} = 5480,3 - 0,399 \cdot 10^3 = 2,19 \cdot 10^6 \text{ кДж/ч.}$$

$$q = \frac{Q^{IV}}{W} = \frac{2,19 \cdot 10^6}{698} = 3137,5 \text{ кДж/кг исп. влаги.}$$

Расчет зоны подогрева воздуха и отработанного агента сушки

Расчет параметров газовой воздушной смеси перед входом в теплообменник №2.

Параметры эти соответствуют положению точки A'' на линии $C^{IV} C^V$ на I-d диаграмме.

Из соотношения находим длину отрезка $C^{IV} A''$

$$\frac{L^{IV}}{L^V} = \frac{C^{IV} A''}{C^V A''}, \quad C^{IV} A'' = C^{IV} C^V - C^V A''.$$

$$C^{IV} C^V = 57 \text{ мм}$$

$$C^{IV} A'' \frac{C^{IV} C^V}{\left(\frac{L^{IV}}{L^V} + 1\right)} = \frac{54}{\left(\frac{23142}{12420} + 1\right)} = 19$$

Откладываем от точки C^{IV} на линии $C^{IV} C^V$ отрезок $C^{IV} A''$ и получаем точку A'' .

Минимально допустимый часовой расход отработанного агента сушки проходящего через II зону равен

$$[L''] = L^{IV} + L^V = 23142 + 12420 = 35562 \text{ кг/ч.}$$

Расчет затрат топлива и выходной температуры выхлопных газов из теплообменника №1 (в котором подогревают воздух для IV зоны сушки)

$Q_H^F = 10180 \text{ ккал/кг}$, $Q_H^F = 29330 \text{ кДж/кг}$ – низшая теплотворная способность дизельного топлива [3].

Горючая масса дизельного топлива

$$C^F = 86\%, \quad H^F = 13,3\%, \quad S^F = 0,3, \quad N^F + O^F = 0,1, \quad W^F = 0 \text{ [3].}$$

Температура выхлопных газов, выходящих из теплообменника находим по формуле

$$I_{\text{кис}} = \frac{I_{\text{кис}} - \eta_{\text{теп}} \cdot I_{\text{КС}}}{\psi}, \quad (3.14)$$

где $\eta_{\text{теп}}$ - кпд теплообменника,

ψ - поправочный коэффициент, учитывающий изменение теплоемкости газов от температуры,

$t_{\text{кк}}$ - температура в начале камеры сгорания, $^{\circ}\text{C}$

Принимаем $\eta_{\text{теп}}=0,74$; $\psi=0,9$ [3].

Температуру в камере сгорания находим по формуле

$$t_{\text{кк}} = \frac{Q_{\text{н}}' \cdot \eta'}{C_{\text{шт}}}, \quad (3.15)$$

где η' - коэффициент, учитывающий потери от химической неполноты сгорания топлива, $\eta'=95$ $^{\circ}\text{C}$ [3].

$C_{\text{шт}}$ - теплоемкость продуктов сгорания на 1 кг топлива, ккал/кг·град

$$C_{\text{шт}} = g_{\text{CO}_2} \cdot C_{\text{CO}_2} + g_{\text{N}_2} \cdot C_{\text{N}_2} + g_{\text{O}_2} \cdot C_{\text{O}_2} + g_{\text{SO}_2} \cdot C_{\text{SO}_2} + g_{\text{H}_2\text{O}} \cdot C_{\text{H}_2\text{O}}, \quad (3.16)$$

где g_{CO_2} , g_{N_2} , g_{O_2} , g_{SO_2} , $g_{\text{H}_2\text{O}}$ - количество продуктов сгорания в кг на 1 кг топлива,

C_{CO_2} , C_{N_2} , C_{O_2} , C_{SO_2} , $C_{\text{H}_2\text{O}}$ - теплоемкость газов, ккал/кг·град

$$g_{\text{CO}_2} = 3,67 \frac{C_{\text{F}}}{100} = 3,67 \frac{36}{100} = 3,17 \text{ кг/кг},$$

$$g_{\text{N}_2} = \alpha_{\text{м}} \cdot L_0 \cdot 0,768 + \frac{N^{\text{F}}}{100},$$

где $\alpha_{\text{м}}$ - коэффициент избытка воздуха,

L_0 - термически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг жидкого топлива

Принимаем $\alpha_{\text{м}}=1,7$, $L_0=14,4$ кг/кг [3].

