

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический
Направление подготовки Теплоэнергетика и теплотехника
Кафедра Теоретической и промышленной теплотехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы	
ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ПОРИСТОГО МАТЕРИАЛА	
<u>УДК 66.047.45 – 047.42</u>	

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ4Г	Лазыр Сымбат Азаматулы		

Руководитель

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель кафедры ТПТ	Разва А.С.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры МЕН	Попова С.Н.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры ЭБЖ	Василевский М.В.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
ТПТ	Кузнецов Г.В.	д. ф.- м.н, профессор		

Томск – 2016 г.

Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
ПК1	способность и готовность использовать углубленные знания в области естественнонаучных и гуманитарных дисциплин в профессиональной деятельности
ПК2	способность использовать углубленные теоретические и практические знания, которые находятся на передовом рубеже науки и техники в области профессиональной деятельности
ПК3	способность демонстрировать навыки работы в коллективе, готовностью генерировать (креативность) и использовать новые идеи
ПК4	способность находить творческие решения профессиональных задач, готовностью принимать нестандартные решения
ПК5	способность анализировать естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности
ПК6	способность и готовность применять современные методы исследования, проводить технические испытания и (или) научные эксперименты, оценивать результаты выполненной работы
ПК7	способность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов (в соответствии с целями магистерской программы)
ПК8	способность оформлять, представлять и докладывать результаты выполненной работы
ПК9	готовность использовать современные и перспективные компьютерные и информационные технологии
ПК10	способность формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования, мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности, улучшению условий труда, экономии ресурсов
ПК11	способность к определению показателей технического уровня проектируемых объектов или технологических схем
ПК12	готовность к участию в разработке эскизных, технических и рабочих проектов объектов и систем теплоэнергетики, теплотехники и теплотехнологии с использованием средств автоматизации проектирования, передового опыта их разработки
ПК13	готовность к проведению технических расчетов по проектам, технико-экономического и функционально-стоимостного анализа эффективности проектных решений
ПК14	готовность использовать прикладное программное обеспечение для расчета параметров и выбора теплоэнергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования
ПК22	готовность использовать современные достижения науки и передовой технологии в научно-исследовательских работах

ПК23	способность планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований, давать практические рекомендации по их внедрению в производство
П24	готовностью представлять результаты исследования в виде отчетов, рефератов, научных публикаций и на публичных обсуждениях
Общекультурные компетенции	
К1	способность совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности
К2	способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности в процессе изменения социокультурных и социальных условий деятельности
К3	способность свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности
К4	способность использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, в управлении коллективом, влиять на формирование целей команды, воздействовать на ее социально-психологический климат в нужном для достижения целей направлении, оценивать качество результатов деятельности
К5	способность проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности за свои решения в рамках профессиональной компетенции, способностью разрешать проблемные ситуации
К6	способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, расширять и углублять свое научное мировоззрение, в том числе с помощью информационных технологий
К7	способность использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности, при разработке и осуществлении социально значимых проектов
К8	способность использовать представление о методологических основах научного познания и творчества, роли научной информации в развитии науки
К9	готовность вести библиографическую работу с привлечением современных информационных технологий, способностью анализировать, синтезировать и критически резюмировать информацию

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический
Направление подготовки Теплоэнергетика и теплотехника
Кафедра Теоретической и промышленной теплотехники

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ТПТ

(Подпись) _____ (Дата) Кузнецов Г.В.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
5БМ4Г	Лазыр Сымбат Азаматулы

Тема работы:

Влияние влажности сушильного агента на энергетическую эффективность системы обработки пористого материала	
--	--

Утверждена приказом ректора (дата, номер)	.№ 4142/с от 31.05.2016
---	-------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:
--

01.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Объектом исследования является используемая экспериментальная сушильная установка, воздух подаваемый в сушильную камеру постоянный, а сам объектом подвергаемый к сушке является материал. Исследование проводятся для сушки материала при различных мощностях электрического калорифера.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	• Введение; • Аналитический обзор исследование процессов литературных источников по тематике; • Описание установки и принцип работы • Проведение экспериментального исследования; • Анализ полученных результатов работы; • Заключение.
Перечень графического материала	15 слайдов
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Попова С.Н.
Социальная ответственность	Василевский М.В.
Английская часть	Крайнов А.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
1. Введение; 2. Типы и основные характеристики сушильных установок; 3. Устройства и принцип работы сушильный установки; 4. Результаты экспериментального исследования; 5. Заключение.	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	21.09.2015
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель кафедры ТПТ	Разва А.С.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ4Г	Лазыр С.А.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5БМ4Г	Лазыр Сымбат Азаматулы

Институт	ЭНИН	Кафедра	ТПТ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	ООО «Скрон» - 7200 руб. Расходы на материал - 7003 руб. Потребления электроэнергии – 300,15 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Дополнительная зарплата – 10%; Районный коэффициент – 30%; Отчисления на социальные нужды – 27%.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Технико-экономическое обоснование НИР
2. Разработка устава научно-технического проекта	Не разрабатывается
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Определение этапов работы, трудоемкости работы, составление план-графика, сметы затрат, оценка научно – технической результативности НИР.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение экономической эффективности.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. График проведения и бюджет НИР	
2. SWOT анализ	
3. Оценка научно – технической результативности НИР	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.04.2016
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Попова С.Н.	К.Э.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ4Г	Лазыр Сымбат Азаматулы		01.04.2016

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5БМ4Г	Лазыр Сымбат Азаматулы

Институт	ЭНИН	Кафедра	ТПТ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	1. Лабораторный стенд для оценки влияния влажности сушильного агента на энергетическую эффективность системы обработки пористого материала Проявление вредных факторов производственной среды: – Ненадлежащее состояние микроклимата; – Шум; – Недостаточная освещенность рабочей зоны; Проявление опасных факторов производственной среды: – Поражение электрическим током – Термический ожог.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	1 ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. 2 ГН 2.2.5.1313. – 03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Гигиенические нормативы. Минздрав России, 1998. 3 СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. 4 ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. 5 ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. 6 ГОСТ 12.1.019(с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. 7 ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. 8 ГОСТ 12.1.030-81. Защитное заземление, зануление. 9 ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке проектируемого решения.	- Повышенная состояния микроклимата и загазованность воздуха рабочей зоны; Заболевание дыхательных путей, органов пищеварения Влажная уборка помещения, проветривание, защитные очки и респиратор - Повышенный уровень шума в помещении; Потеря слуха, быстрая утомляемость СИЗ: наушники, вкладыши - Недостаточность освещения; Ухудшение зрения, быстрая утомляемость Искусственное и естественное освещение
1.2 Анализ выявленных опасных факторов при разработке проектируемого решения	- Электрический ток Электротравма Организационные и технические мероприятия -Повышенный уровень статического электричества - Опасность возникновения пожара Термический ожог Соблюдение правил ПБ
2. Экологическая безопасность: – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды	Источники: Особенно остро стоит проблема вычисление термических и калорических параметров сушильного агента. Имея малую плотность, она перемещается на большие пространства потоками атмосферного воздуха. Защита: Радикальными методами снижения влажности сушильного агента на эффективность обработки пористого материала, является соответствующие направлению основных технологических процессов, повышение эффективности сушильной установки.
3.Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;	Техника безопасности; Природоохранные требования

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.04.2016г
--	-------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Василевский М.В.	к.т.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5БМ4Г	Лазыр Сымбат Азаматулы		01.04.2016

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 136 с., 31 рис., 31 табл., 40 источников, 4 приложений.

Ключевые слова: сушилка, кривые нагрева и сушки, эффективность, процесс, влагосодержание, сушильный агент, сушильный установка, сушильный камера, влажный воздух, термодинамика, потребление тепловой энергии.

Целью данной работы является повышение эффективности конвективной сушильной установки.