$$g_{\text{N}_2} = 1,7 \cdot 14,4 \cdot 0,768 + \frac{0,1}{100} = 18,8 \text{ кг/кг},$$

$$g_{\text{O}_2} = (\alpha_{\text{м}} - 1) \cdot 0,232 \cdot L_0 = (1,7 - 1) \cdot 0,232 \cdot 14,4 = 2,34 \text{ кг/кг},$$

$$g_{so} = 2 \frac{S^p}{100} = 2 \frac{0,3}{100} = 0,006 \text{ кг/кг},$$

$$g_{H_2O} = \frac{9 \cdot H^p + W^p}{100} = \frac{9 \cdot 13,3 + 0}{100} = 1,2 \text{ кг/кг}.$$

Предварительно принимаем $t_{\text{ж}} = 1300^\circ\text{C}$ (по ней выбираем теплоемкость).

$$C_{CO_2} = 0,278 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град},$$

$$C_{N_2} = 0,273 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град},$$

$$C_{O_2} = 0,253 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град},$$

$$C_{H_2O} = 0,536 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}$$

Примечание

В расчетах $C_{so_2} \cdot g_{so_2} \approx 0$ [3].

Подставляя значения $g_{CO_2}, C_{CO_2}, g_{N_2}, C_{N_2}, g_{O_2}, C_{O_2}, g_{H_2O}, C_{H_2O}$ в формулу (3.16) получим

$$C_{\text{жжт}} = 3,17 \cdot 0,278 + 18,8 \cdot 0,273 + 0,252 \cdot 2,32 + 1,2 \cdot 0,536 = 7,24 \text{ ккал/кг} \cdot \text{град}$$

Далее по формуле (4.16) находим температуру в камере сгорания

$$t_{\text{жс}} = \frac{10180 \cdot 0,95}{7,24} = 1335,8^\circ\text{C}.$$

Считаем что совпадение рассчитанной $t_{\text{жс}}$ с принятой $t_{\text{ж}}$ удовлетворительным.

Подставляя значение $t_{\text{жс}}$ в формулу (3.14) получим

$$t_{\text{жиз}} = \frac{1335,8 - 0,7 \cdot 1335,8}{0,9} = 445^\circ\text{C}.$$

Рассчитываем часовой расход условного топлива

$$B_v = \frac{Q_{IV}}{Q_H^p \cdot \eta_T}, \quad (3.17)$$

где Q_H^p - теплотворная способность условного топлива, кДж/кг;

η_T - КПД топки.

Принимаем $\eta_T = 0,9$ [3].

Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ВКР 35.03.06.266.20.00.00.000

Лист

13

$$B_v = \frac{2,19 \cdot 10^6}{29330 \cdot 0,9} = 83 \text{ кг/ч}$$

Удельные затраты условного топлива находим по формуле

$$e_v = \frac{B_v}{G_s} = \frac{83}{10} = 8,3 \text{ кг/ч пот.}$$

Расчет теплообменника №2

Температуру нагревания в теплообменнике находим по формуле

$$\frac{t_{ex} - t_e}{t_{\text{III}} - t_I^{\text{III}}} = \frac{\Theta_2}{\Theta_1}, \quad (3.18)$$

где t_{ex} - температура выхлопных газов от теплообменника №1, на входе в теплообменник №2, °C;

t_e - температура выхлопных газов на выходе из теплообменника №2, °C;

t_{III} - температура нагревания отработанного агента сушки из IV зоны и воздуха из V зоны, на входе в теплообменник №2, °C;

t_I^{III} - температура смеси отработанного агента сушки из IV зоны и воздуха из V зоны, на входе в теплообменник №2, °C;

Θ_1, Θ_2 - водяные эквиваленты газов, ккал/ч град

Температуру t_I^{III} берем из I-d диаграммы в точке A^{II} , $t_I^{\text{III}} = 34^\circ\text{C}$.

$$\Theta_1 = L_{\text{III}} \cdot C_{\text{III}}$$

где L_{III} - весовой расход продуктов сгорания, кг/ч;

C_{III} - теплоемкость продуктов сгорания, ккал/кг град;

$$C_{\text{III}} = \frac{C_{\text{III}}}{g_{\text{III}}}, \quad (3.19)$$

где g_{III} - вес влажного газа, кг/кг топлива.

$$g_{\text{III}} = g_{\text{II}} + \frac{gH^{\text{II}} + W^{\text{II}}}{100}, \quad (3.20)$$

где g_{II} - вес сухого газа, кг/кг топлива.

Вес сухого газа равен

$$g_{\text{II}} = 3,17 + 0,006 + 18,8 + 2,32 = 24,3 \text{ кг/кг топлива}$$

Зная вес сухого газа $g_{сг}$ по формуле (4.22) находим $g_{ввг}$

$$g_{ввг} = 24,3 + \frac{9 \cdot 13,3 + 0}{100} = 25,5 \text{ кг/кгтоплива}$$

Подставляя значения $g_{ввг}$ и $C_{ввг}$ в формулу (4.21) получаем

$$C_{ввг} = \frac{30,37}{25,5} = 1,19 \text{ ккал/ч град.}$$

Весовой расход продуктов сгорания находим по формуле

$$L'_{ввг} = B_y \cdot g_{ввг} = 83 \cdot 25,5 = 2116,5 \text{ кг/ч.}$$

Водяные эквиваленты газов равны

$$\Theta_1 = 2116,5 \cdot 1,19 = 2518,6 \text{ ккал/ч град.}$$

$$\Theta_2 = L' \cdot C_a, \quad (3.21)$$

где L' - весовой расход воздуха, кг/ч,

C_a - теплоемкость воздуха, ккал/кг град.

Принимаем $C_a = 0,24$, ккал/кг град [3].

$$L' = L'' = 35562 \text{ кг/ч}$$

$$\Theta_2 = 35562 \cdot 0,24 = 8534,9 \text{ ккал/ч град.}$$

$$t_{вк} = t_{ввк} = 445^\circ\text{C.}$$

Температуру выхлопных газов на выходе из теплообменника №2 находим по формуле

$$t_s = \frac{t_{вк} + \eta_{ввк} \cdot t_{ввк}}{\psi} = \frac{445 + 0,7 \cdot 445}{0,9} = 143^\circ\text{C.}$$

Температуру нагревания агента сушки в теплообменнике №2 находим из выражения (3.19)

$$t_{ср}^{III} = (t_{вк} - t_s) \frac{\Theta_1}{\Theta_2} + t_s^{III} = (445 - 143) \frac{2518,6}{8534,9} + 33 = 120^\circ\text{C.}$$

$t_{ср}^{III} = 120^\circ\text{C}$ это температура до которой может нагреть воздух теплообменник №2 в данном случае. Но при такой температуре нагревания часовой расход агента сушки во II зоне будет меньше в 3 раза чем $[L^{II}]$.

Поэтому в результате расчетов методом подстановки выявили температуру на которую может нагреться отработанный агент сушки в теплообменнике №2, $t_2^{II} = 60 \dots 63^\circ\text{C}$ при часовом расходе агента сушки проходящего через теплообменник $2 L^{II} = 30000 \dots 35000 \text{ кг/ч}$. Принимаем $t_2^{III} = 61^\circ\text{C}$; $t_2^{II} = t_2^{III}$.

Построение процесса нагрева отработанного агента сушки

Строим аналогично построению диаграммы для IV зоны.

$$f^{II} e^{II} = 38 \text{ мм},$$

$$e^{II} E^{II} = f^{II} e^{II} \frac{\Delta^{II}}{1000} \cdot \frac{Md}{M_i}, \quad (3.22)$$

$$\Delta^{II} = q_{\text{дон}}^{II} - (q_{\text{исп}}^{II} + q_{\text{от}}^{II} + q_{\text{нагр}}^{II}), \quad (3.23)$$

$q_{\text{от}}^{II} = 0$, так как нагрев идет изнутри слоя зерна.

$q_{\text{дон}}^{II} = 0$,

$$q_{\text{нагр}}^{II} = 0,23(T_1^{II} + T_2^{II}) = 0,23(273 + 61 + 273 + 35) = 147,7 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}},$$

$$\Delta^{II} = 0 - (1180,6 + 0 + 147,7) = -1328,3 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}},$$

$$e^{II} E^{II} = 38 \frac{-1328,3}{1000} \cdot \frac{0,3}{0,606} = 25 \text{ мм},$$

Линия $A^{II} E^{II}$ пересекается с линией $t = 35^\circ$ и дает точку C^{II} .