Объектом исследования является широко используемая экспериментальная сушильная установка. Предметом исследования является термические и калорические параметры сушильного агента.

В работе проведена экспериментальная исследования на основе анализа, материального и теплового баланса и представляется возможным уменьшить тепловые потери, что позволит увеличить эффективность работы сушильной установки.

Список обозначения:

τ – временная координата, мин;

d – влагосодержание водяных паров сушильного агента(воздух);

ω – скорость сушки, мл/с;

ρ – плотность воздуха, кг/м³;

ϕ – относительная влажность на поверхности испарения;

B – барометрическое давление, Па;

h – энтальпия пара, кДж/кг;

T – температура, К;

G – расход сушильного агента, кг/с;

ΔP – перепад давления на диафрагме, Па;

R_{BV} - газовая постоянная, Дж/(кг·К);

N – мощность электрического нагревателя, Вт;

r - теплота испарения, кДж/кг;

$\eta^{СК}$ – КПД сушильной установки;

Индексы:

вл – параметры влаги;

s – параметры насыщения;

вэр – вторичный энергетический ресурс

су – сушильная установка

Содержание

Введение	13
1 ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССОВ ВО ВЛАЖНОМ ВОЗДУХЕ В СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ	16
1.1 Современное состояние вопроса	16
1.1.1 Типы и основные характеристики сушильных установок.....	21
1.1.2 Конструкция сушильных установок	24
1.1.3 Методологические основы анализа энергетической эффективности сушильной установки	29
1.1.4 Сущность процесса сушки обезвоживания материала	35
1.1.5 Энергосбережение в сушильных установках.....	38
2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЕ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА В СИСТЕМЕ ОБРАБОТКИ ПОРИСТОГО МАТЕРИАЛА	42
2.1. Описание установки	42
2.2. Схема и принцип работы установки	43
2.3. Указание по проведению эксперимента	46
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ПОРИСТОГО МАТЕРИАЛА	Ошибка! Закладка не определена.
3.1 Результаты исследование при смоченных и сухих термopax.	Ошибка! Закладка не определена.
3.2 Результаты исследование для сушильной установки при разной мощности калорифера	Ошибка! Закладка не определена.
3.3 Определение температуры и давления влажного воздуха.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.4 Расчет энтальпий и расхода влажного воздуха	Ошибка! Закладка не определена.
3.5 Процесс нагревателя влажного воздуха	Ошибка! Закладка не определена.
3.6 Расчет скорости сушки пористого материала.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.7 Расчет коэффициент полезного действия сушильной установки.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.8 Анализ процессов проходящих в установке, с точки зрения с термодинамической эффективности.	Ошибка! Закладка не определена.

4	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	48
4.1	Организация и планирование работ SWOT-анализ.....	48
4.2	Оценка научно-технической результативности НИР.....	52
4.3	Расчет сметы затрат	56
4.4	Эффективность разработки по исполнению	60
4.5	Выводы по главе	62
5	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	Ошибка! Закладка не определена.
5.1	Состояние воздушной среды	Ошибка! Закладка не определена.
5.2	Освещенность рабочей зоны	Ошибка! Закладка не определена.
5.3	Требования к шуму и вибрация в помещениях	Ошибка! Закладка не определена.
5.4	Электробезопасность и пожарной безопасности в рабочем месте.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.5	Выводы по главе	Ошибка! Закладка не определена.
	Заключение.....	Ошибка! Закладка не определена.
	Список публикаций	63
	Список литературы.....	Ошибка! Закладка не определена.
	Приложение А.....	Ошибка! Закладка не определена.
	Приложение Б	Ошибка! Закладка не определена.
	Приложение В	Ошибка! Закладка не определена.
	Приложения Г	Ошибка! Закладка не определена.

Введение

В настоящее время проведения активной энергосберегающей работы, в том числе и в технологии теплотехнического процесса как сушка, приводит к неоправданной ростом энергоемкости единицы в промышленной продукции, для которой необходимо обеспечивать энергетическую безопасность России. Решению этой и других проблем повышения эффективности современного производства иметь возможность разработку высокоинтенсивных методов сушки, усовершенствование известных и поисках новых приемов энергосбережения.

Однако на то, что все задаются вопросами теоретического и экспериментального изучения проблемы повышения эффективности сушки, мы начали изучать и проводить эксперименты, в итоге чего получили значимые результаты. Однако, ряд значимых проблем по разработке научно новейших высокоэффективных методов сушки, оптимизации процессов сушки и проектирования установок, их улучшение требует последующих исследований.

Создание высокоэффективных и экономичных сушильных установок позволит значительно снизить расход на энергию. Известно, сушка является сложным процессом, зависящим от числа многих факторов, значение которых существенно для расчета процесса.

Основными характеристиками сушильных установок являются надежность, определяемая временем непрерывной работы при этом сохраняя всех технологических показателей и эффективность работы. Эти показатели зависят от выбора и режима сушки.

Многие методы расчета и проектирования установок основываются на предположении о постоянной скорости сушки при объеме сушильной камеры, что не позволяет изменить режимы работы и приводит к дополнительным капитальным и энергетическим затратам. Можно предположить, что изучение

процесса сушки, при проведении работ при оптимальных технологических параметрах, снижается энергетические затраты. Особое значение имеет температура сушильного агента на входе в сушильную камеру.

Для исследования была разработана экспериментальная установка, на которой проводились исследования процессов во влажном воздухе. Установка представляет собой модель сушильной камеры, в который сушильным агентом является атмосферный воздух, а материалом подвергаемым сушке, служит хлопчатая ткань, смоченная водой. Предлагаемая конструкция сушильной камеры позволяет снизить тепловые потери в окружающую среду и увеличить эффективность процесса сушки по сравнению с одноходовой сушки.

Актуальность данной работы заключается в том, что при повышении экономичности сушильных установок, затрачивается меньше энергии, соответственно затрачивается меньше ресурсов. Используя меньшее количество энергии, снижается расход используемого органического топлива, что приводит к меньшим выбросам вредных веществ в атмосферу.

Объектом исследования является экспериментальная сушильная установка. Предметом исследования является параметры сушильного агента (воздух).

Предмет исследования – распределение температуры и влажности сушильного агента вдоль сушильного тракта установки в установившемся тепловом режиме, позволяющие определить коэффициент полезного действия сушильной камеры.

Целью данной работы является повышение эффективности конвективной сушильной установки. Для достижения цели ставятся задачи:

– определить температуру сушильного агента в экспериментальной установке с помощью мокрого и сухого термометров.

- определить расход сушильного агента через экспериментальную установку.
- определить составляющих уравнений материального и теплового баланса установки.
- определить скорость сушки, которые влияют на эффективность работы сушильной установки.
- определить тепловой мощности электрического калорифера.

Научная новизна работы состоит в том, что повышение экономичности сушильной установки возможно за счет изменения скорости сушки при постоянном расхода воздуха в небольшом интервале изменения параметров мощности калорифера и изменении времени сушки. На основе установленной мощности калорифера можно сказать какая должна быть продолжительность сушки. Алгоритм решения позволяет определить продолжительность сушки, экономичный режим сушильной установки.

1 ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССОВ ВО ВЛАЖНОМ ВОЗДУХЕ В СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

1.1 Современное состояние вопроса

Широкое использование конвективной сушки в промышленной энергетике, в изготовлении различных пищевой промышленности разъясняется этим, то что востребованный этот способ сушки отличается самой низкой экономичностью и позволяет получать точные значение которых существенно для расчета процесса. Конвективная сушилка – это сушилка, в которой материал непосредственно контактирует с сушильным агентом, перенос массы связан с переносом тепла.