Удельный расход сухого агента сушки

Отрезок $D^{II} C^{II} = 22,5 \text{ мм}$,

$$e^{II} = \frac{1000}{Md \cdot D^{II} C^{II}} = \frac{1000}{0,3 \cdot 22,5} = 148,1 \frac{\text{кг}}{\text{кг исп. влаги}},$$

Удельный расход теплоты на испарение влаги

$$q^{II} = 1000 \frac{M_i}{Md} \cdot \frac{A^{II} B^{II}}{B^{II} C^{II}}, \quad (3.24)$$

$A^{II} B^{II} = 45 \text{ мм}$,

$$q^{II} = 1000 \frac{0,606}{0,3} \cdot \frac{45}{22,5} = 4040 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}},$$

Часовой расход агента сушки

$$L'' \geq [L'']$$

$$L'' = e'' w'' \cdot 10^3 = 148,1 \cdot 0,244 \cdot 10^3 = 36136,4 \frac{\text{кг}}{\text{ч}},$$

$$L'' = 36136 \frac{\text{кг}}{\text{ч}} [L''] = 35562 \frac{\text{кг}}{\text{ч}},$$

Часовой расход теплоты на сушку

$$Q'' = q'' w'' \cdot 10^3 = 4040 \cdot 0,244 \cdot 10^3 = 985760 \frac{\text{кДж}}{\text{ч}},$$

Объемные расходы газов

$$V = L v_0, \quad (3.25) \text{ где}$$

V – объем расхода воздуха, м^3 ;

L – часовой расход агента сушки, кг/ч ;

v_0 – отношение объема влажного воздуха к массе его сухой части, $\text{м}^3/\text{кг}$.

Отношение объема влажного воздуха к массе его сухой части, $\text{м}^3/\text{кг}$.

На входах в зоны

$$t_1'' = 61^\circ \text{C}, \quad \varphi_1'' = 15\%, \quad v_{01}'' = 0,9803 \text{ м}^3 / \text{кг}; \quad [3]$$

$$t_1^{IV} = 100^\circ \text{C}, \quad \varphi_1^{IV} = 1\%, \quad v_{01}^{IV} = 1,0783 \text{ м}^3 / \text{кг}; \quad [3]$$

$$t_1^V = 5^\circ \text{C}, \quad \varphi_1^V = 75\%, \quad v_{01}^V = 0,8094 \text{ м}^3 / \text{кг}; \quad [3]$$

На выходах из зон:

$$t_2'' = 35^\circ \text{C}, \quad \varphi_2'' = 65\%, \quad v_{02}'' = 0,9259 \text{ м}^3 / \text{кг}; \quad [3]$$

$$t_2^{IV} = 38^\circ \text{C}, \quad \varphi_2^{IV} = 50\%, \quad v_{02}^{IV} = 0,9398 \text{ м}^3 / \text{кг}; \quad [3]$$

$$t_2^V = 25^\circ \text{C}, \quad \varphi_2^V = 40\%, \quad v_{02}^V = 0,8733 \text{ м}^3 / \text{кг}; \quad [3]$$

Объемные расходы $V, \text{м}^3$.

На входах в зоны

$$V_1'' = [L''] v_{01}'' = 35562 \cdot 0,9803 = 34861,4 \text{ м}^3;$$

$$V_1^{IV} = L^{IV} v_{01}^{IV} = 23142 \cdot 1,0783 = 24954 \text{ м}^3;$$

$$V_1^V = L^V v_{01}^V = 12420 \cdot 0,8094 = 10032,7 \text{ м}^3.$$

На выходах из зон

$$V_2'' = L'' v_{02}'' = 36136 \cdot 0,9259 = 33458,3 \text{ м}^3;$$

$$V_2^{IV} = L^{IV} v^{IV} v_{01} = 23142 \cdot 0,9398 = 21748,9 \text{ м}^3;$$

$$V_2^V = L^V v^V v_{01} = 12420 \cdot 0,8733 = 10846,386 \text{ м}^3.$$

Термический КПД сушилки определяем по формуле

$$\eta = \frac{I_{w2} - I_{w1}}{q^{IV}} \cdot 100\%, \quad (3.26)$$

где I_{w1} - энтальпия воды, содержащейся в исходном материале на входе в сушилку, кДж/кг.

I_{w2} - энтальпия водяного пара в отработанном агенте сушки, кДж/кг.

$$I_{w1} = C_w \cdot \theta^{IV}, \quad (3.27)$$

где C_w - теплоемкость воды, $C_w = 4,19 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}^\circ\text{C}}$.

$$I_{w1} = 4,19 \cdot 20 = 83,8 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

$$I_{w2} = Q_{w0} + C_{pw2} \cdot t_2^{IV}, \quad (3.28)$$

где Q_{w0} - теплота испарения воды при $^\circ\text{C}$, $Q_{w0} = 2500 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$,

C_{pw2} - теплоемкость водяного пара $C_{pw2} = 2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}^\circ\text{C}}$.

$$I_{w2} = 2500 + 2 \cdot 38 = 2576 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}},$$

$$\eta = \frac{2576 - 83,8}{3137} \cdot 100 = 79\%.$$

3.3 Расчет технико-экономических показателей конструкторской разработки

В конструкторской разработке представлена камера охлаждения для зерна.

Определение затрат на изготовление камеры охлаждения

					ВКР 35.03.06.266.20.00.00.000	Лист
Изм	Листы	№ докум.	Подпись	Дата		19

Затраты на изготовление определяются по формуле

$$C_m = C_c + C_d + C_{mi} + C_{сб} + C_{из}, \quad (3.29)$$

где C_c - стоимость изготовления каркаса,

C_d - затраты на изготовление деталей,

C_{mi} - цена покупных изделий по прейскуранту, тыс. руб.;

$C_{сб}$ - зарплата рабочих, занятых на сборке конструкции, тыс. руб.;

$C_{из}$ - цеховые накладные расходы на изготовление узла, тыс. руб.

Стоимость каркаса определится по формуле

$$C_c = \sum Q_c \cdot C_{сд}, \quad (3.30)$$

где Q_c - масса заготовки материала для изготовления каркаса, кг;

$C_{сд}$ - стоимость 1 кг заготовки готовых деталей, тыс. руб/кг.

Массу материала заготовки определяют по формуле

$$Q_c = A \cdot Q_d^a, \quad (3.31)$$

где Q_d - чистая масса детали, кг,

A, a - постоянные, зависящие от вида материала детали, способов ее изготовления

Принимаем $A = 1,29, a = 0,98$.

Подставляя значения в формулу (3.31), получим

$$Q_c = 12 \cdot 2,65 \cdot 1,29^{0,98} = 40,8 \text{ кг.}$$

Тогда по формуле (3.30) получим

$$C_c = 40,8 \cdot 6,7 = 273,36 \text{ руб.}$$

Аналогично рассчитываем стоимость других заготовок для каркаса

Стоимость каркаса равна

$$C_c = 273,36 + 100,45 + 10,22 + 1617 = 2001,03 \text{ руб.}$$

Полная заработная плата производственных рабочих на сборке узла определяем по формуле

$$C_{сб} = C_{нр} + C_{д} + C_{сой}, \quad (3.32)$$

где $C_{нр}$ - основная заработная плата, руб.;

$C_{д}$ - дополнительная заработная плата, руб.;

$C_{сой}$ - начисления на заработную плату, руб.

Основную заработную плату производственных рабочих рассчитывают по формуле

$$C_{нр} = T_{сб} C_{\tau} K, \quad (3.33)$$

где $T_{сб}$ - нормативная трудоемкость на сборку машин или конструкций [18].

Значение $T_{сб}$ определяем по формуле

$$T_{сб} = K \sum T_{сб}, \quad (3.34)$$

где K - коэффициент, учитывающий непредусмотренные работы, $K_c = 1,1$ [18].

Подставив справочные значения в формулу (5.18), получим

$$C_{сб} = 979 \text{ руб.}, C_{сой} = 731 \text{ руб.}, C_{доб} = 90 \text{ руб.}$$

Общепроизводственные накладные расходы находим по формуле

$$C_{ирн} = C'_{нр} \cdot \frac{p_0}{100}, \quad (3.35)$$

где $C'_{нр}$ - основная заработная плата производственных рабочих,

p_0 - общепроизводственные накладные расходы, %, $p_0 = 5\%$, [18].

Подставляем значения в формулу (5.21), получим

$$C_{ирн} = (979 + 731 + 90) \frac{5}{100} = 90 \text{ руб.}$$

Подставляем численные значения в формулу (5.15) и находим затраты на изготовление камеры охлаждения

$$C_m = 2001,03 + 1300 + 3600 + 90 = 6991,03 \text{ руб.}$$

Стоимость разработанной сушилки составляет $C_2 = 546991$, а базовой $C_1 = 540000$ руб.