Сушильные установки реализуют термический процесс удаления из твердых материалов или пастообразного материала посредством испарения содержащейся в нем воды за счет подведенного к использующего материалу тепла. Этим данным сушка отличается с иных видов удаления влажности, например, ее механического отделения, поглощения химическими реагентами. Продукт или материалы требуется сушить в связи с их назначения для разных целей: для облегчения обработки, увеличения долговечности, предохранения от гниения и плесени, для уменьшения их массы и удешевления транспортировки, изменения физических свойств.

Влажный воздух – это смесь сухого воздуха и водяного пара. При назначенных условиях, помимо водяного пара, в атмосфере может находиться жидкая или твердая фазы (вода или лед). В естественных обстоятельствах в атмосфере всегда содержит водяной пар, возникающий в следствии испарения с раскрытых водных поверхностей. В большинстве случаев, встречающихся в практике, смесь воздуха и водяного пара способен рассматриваться как смесь

идеальных газов. Процессами, протекающими во влажной атмосфере, рассматриваемыми в технической термодинамике, считаются процессы сушки материалов или же сжатия воздуха в компрессорах[1]. Экспериментальное определение температуры теплоприемника. Большое внимание, в последние годы, уделяется использованию сушильных установок. При повышении температуры теплового источника, установлено, что температура теплоприемника повышается. Процесс сушки – удаление влаги из твердого или пастообразного и жидких материалов методом её испарения и отвода образовавшихся паров.

Сушка широко применяется в различных отраслях: в промышленной энергетике, пищевой промышленности, сельском хозяйстве и в химико-фармацевтическом изготовлении. Она употребляется в разных стадиях технологического процесса: с целью подготовки сырья и извлечения полуфабрикатов; зачастую сушение считается завершающим этапным порядком производства, характеризующим свойство готового вещества. Например, сушка в свеклосахарном, спиртовом, пивоваренном и других производствах - это тепловой и диффузионный процесс, при котором влага удаляется из продукта за счет тепловой энергии, подводимой к нему. Существенное свойство, устойчивость продукта находится в зависимости с технологического уровня сушки - степени автоматизации и механизации порядков процесса, совершенства сушильной техники, чистоты атмосферы.

Сушку материалов можно осуществлять естественным и искусственным способами. Искусственная сушка материалов выполняется в специальных приспособлениях - как сушильных установках, в которых сушильный агент, поглотивший пары влаги, отводился ненастоящим способом: присутствие поддержки вентиляторов, вытяжных труб и других устройств. Искусственного происхождения сушка исполняется горячим воздухом, иногда в качестве

сушильного агента применяют дымовые и топочные газы, инертные газы, перегретые пары воды и органических жидкостей.

Сушильные установки классифицируются по различным признакам. По принципу действия: непрерывные и периодически действующие; в зависимости от давления в аппарате: атмосферные и вакуумные сушилки; по методу подвода теплоты: конвективные, радиационные, комбинированные, контактные, индукционные. Конвективные сушилки подразделяются по виду сушильного агента. Можно сгруппировывать сушилки еще по части высушиваемых в них материалов: твердые зернистые и пористые материалы, вязкие жидкотекучие среды, гибкие тонкие ленточные материалы, штучные массивные изделия, изделия после поверхностных работ.

Внутренний тепловлагообмен в процессах конвективной сушки всевозможных материалов – процесс особенной сложности, показывающий существенный препятствия для экспериментального исследования. Неполноценность познаний о процессах конвективной сушки притормаживает развитие техники, в частности рациональное конструирование новейших сушильных установок, при оптимальных научно-технических параметрах. Данные проблемы могут быть решены на основании исследования свойств высушиваемых материалов, кроме того внутреннего и внешнего тепловлагообмена. Оптимальным режимом сушки разнообразных материалов, в современной теории сушки и построения о параметрах влажности взаимосвязи с материалом, применять все без исключения возможности конвективного способа сушки, достичь увеличения производительности сушильных установок и улучшения технико – экономических показателей сушки[2].

Характер процесса сушильной установки, отражаемый температурными кривыми, в основном определяется физико – химическими свойствами

материала, от которого зависят формы влаги с ним, закономерностями взаимодействия объекта с сушильным агентом. Более прогрессивным является создание приближенных методов сушки, основанных на изучение общих закономерностей процесса, что сближают теорию и практику сушки. К числу таких метод Г.К. Филоненко[20] - В.В. Красникова[19]. Для получение аналитических зависимости кинетики сушки конкретного материала весьма затрудняют разные факторы и их взаимная связь. Различие сушимых материалов по физико – химическим свойствам, по массу, по количеству и т.д. вызвало большое интерес разнообразие конструкций сушильных установок. Удаление влаги с поверхности материалов можно отнести к числу самым распространенных процессов, в промышленности и хозяйстве. Среди используемых способов сушки, особое место занимает конвективная сушка, при котором удаление влаги из объекта происходит путем испарения при электрическом нагреве, соответственно перенос тепла связан с переносом массы. Подвергаемый сушке сушильный агент служит для влагоудаление, поскольку уносит из сушильной установки образовавшиеся пары влаги в камере. Сушильным агентом является воздух, высушиваемого материала. Воздух самый распространенный и широко используемый сушильный агент. Этот применение эффективный, если сушимый материал не ухудшает свои свойства в присутствии воздуха[3].

При расчете сушильных установок составление теплового и материального баланса позволяет снизить тепловые потери и минимальные расходы сушильного агента, экономичный режим сушильной установки и т.д[4]. В расчетные уравнения не входят такие для параметры сушильный установки, как пористость, вид материала и его свойств, хотя существенно влияют на процесс сушильный установки.

Интенсивность сушки определяется скоростью сушки, что согласно по мере приближения к состоянию баланса равновесия снижается и как правило стремится к нулю. Интенсивность сушки, по другому так называемый насыщенный зависит от ряда факторов, подтверждающих о трудности реального процесса сушки, в особенности в производственных условиях, о трудности извлечения для него соответственного математического описания. Наибольшее воздействие в процессе сушки проявляют факторы, характеризующие высушиваемый материал как объект сушки. Они описывают сопротивляемость материала переносу влаги внутри него и с его поверхности в находящуюся вокруг среду, силу взаимосвязи влажности с использованным материалом, способность материала принимать доставляемое к нему теплоты. К подобным факторам относятся внутренняя структура материала, его теплофизические свойства и объемы, форма и положение наружной поверхности, промежуток изменения влагосодержания материала в ходе сушки и др[5].

Значительно оказывают большое влияние в процессе сушки характеристики сушильного агента (воздух): температура, относительная влажность (парциальное давление пара), скорость течения сравнительно использованного материала, давление, химический состав. Ускорить сушку материала следует ростом увеличением температуры и скорости теплоносителя (в возможных технологией пределах), уменьшением его первоначального влагосодержания в сфере низких температур и увеличением -присутствие значительных, применением энергетических отрасли. Однако следует помнить, что с интенсификацией процесса в некоторых случаях увеличиваются и экономические затраты в его проведение осуществление(в зависимости от способа интенсификации), по этой причине поэтому появляется актуальная задача поиска экономически оптимальных условий выполнения процесса.