Амортизационные отчисления составляют по базовому и разработанной.

$$Z_{a1} = 540000 \cdot \frac{8,9}{100} = 48060 \text{ руб.};$$

$$Z_{a2} = 546991 \cdot \frac{8,9}{100} = 48682,2 \text{ руб.}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание составят

$$Z_{p1} = 0,125 \cdot 48060 = 6007,5 \text{ руб.};$$

$$Z_{p2} = 0,125 \cdot 48682,2 = 6085,3 \text{ руб.}$$

Затраты труда, затраты на заработную плату рабочих, занятых в эксплуатации сушилки и затраты на электроэнергию по базовому варианту и по конструкторской разработке одинаковые, поэтому для расчета годовой экономии их можно не учитывать.

Тогда годовая экономия найдется как

$$\mathcal{E}_z = (Z_{a1} - Z_{a2}) + (Z_{p1} - Z_{p2}) = (48060 - 48682,2) + (6007,5 - 6085,3) = -700.$$

$$\mathcal{E}'_z = \mathcal{E}_z + 0,7C \cdot Q = -700 + 0,7 \cdot 6 \cdot 5845,6 = 23851,5 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости составит

$$T = \frac{546991,03 - 540000}{23851,52} = 0,29 \text{ года}$$

3.4 Расчет молниезащиты зерносушильного пункта

Молниезащита – комплекс защитных устройств, предназначенных для обеспечения безопасности зданий, сооружений и оборудования от загораний и разрушений, возникающих при воздействии молнии.

Конструкция и размеры молниезащиты зависят от высоты, ширины и длины здания. Защита по типу молниеприемника подразделяется на стержневую и тросовую.

В обоих случаях электрический заряд молний отводится в землю, минуя здание, по молниепроводу, который состоит из молниеприемника, токопровода и заземлителя.

Стержневые молниеприемники изготавливаются из стали сечением не менее 100 мм и длиной не менее 200 мм. Токопровод представляет собой металлическую проволоку диаметром не менее 6 мм, протянутую без острых углов и петель от молниеприемника к заземлителю.

Вероятность поражения молнией здания зернотока определим по формуле

$$N = (B + 6h) \cdot (L + 6h) \cdot n \cdot 10^{-6}, \quad (3.36)$$

где B - ширина защищаемого здания, м,

L - длина защищаемого здания, м,

h - наибольшая высота здания, м,

n - среднее число поражений молнией 1 км² земной поверхности в год, зависящее от числа грозовых часов в данной местности.

$$N = (8,34 + 6 \cdot 15,76) \cdot (12,22 + 6 \cdot 15,76) \cdot 3 \cdot 10^{-6} = 0,033.$$

Объект ЗОСП относится к зданиям, имеющим III категорию молниезащиты, которая защищает от прямого удара молнии и от заноса высоких потенциалов в здание через воздушные электрические линии, а также через другие металлические коммуникации. Расчет проводим по зоне Б для сельскохозяйственных объектов, где защита обеспечивается с вероятностью 95%.

Принимаем зону защиты одиночного зернового молниеотвода.

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода высотой h , представляет собой круговой конус с вершиной на высоте h меньше h и с границей зоны на уровне земли в виде окружности радиуса R .

Горизонтальное сечение зоны защиты на высоте h_x представляет собой круг радиусом R_x .

Для зоны Б имеют место такие соотношения

$$h_0 = 0,92h; \quad (3.37)$$

$$R_0 = 1,5h; \quad (3.38)$$

$$R_x = 1,5(h - \frac{h_x}{0,92}); \quad (3.39)$$

$$h = 0,67R + \frac{h_x}{0,92}; \quad (3.40)$$

где h - высота молниеприемника, м,

h_0 - высота зоны защиты, м,

h_x - высота объектов по широкой части, м,

R_x - радиус зоны защиты объекта в широкой части, м,

R_0 - радиус зоны защиты объекта на поверхности нулевой отметки, м.

Задается $h = 12,22$ м, тогда по соотношениям, ранее приведенным, имеем

$$h_0 = 0,92 \cdot 12,22 = 11 \text{ м,}$$

$$R_0 = 1,5 \cdot 12,22 = 18,3 \text{ м,}$$

$$R_x = 1,5(12,22 - \frac{8,34}{0,92}) = 4,74 \text{ м.}$$

Произведем проверку правильности полученных данных

$$h = 0,67 \cdot 4,74 + \frac{8,34}{0,92} = 12,23.$$

Совпадение удовлетворительное. Молниеприемник изготавливается из стального прутка диаметром 8 мм и длиной 1,2 м, токопровод из проволоки диаметром 6 мм. Заземлитель выполняем из стального прутка диаметром 10 мм и длиной 1,5 м.

3.5 Экологическая безопасность

В соответствии с Конституцией Российской Федерации каждый имеет право на благоприятную окружающую среду, каждый обязан сохранять природу и окружающую среду, бережно относиться к природным богатствам, которые являются основой устойчивого развития, жизни и деятельности народов, проживающих на территории Российской Федерации.

Настоящий Федеральный закон от 10 января 2002 года регулирует отношения в сфере взаимодействия общества и природы, возникающие при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, связанной с воздействием на природную среду как важнейшую составляющую окружающей среды, являющуюся основой жизни на Земле, в пределах территории Российской Федерации, а также на континентальном шельфе и в исключительной экономической зоне Российской Федерации.

Федеральный закон Российской Федерации «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002.

Статья 1. Основные понятия

В настоящем Федеральном законе используются основные понятия:

Окружающая среда – совокупность компонентов природной среды, природных и природно-антропогенных объектов, а также антропогенных объектов;

Охрана окружающей среды – деятельность органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, общественных и иных некоммерческих объединений, юридических и физических лиц, направленная на сохранение и восстановление природной среды, рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов, предотвращение негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и ликвидацию ее последствий.

Нормативы в области охраны окружающей среды – установленные нормативы качества окружающей среды и нормативы допустимого воздействия на нее, при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экологических систем и сохраняется биологическое разнообразие.

Контроль в области охраны окружающей среды – система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, обеспечение

соблюдения субъектами хозяйственной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды

Статья 42. Требования в области охраны окружающей среды при эксплуатации объектов сельскохозяйственного назначения

1) При эксплуатации объектов сельскохозяйственного назначения должны соблюдаться требования в области охраны окружающей среды, проводиться мероприятия по охране земель, почв, водных объектов, растений, животных и других организмов от негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду.

2) Объекты сельскохозяйственного назначения должны иметь необходимые санитарно-защитные зоны и очистные сооружения, исключающие загрязнение почв, поверхностных и подземных вод, водосборных площадей и атмосферного воздуха.

Статья 49. Требования в области охраны окружающей среды при использовании химических веществ в сельском хозяйстве и лесном хозяйстве

1) Юридические и физические лица обязаны выполнять правила производства, хранения, транспортировки и применения химических веществ, используемых в сельском хозяйстве и лесном хозяйстве, требования в области охраны окружающей среды, а также принимать меры по предупреждению негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности и ликвидации вредных последствий для обеспечения качества окружающей среды, устойчивого функционирования естественных экологических систем и сохранения природных ландшафтов в соответствии с законодательством Российской Федерации.

2) Запрещается применение токсичных химических препаратов, не подвергающихся распаду.

Данный закон должен повысить ответственность за использование природных ресурсов, привести к рациональному природопользованию.

Проблема охраны природы является актуальной и для колхоза «Заря коммунизма» Малмыжского района Кировской области. Так по данным почвенного и землеустроительного анализа в хозяйстве выявлено 1400 эрозивно-опасных и омытых почв, что составляет 20% от площади земельных угодий. Простейший и доступный прием ослабления поверхностного стока и повышения урожаев – обработка почвы и размещение сельскохозяйственных культур поперек склонов или по горизонталям. Для борьбы с оврагами необходима посадка деревьев, кустарников, травянистых растений.

Большую опасность для окружающей среды представляют пестициды, особенно для животного мира. Поэтому нормы внесения пестицидов должны строго соблюдаться, а по возможности их применение должно заменяться другими возможными методами борьбы.

Система обработки почвы под зерновые культуры должна улучшать ее физические свойства, то есть восстанавливать утраченное плодородие. Поэтому рекомендуется применять комбинированные широкозахватные агрегаты, которые уменьшают число проходов агрегата по полю.

При послеуборочной обработке зерна на зерноочистительно-сушильных комплексах возникают следующие проблемы экологической безопасности:

- загрязнение прилегающей территории отходами послеуборочной обработки;
- загрязнение атмосферного воздуха продуктами сгорания;
- получение недостаточно очищенного материала в результате некачественной очистки и, как следствие, увеличение засорения посевов.

В конструкторской части разработана сушилка влажных семян зерновых культур, которая обладает, с точки зрения экологии, рядом преимуществ в сравнении с выпускаемыми серийно.