1.1.1 Типы и основные характеристики сушильных установок

Конструкции сушильных установок чрезвычайно разнообразны. Их схемы и отдельные узлы определяются в основном физическими, химическими свойствами и геометрическими размерами высушиваемого материала и изделий, режимом работы (непрерывного или периодического действия), видом и параметрами сушильного агента[6]. На рис. 1.1 приведена соответствующая ГОСТ 28115-89 классификация сушильных установок. Согласно этой классификации существуют следующие сушильные установки:

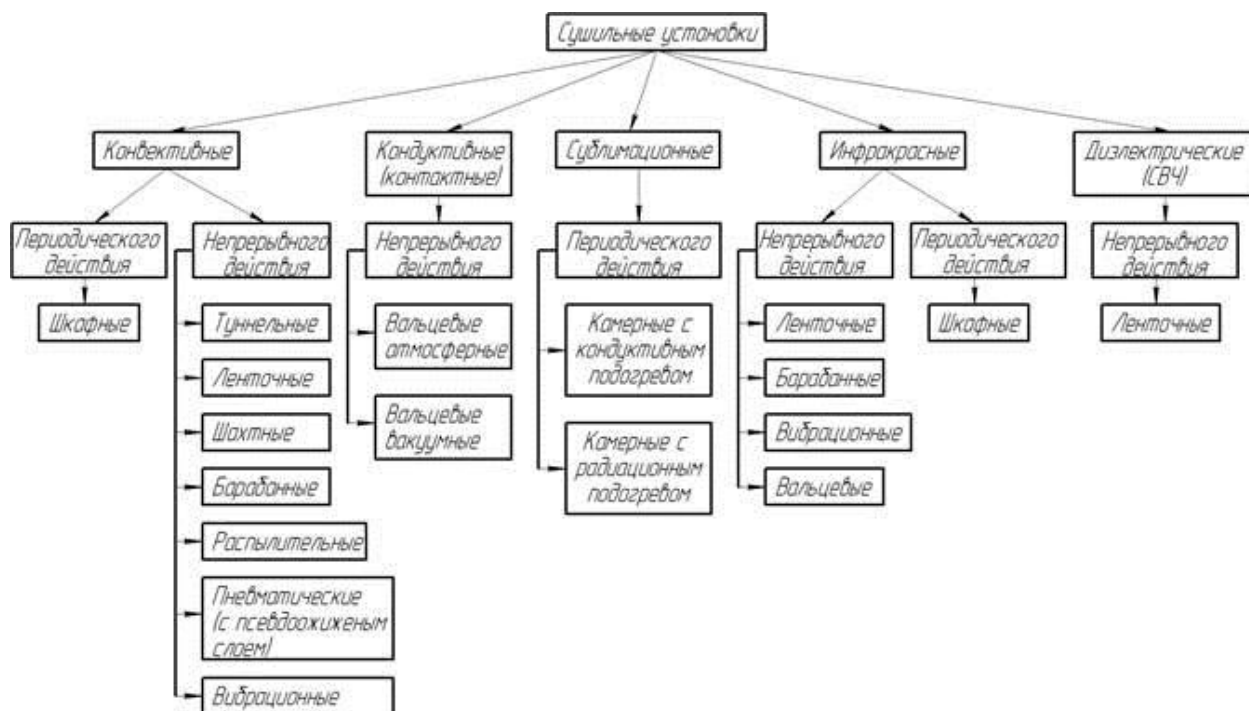


Рис. 1.1. Классификация сушильных установок

По методу подвода тепла сушильные установки распределяются на:

– конвективные сушилки, в которых подача тепла к высушиваемому материалу или продукту выполняется с помощью сушильного агента: воздуха,

топочных газов или же перегретого пара присутствие стабильной конвекции. Они имеют все возможности быть только непрерывного, также в частности и периодического действия. При конвективной сушке испарившаяся влага вводится одновременно с проработанным воздухом.

- контактные сушилки реализовывают теплообмен через нагретую поверхность, которая соприкасается с высушиваемым материалом. В связи с технологические процессы сушки и свойств продукта или материала температура такой поверхности и может быть выше 100°C. Сушильные установки в поле токов высокой частоты позволяют нагревать продукт изнутри. В результате влага из внутренних слоёв выходит на поверхность и испаряется.

- инфракрасные сушилки осуществляют передачу тепла за счёт коротковолновых лучей инфракрасного диапазона. При инфракрасной сушке продуктов выбирается длина волны излучения, воздействующая только лишь на воду, содержащуюся в продукте. При этом данное излучение не поглощается самим продуктом. Это позволяет осуществлять сушку при достаточно низких температурах (40-60°C). Все перечисленные способы могут применяться в комбинированном варианте. Например, может осуществляться конвективно-контактная сушка, конвективная сушка может сочетаться с сушкой токами высокой частоты или инфракрасной сушкой, вакуумная сушка с микроволновым нагревом.

Согласно по уровню давления сушильного агента в рабочем месте сушильной камеры: атмосферные сушильные установки (сушка осуществляется при атмосферном или близком к нему давлении); вакуумные сушильные установки (давление в сушильной камере намного ниже атмосферного; например установки для сублимационной сушки).

По характеру работы: сушилки периодического действия (загрузка и выгрузка высушиваемого продукта осуществляется периодически); сушилки

непрерывного действия (загрузка и выгрузка высушиваемого продукта осуществляется непрерывно), такие как ленточные и конвейерные. К этому же типу относятся коридорные сушилки, в которых с одной стороны загружается порция сырья, а с другой выгружается такая же порция готового продукта[7].

Согласно по использующемуся сушильному агенту: сушилки на топочных газах; воздушные сушилки; с использованием перегретого пара или инертного газа (используются для сушки продуктов, которые окисляются кислородом воздуха). По направленности движения сушильного агента относительно высушиваемых продуктов: проточные сушилки (направление движения высушиваемого продукта совпадает с направлением движения сушильного агента); противоточные сушилки (направление движения высушиваемого продукта противоположно направлению движения сушильного агента); сушилки с перекрестным током (направление движения высушиваемого продукта перпендикулярно направлению движения сушильного агента); сушилки с реверсионным током (направление движения сушильного агента направления движения высушиваемого материала).

По принципу циркуляции сушильного агента: установки для сушки с естественной циркуляцией сушильного агента (его движение в сушильной камере осуществляется за счёт разности плотностей газа в различных частях камеры); установки для сушки с искусственной циркуляцией сушильного агента (его движение в сушильной камере осуществляется либо центробежными или осевыми вентиляторами, либо струйными насосами-эжекторами).

По способу нагрева сушильного агента: сушилки с паровым обогревом (сушильный агент нагревается в поверхностных подогревателях, в которых пар находится под давлением 3-10 атм) Нагрев сушильного агента происходит до температур 60-145°C. Сушилки с подогревом сушильного агента в газовых

рекуперативных подогревателях (применяются для подачи в рабочую зону сушильной камеры чистого воздуха с температурой 200-350°C); Сушилки, в которых в качестве сушильного агента используется смесь топочных газов; Сушилки с электрическим нагревом сушильного агента (такой метод является дорогим и поэтому применяется в основном в лабораторных условиях). По подогреву сушильного агента: подогрев в сушильной камере; подогрев в выносных подогревателях (осуществляется перед вводом в сушилку); промежуточный подогрев между зонами сушки (для продуктов, не терпящих высоких начальных температур). Согласно по кратности применения сушильного агента в сушильной установке: однократные; рециркуляционные (сушильный агент частично возвращается в сушильную камеру). Часть влажного воздуха удаляется и добавляется свежий. По степени замены влажного воздуха сухим: сушилки с воздухообменом (влажный воздух полностью или частично заменяется); сушилки без воздухообмена (замкнутая циркуляция сушильного агента).

1.1.2 Конструкция сушильных установок

Ограничимся анализом схем и конструкций основных типов сушильных установок, работающих и предлагаемых к внедрению на предприятиях промышленности, транспортного машиностроения, железнодорожного транспорта и некоторых других отраслей народного хозяйства. По конструктивным признакам подразделяются: Коридорные (туннельные) сушилки, барабанные сушилки, камерные сушильные установки, сушка-осадка сточных вод и наст во встречных струях газового потока, терморadiационная сушка.

В туннельных сушилках материал передвигается на транспортирующих устройствах вдоль канала. Скорость движения материала и сушильного агента, а также скорость сушки определяются расчетами или опытными технологическими условиями. Для создания интенсивного режима сушки применяется позонная или общая рециркуляция рабочей среды, что дает возможность увеличить скорость, среднюю температуру и влажность воздуха и тем самым увеличить скорость и равномерность сушки. Схема контуров одной из туннельных сушилок представлена на (рис. 1.2.) Она состоит из одного или нескольких параллельно находящихся, по возможности закрытых каналов, в которых перемещаются вагонетки с материалом и сушильный агент. Вентиляционно-калориферная система располагается в торце со стороны загрузки сырого материала, над сушильной камерой. Предусматривается частичная рециркуляция отработавшего воздуха, смесь которого с атмосферным воздухом после подогрева по верхнему каналу направляется в торец выгрузки сухого материала; создается противоточное движение.

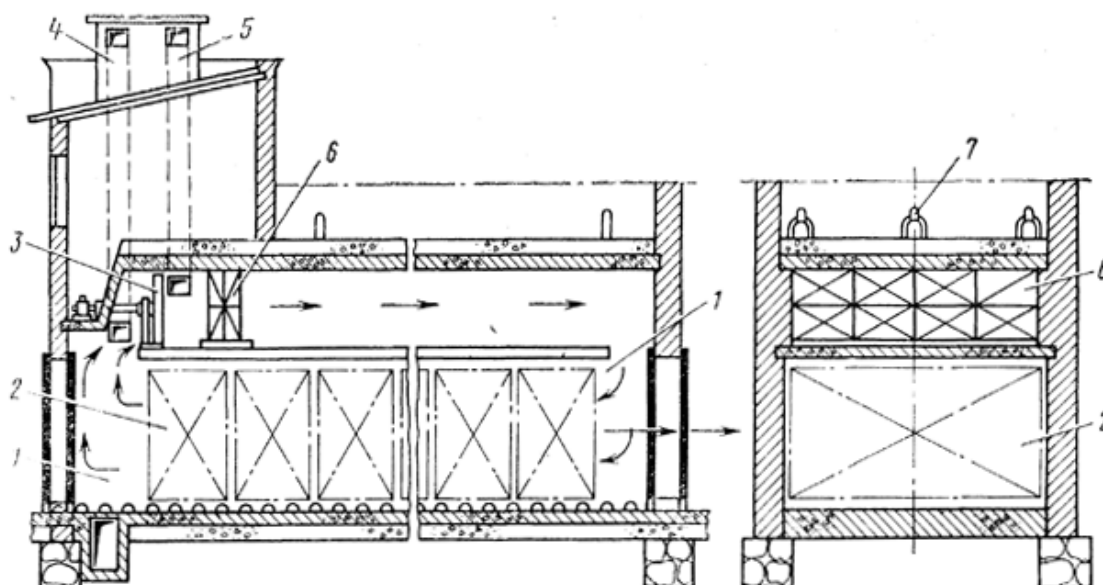


Рис. 1.2. – Схема туннельной сушильной установки: 1 – сушильная камера; 2 – штабель; 3 – вентилятор с электродвигателем; 4 и 5 – приточный и вытяжной каналы; 6 – пластинчатый калорифер; 7 – психрометр.

Вследствие малой подвижности материала во время сушки, а также расслаивания холодного и нагретого воздуха по высоте канала в проточных сушилках такого типа наблюдается некоторая неравномерность сушки, поэтому целесообразно применять противоточные камеры со скоростью сушильного агента 2 – 3 м/с. Барабанные сушилки предназначены для сушки сыпучих, зернистых и кусковых материалов, например песка, угля, глины, известняка, алюминиевой стружки, пастообразных материалов и т. д. В зависимости от приема передачи теплоты от сушильного агента к материалу барабанные сушилки распределяются на три группы: прямого действия, в которых сушильный агент непосредственно соприкасается с материалом; непрямого действия, косвенного нагрева, где необходимое для сушки количество теплоты передается сквозь стенки барабана; смешанного действия, в который часть теплоты от сушильного агента передается материалу сквозь стенку, а часть – путем непосредственного соприкосновения[8].

На рисунке 1.3. представлена противоточная барабанная сушилка прямого действия, работающая на смеси продуктов сгорания топлива с воздухом. Топочное устройство, циклоны, дымососы, вентиляторы и другое вспомогательное оборудование на рисунке не показаны.

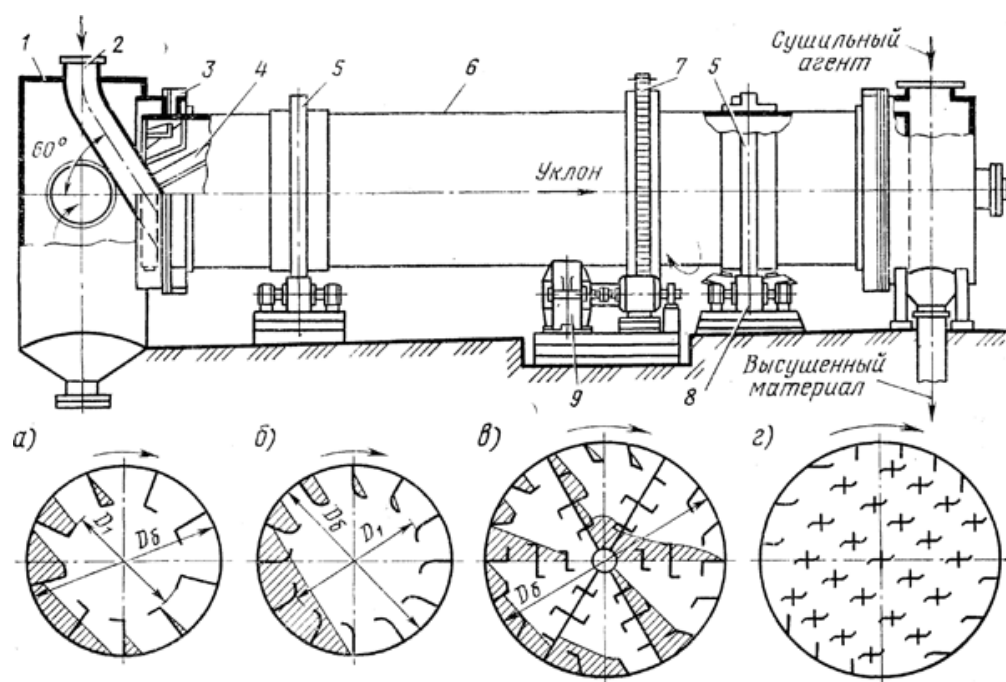


Рис. 1.3. – Барабанная сушильная установка: 1 – камера для отвода сушильного агента; 2 – подача сырого материала; 3 – уплотнительное кольцо; 4 – насадка; 5 – скользящая опора; 6 – барабан; 7 – колесо привода; 8 – опорно-упорный подшипник; 9 – электродвигатель с редуктором; а и б – подъемно-лопастная система насадки; в – распределительно-перевалочная система с закрытыми ячейками; г – распределительная система.

Основной частью этих сушилок является наклонный вращающийся с частотой вращения 0,5 – 8 об/мин цилиндрический или конический барабан с постоянным или переменным углом наклона. Наклон барабана относительно горизонтальной оси составляет обычно $\frac{1}{15} - \frac{1}{50}$. В зависимости от производительности установки барабаны рекомендуется выполнять диаметром $D = 1,0 \div 2,8$ м при минимальном отношении длины к диаметру $L/D = 3,5$ и максимальном $L/D = 7,0$.

Камерные сушильные установки с псевдоожиженным слоем предназначены для сушки мелкозернистых материалов: песка, угля,

известняка, минеральных и органических солей, зерна, а также для сушки комкующихся материалов: сульфата аммония, некоторых полимеров, волокнистых и пастообразных веществ. В аппаратах подобного типа можно производить и выпаривание растворов, расплавов и суспензий[9].