Во-первых, она оборудована защитными кожухами-улитками и воздухопроводами, благодаря чему пыль и мелкие примеси вместе с воздухом

отсасываются и утилизируются в циклон. В серийных установках, например СБВС-5, пыль и мелкий мусор выбрасывается наружу.

Во-вторых, воздух, подаваемый в сушилку, подогревается топочным блоком ТАУ-15, а это эффективнее, чем электрокалориферами, так как при большой толщине зернового слоя и высокой влажности зерна требуются большие затраты электроэнергии. В сушилке толщина зернового слоя уменьшена до оптимальной.

В-третьих, выхлопные газы из топочного блока не выбрасываются наружу сразу, а используются в теплообменнике сушилки для вторичного подогрева воздуха.

В-четвертых, охлаждение зерна происходит в нижнем корпусе всасываемым воздухом, который в дальнейшем используется как агент сушки. Тем самым экономятся затраты на нагрев воздуха и не требуется строительства дополнительной охлаждающей колонки.

Эти технологические особенности сушильной установки делают ее менее опасной для окружающей среды, чем серийные.

В проекте произведена доработка камеры охлаждения. Она изготовлена из перфорированных пластин, через отверстия которых воздух снаружи всасывается и в дальнейшем, проходя через нагретое зерно, подогревается и используется как агент сушки. Тем самым экономятся энергозатраты на нагрев воздуха, следовательно, меньше попадает топочных газов в атмосферу. Также в камере охлаждения сделали люк для быстрого удаления зерна из сушилки в случае пожара, который приносит немалый ущерб окружающей среде.

Такая доработка может найти широкое применение в нашей области из-за небольшой стоимости переоборудования, которое может быть осуществлено в любом хозяйстве.

ВЫВОДЫ

Расчеты бункерной сушилки показали ее эффективность по затратам теплоты на испарение одного килограмма влаги на 31% по сравнению с существующими зерносушилками за счет повторного использования топочных газов и теплоты нагретого зерна в камере охлаждения для подогрева агента сушки, а также его полной отработки при прохождении через зерновой слой.

В результате реконструкции зерноочистительно-сушильного комплекса производительность комплекса должна обеспечить обработку за сезон 2000...2500 т зернового вороха и получения 1000...1500 т семян зерновых культур.

Предусматривается достижение следующих показателей:

- увеличение емкости приемных и накопительных устройств на 150 т,
- повышение производительности на прием в 2 раза,
- увеличение пропускной способности сушилки за счет поточности ее работы,
- доведение до посевных кондиций зерна,
- установка нормы не ниже 0 отметки,- применение в системе автоматических датчиков уровня зерна МНП-7 или «Фаза».

Литература

1. Авдеев А.В. и др. О работе топочного агрегата ТАУ-0,75 с центробежным вентилятором Сб. научных трудов Кировского сельхозинститута - Пермь, 1984, с. 36-38.
2. Баум А.Е., Резчиков В.А. Сушка зерна - М.: Колос, 1983.
3. Булгариев Г.Г. Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов и выпускных квалификационных работ (для студентов ИМ и ТС) Казань, 2009
4. Вайсман М.Р., Грубиян И.Я. Вентиляторные и пневмотранспортные установки. - М.: Колос, 1977.
5. Жидко В.И., Резчиков В.А., Уколов В.С. Зерносушение и зерносушилки. - М.: Колос, 1982.
6. Калинушкин М.П. Вентиляторные установки. - М.: Высшая школа, 1979.
7. Машины и оборудование для сушки зерна и семян на выставке «Сельхозтехники-84», - М.: ЦНИИТЭИ тракторсельхозмаш, вып. 28, 1984.
8. Мельник Б.Е., Малинин Н.И. Справочник по сушке и активному вентилированию. - М.: Колос, 1980. - 175 с.
9. Наймушин М.И. Методические указания к выполнению курсовой работы по теме «Зерноочистительно-сушильные комплексы», Киров, 1998.
10. Повышение эффективности работы зерносушилок. Экспресс-информация. - ЦНИИТЭИавтосельхозмаш, вып. 10, 1990.
11. Послеуборочная обработка урожая - АгроНИИТЭИИТО, 1989.
12. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин. - М.: Машиностроение; т. 2 – 830 с.
13. Техническое описание инструкции по эксплуатации топочного агрегата ТАУ-1,5, 1980.
14. Халанский, В.М. Сельскохозяйственные машины [Текст] / В.М. Халанский, И.В. Горбачев. – М.: Колос, 2003 – 495 с.

СПЕЦИФИКАЦИИ