На рис. 1.4. изображена сушильная камера, предназначенная для сушки песка в псевдоожиженном слое на беспровальной решетке. Она работает на смеси продуктов сгорания газообразного или жидкого топлива с воздухом при температуре 500 – 800 °С и избыточном давлении $(4 \div 5) \cdot 10^3$ Па.

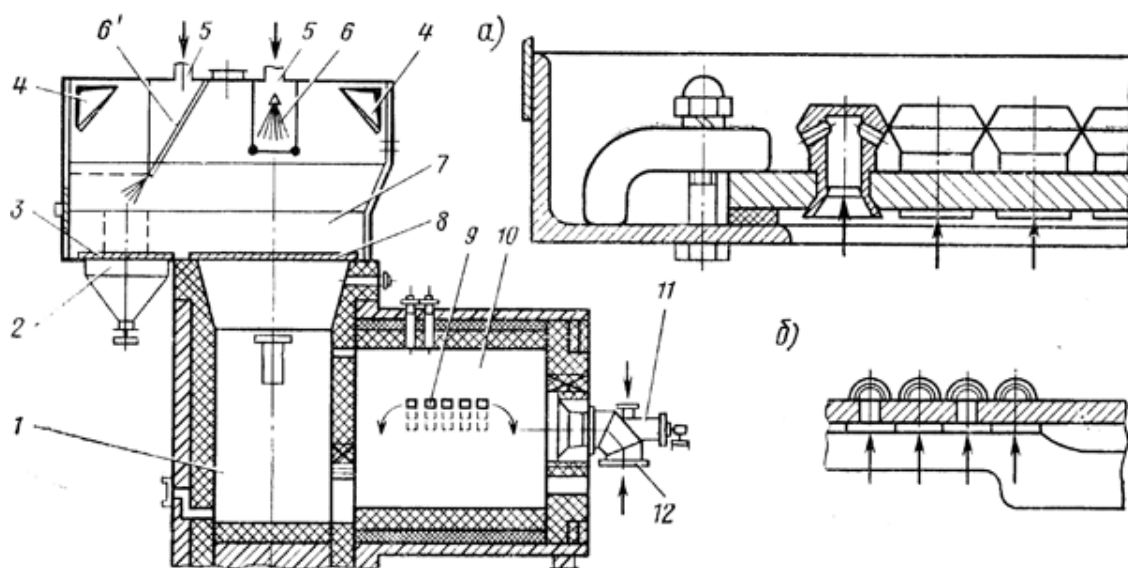


Рис. 1.4. – Камера для сушки песка в псевдоожиженном слое на беспровальной решетке: а – решетка с колпачковым распределительным устройством; б – решетка с сегментным распределением сушильного агента; 1 – камера смешения; 2 – бункер сухого песка; 3 – решетка для охлаждения песка; 4 – отвод парогазовой смеси; 5 – подача сырого песка; 6, 6' – направляющий конус из лепестков; 7 – зона сушки; 8 – рабочая решетка; 9 – регулируемый подвод вторичного воздуха; 10 – топочная камера; 11 – горелка; 12 – первичный воздух.

Совмещение двух операций способствует не только интенсивному охлаждению сухого песка до 40 – 60 °С, но и дополнительной сушке сырого песка. Колпачки для беспровальных решеток выполняются литыми или сварными с центральным каналом в стволе и боковыми наклонными отверстиями в верхней части. Угол наклона верхних каналов выбирают из условия исключения провала зернистого материала при неподвижном слое.

1.1.3 Методологические основы анализа энергетической эффективности сушильной установки

Основная задача сушильной установки в пищевой промышленности – сохранение качества продукции. Снижение влагосодержания отводить или существенно снижает интенсивность протекания микробных и ферментативных взаимодействий. Но процесс испарения воды связан с существенным расходом энергии. В большинстве развитых стран от 5 до 14 % энергии, употребляемой промышленностью, используется на сушку[10]. По этой причине важнейшим направлением нынешних исследований в сфере сушки является разработка технологий с эффективным применением энергии. С целью этого применяют рекуперацию тепла, рекомпрессию пара, перегретый пар, а также, как аппарат усовершенствования сушильных установок – энергетический, экономический и энергетический анализ[11].

Учитывая то, что все естественные процессы немного несовершенны, или другими словами выражаясь термодинамики, необратимы, но в действительности сушильная установка требует незначительное энергии. Потому как мера несовершенства обуславливает энергетическую эффективность процесса, в таком случае всеобщую стратегию анализа выразим

таким образом: если целью рассмотрения считается достижение максимальной энергетической эффективности, то в таком случае способом осуществления поставленной цели будет достижение минимального энергетического несовершенства.

Современная термодинамика дает возможность достичь данной цели, увязав энергетическую эффективность и энергетическое несовершенство, представляющие абстрактные понятия, с соответствующими числовыми эквивалентами. Обычно энергетическая эффективность характеризуется удельным расходом органического топлива на производство единицы продукта или переработки единицы материала, что в нашем случае подходит содержанию рассмотрения анализа и возможна к применению как подобающим числовым эквивалентом.

Под числовым эквивалентом энергетического несовершенства довольно подразумевать абсолютную характеристику необратимости, то что в термодинамике показана увеличением энтропии адиабатной системы от необратимости процессов и обуславливается в процессе энтропийного термодинамического анализа. Энтропийный термодинамический анализ ведется на основании уже предварительно известных термодинамических параметров сушильных установок, принятых в эксперименте, либо расчетным путем. Минимальное число параметров следует быть таким, для того чтобы исследуемой сушильной установкой и любой ее составляющей части можно было сформировать материальный, энергетический и энтропийные балансы. В общем случае анализ предпочитается к операциям, которых условно можно разделить на последующие этапы.

Первый этап представляет собой выделение термодинамической системы, которую предпочитают таким образом, чтобы можно было ее определить точно.

Вторым этапом является зависимости от поставленной цели исследования для сушильной установки или ее части, следует сформировать соответствующие балансы. Для анализа довольно знать только характеристики на контрольной поверхности процесса.

Третьим этапом является для каждой рассматриваемой части и системы в целом на основе энтропийного баланса вносятся термодинамические данные двух видов – относительные и абсолютные. Первое предоставляет величины генерации энтропии от необратимости различных процессов, второе представляет относительные значимости данной части необратимости и величины термодинамического совершенства, согласно взаимоотношению к единой необратимости системы.

Для определения указанных данных разработано соответствующие методики аналитических и графических способов, которая в каждом определенном случае из всего резерва характеристик подразумевает вычисление исключительно того минимума показателей, который необходим в целях решения проблемы.

Впоследствии рассмотрим анализ энергетической эффективности сушильной установки энтропийным способом термодинамического анализа. Для анализа преднамеренно выбрана сушильная установка с простой конфигурации (без применений энергии вторичных энерго-ресурсов) с целью раскрытия всех узлов несовершенства, определения степени их воздействия на общую эффективность режима и разработки комплексных мероприятий согласно по уменьшению энергопотребления.

Таким образом, в общем случае в сушильных установках можно рассматривать как одну термодинамическую систему с соответственными потоками энергии и вещества, которые пересекают ее пределов. Очевидно, такое понимание, не вдаваясь в подробности процессов, протекающих внутри

системы, предоставляет вероятность связать подведенные к системе тепло энергетическим ресурсам с источниками их потерь.

В этом смысле, значимым прибором анализа могут стать общие балансы сушильной установки. В последствии под общим балансом подразумевается система уравнений энергетического и энтропийного баланса, записанные для сушильной установки. Если говорить замкнутую систему аналитических энергетических и энтропийных балансов для всех взаимозависимых элементов сушильной установки, то она упростится до единого общего баланса, образующими которого будут потоки, не связанные внутри системы, а такие которые связывают сушильную установку с окружающей средой.

Составим общий энергетический синтетический баланс СУ, что по определению устанавливает равенство между поступлением и расходом энергии:

$$BQ_H^p + H_c^{кг} + H_b^{кв} + H_{ж}^{in} = H_{ж}^{out} + H_{ca}^{out} + \sum Q_0^{in} \quad (1.1.3)$$

При составлении энтропийного общего баланса важно учесть необратимость всех процессов сушильной установки, собственно при применении синтетического баланса сделать сложно. Следовательно, в целях определения глубины и характера применения потенциалов энергии смысл имеет аналитический баланс. Запишем энтропийный общий аналитический баланс в соответствии с рис. 1.5, принимая во внимания следующие условия:

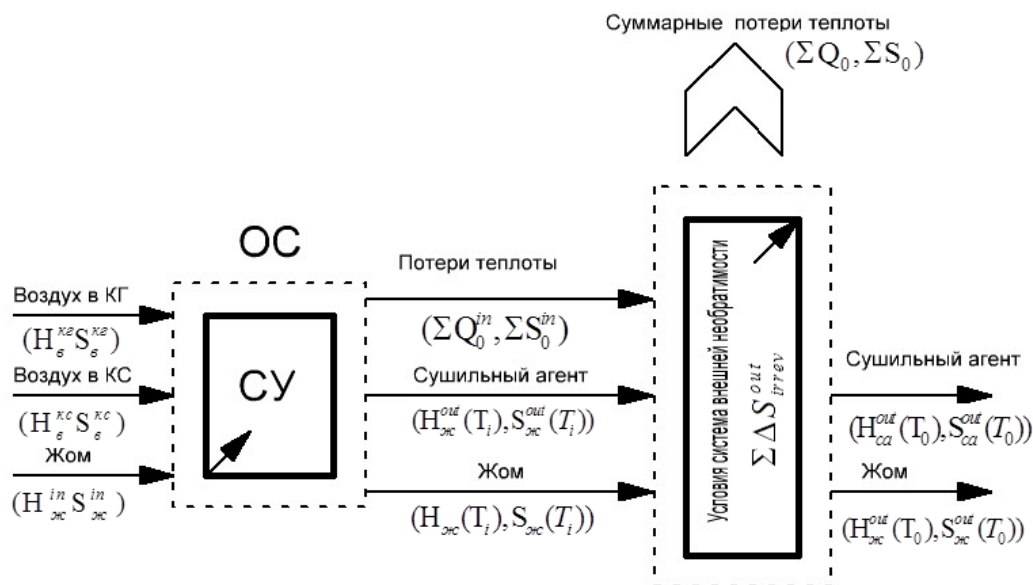


Рис. 1.5. - Схема сушильной установки для составления энтропийного общего аналитического баланса.

Используем к анализу рассмотрению термодинамическую систему – условную подсистему внешней необратимости, где происходит снижение потенциалов выходных потоков СУ к параметрам окружающей среды. Используя такого порядка формой записи уравнения, порой все без исключения члены считаются абсолютными величинами.

В соответствии со свойствами энтропии, может подводиться так и отводиться с потоками теплоносителей и теплоты, кроме того увеличиваться от необратимости процессов; с левой стороны уравнения вносятся члены, отражающие поступления энтропии в систему, справа – её выход, при этом рост энтропии от необратимости процессов следует понимать как вспомогательный подвод энтропии;

Энтропийный общий аналитический баланс имеет вид:

$$S_{\text{в}}^{\text{КГ}} + S_{\text{в}}^{\text{КС}} + S_{\text{ж}}^{\text{ин}} + \Sigma \Delta S_{\text{irrev}}^{\text{cy}} = S_{\text{ж}}^{\text{оуе}}(T_0) + S_{\text{с}}^{\text{оуе}}(T_0) + \Sigma S_0 \quad (1.1.4)$$

где $\Sigma S_0 = \Sigma Q_0/T_0$ – поток энтропии, поступающий в окружающую среду с суммарными потерями теплоты. Суммарные потери теплоты включает в себя потери теплоты с поверхности подсистем сушильной установки и вторичных энерго-ресурсов, которые, исходя из сушильной установки, имеют значительную температуру, зависимо от температуры окружающей среды и рассчитывают из последующего уравнения:

$$\Sigma Q_0 = \Sigma Q_0^{in} + \Sigma Q_0^{BEP} \quad (1.1.5)$$

энергия выходных потоков вторичных энерго-ресурсов под условную подсистему задней необратимости обозначить как $\Sigma H_i(T_i)$, а выходных - $\Sigma H_i(T_0)$, то потери теплоты ВЭР определяется уравнением:

$$\Sigma Q_0^{BEP} = \Sigma H_i(T_i) - \Sigma H_i(T_0) \quad (1.1.6)$$

Так как представляет собой числовой характеристикой абсолютной необратимости объединенной системы сушильной установки и окружающей среды, в таком случае ее имеет смысл разделить их на две составляющие: внутреннюю необратимость и внешнюю необратимость при генерации энтропии от необратимого взаимодействия теплоты вторичных энерго-ресурсов и потери теплоты:

$$\Sigma \Delta S_{irrev}^{cy} = \Sigma \Delta S_{irrev}^{in} + \Sigma \Delta S_{irrev}^{out} \quad (1.1.7)$$

Из анализа уравнения можно сделать вывод, что в реальности СУ происходят такие необратимые процессы: как смешивание потоков теплоносителей с различными температурами и снижение потенциала сушильного агента. Для сушильной установки в целом, по причине приоритетным направлением постановления данной задачи может стать разработка методики определения минимальной технологической необратимости, что будет рассматриваться как идеал энергетического совершенства. Применение данных научно-методических принципов термодинамического анализа сушильных установок в данном исследовании

дает возможность существенно уменьшить потребление энергии для сушки продуктов.

1.1.4 Сущность процесса сушки обезвоживания материала

По сущности процесса сушки заключается в диффузии влаги из внутренних слоев к поверхности материала и испарении ее на поверхности с переходом в окружающую среду. Такой процесс может протекать лишь в том случае, если парциальное давление пара в пограничном слое над поверхностью материала больше парциального давления пара окружающей газообразной среды. В тепловых процессах обезвоживания материала рассматривают две задачи – кинетику и статику сушки.

Кинетика сушки устанавливает взаимосвязанность между изменением влажности используемого материала в моменте времени и параметрами процесса: свойствами и структурой материала, его размерами, гидродинамическими условиями обтекания материала сушильным агентом и другими факторами. Уравнения кинетики описывают процесс удаления влаги из материала во времени и применяются с целью установления продолжительности и режима сушки.

Статика сушки устанавливает взаимосвязанность между начальными и конечными параметрами участвующих в сушке используемого материала и сушильного агента в основах материальных и тепловых балансов. С помощью зависимостей статики сушки характеризуют состав материала, расход сушильного агента, тепла и топлива. Для расчета процесса сушки и создания оптимальных конструкций сушилок необходимо совместное рассмотрение кинетики и статики сушки. Система сушки влажных материалов обуславливается в основном формой связи влаги с материалом, кроме того

режимом сушки или критериями испарения влаги с поверхности использованного материала в атмосферу[12].

В качестве основной классификации форм связи влаги с используемым материалом обычно принимают схему, где все формы связи делятся на химические, физико-химические и физико-механические. Химически связанная влага обладает наибольшей энергией связи с материалом, находится в точных количественных соотношениях с сухим веществом. Эта влага может быть удалена из материала при температуре выше 120 – 200 °С, но при этом, как правило, будет изменяться молекулярная структура материала.

В технологии сушки влагу, находящуюся в материале, обычно разделяют на два вида: свободную и гигроскопическую. Скорость испарения с поверхности материала свободной влаги определяется по закону испарения ее со свободной поверхности жидкости, а именно при парциальном давлении пара над поверхностью материала, равном давлению насыщения при температуре пограничного слоя, равной температуре поверхности материала.

В процессе сушки количество влаги в материале уменьшается. Может наступить такое состояние, когда парциальное давление пара в слое газа над поверхностью материала будет равно парциальному давлению пара в окружающей среде, в этот момент наступает равновесное состояние газовых систем в сушильной камере, сушка прекращается. Влажность такого материала ω_p называется равновесной.

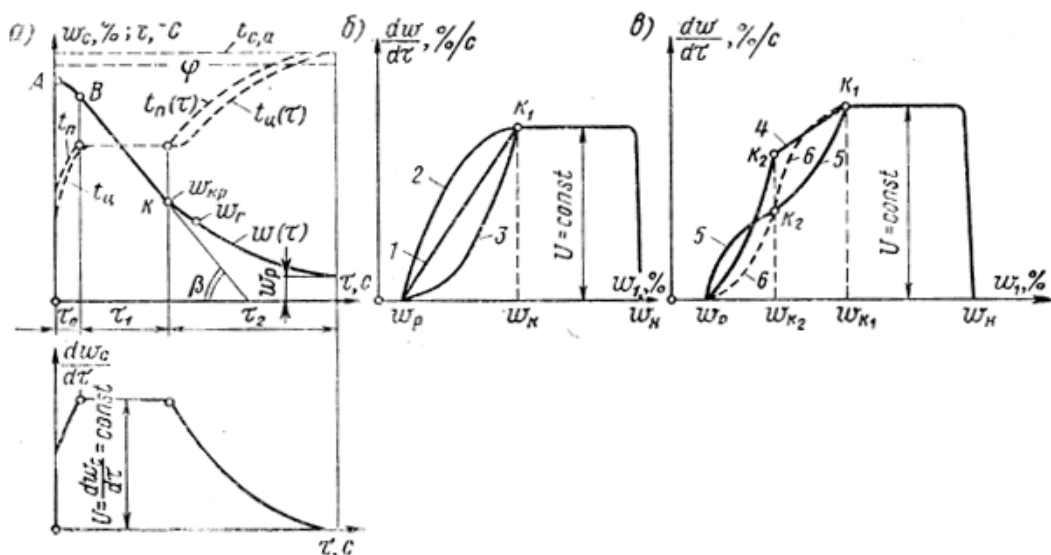


Рис. 1.6. – Зависимости влагосодержания и скорости сушки влажных материалов от времени: а – при постоянных параметрах сушильного агента; б, в – типичные и более сложные кривые скорости сушки.

При рассмотренным зависимости влагосодержания, и скорости сушки от времени. На рис. 1.6. а изображены зависимости сушки $\omega_c(\tau)$ и скорости сушки $\frac{d\omega_c}{d\tau}(\tau)$, которые могут быть получены из опыта при достаточно «мягком» режиме конвективной сушки и постоянных параметрах сушильного агента, а именно температуре $t_{св}$, относительной влажности ϕ и скорости потока газа v_r . В начале процесса убыль влаги из материала происходит медленно (верхний рисунок). В этот сравнительно небольшой промежуток времени τ_0 температура во всех точках материала увеличивается, а влагосодержание несколько уменьшается. После начальной стадии нагревания влагосодержание материала уменьшается по линейному закону[13]. Температура на поверхности испарения в течение этого периода сушки τ_1 не изменяется и равна температуре адиабатического насыщения сушильного агента (температуре мокрого термометра t_m). Парциальное давление пара в пограничном слое равно

давлению насыщенного пара $p_{\text{и}} = p_{\text{н}}$ при $t_{\text{пс}} = t_{\text{м}}$. Температура поверхности $t_{\text{п}}$ и температура центра $t_{\text{ц}}$ (с запаздыванием) становятся одинаковыми (температурный градиент внутри материала равен нулю: $dt/d\tau = 0$). Этот период называют периодом постоянной скорости сушки.

1.1.5 Энергосбережение в сушильных установках

Научно-технический прогресс во многих своих проявлениях нацелен на повышение энергетической эффективности общего производства, то есть на энергосбережение. Энергосбережение состоит в снятии физического объема энергии или топлива, расходуемых на единицу выпускаемой продукции или государственного дохода, то есть в экономии органического топлива, тепловой и электрической энергии, достигаемой в результате: создания и внедрения новейших, наиболее энергоэкономных научно-технических процессов и оборудования[14].

Как только тем или иным способом, когда закончится кризисный спад в производствах, потребление электроэнергии промышленностью резко возрастет. Этот фактор подталкивает производителей различного оборудования к созданию энергоэкономичных установок и совершенствованию ранее существующих, а также осуществлять исследования и разрабатывать наименее энергоемкие технологические процессы. В свете данной нам проблемы, тепло и массообменные установки представляет из себя не самой экономными, так как в процессе работы происходит расходование различных видов энергии, такие как электрической и тепловой. Это связано, насколько много используется подведенная энергия, и зависит экономичность и интенсивность протекающего процесса. По этой причине проводить научные исследования в области тепломассообменных процессов и установок и создавать наиболее экономичную установку - это означает не только уменьшить себестоимость

конечную продукта, а также представить потребителям этого оборудования аппараты с наиболее с наиболее высокой степенью энергосбережения.

За прошедшие десятилетие спросу энергосбережения в сушильных установках тратятся наиболее усиливающих количественных работ. Основные, мировозренческие проблемы энергосбережения в тепло технологических аппаратов, к которым относится и тепловая сушка, распространяются в рабочих средах. Анализируя такие исследования возможно отметить три наиболее важных подхода к энергосбережению: применение и обнаружение ВЭР через регенерацию энергии внутри технологического процесса, повышение процессов тепло и массообмена, формирование новейших технологий, применяя по принципу предельного энергосбережения; и третий, новый современный подход - кинетическая оптимизация технологического явления. Чтобы установка периодического действия была перекрестно точным, необходимо учесть процесс сушки, что энергоемкость прямо пропорциональна времени сушки[15].

Основным методом прогрессирование эффективности и малой затраты сушки считается её интенсификация, которое нашло отражение в применении жестких систем и в исследований способов, основанных в использовании значительных температур, больших скоростей теплоносителя и больших радиационных потоков.

Внутреннее регенеративное применение тепла в конвективных сушильных установках связано, как с рециркуляцией сушильного агента так и рекуперацией его тепла. Разработаны вопросы, в которых решение рециркуляции показана как из ряда тепло и массообмена, также и с позиций энергосбережения. Но зная эти проблемы первым необходимо принять существование повышенного коэффициента полезного действия и даны аналитические зависимости целью его выявления, в теории можно

рассматривать о существовании предельного коэффициента рециркуляции и о выявлении связи между коэффициентом рециркуляции и удельными расходами энергии. Детально проанализированы все решения энергосбережения при рециркуляции сушильного агента[16].

Рассматривая в качестве варианта оптимизации схемы сушильной аппаратуры совокупный установленный расход условного топлива, рассматривающий как единовременные, так и стабильные энергозатраты в аппаратуре, необходимо свидетельствовать, что с увеличением коэффициента рециркуляции установленные затраты на подогрев сушильного агента постоянно снижаются. Однако при этом увеличивается степень влагосодержание сушильного агента в сушильной камере. Внутреннее регенеративное применение тепла в конвективных сушильных аппаратах оказано, с рециркуляцией сушильного агента и рекуперацией его тепла.

Ко второму концептуальному методу к энергосбережению в технологических аппаратах, включаемой с интенсификацией процессов тепло и массообмена другими словами, с применением принципиально новейших технологий, различающихся наиболее заниженной энергоемкостью. Конкретные исследования принадлежат определенным технологиям сушек, исследованных материалов. Особо важные научные исследования применительно к сушильным аппаратам бесперебойного действия для сушки дисперсных материалов исполнены в предписании С.И. Коновальцевым[18], классификация версий энергосбережения опирается за счет того, что энергосберегающий результат любого технологического мероприятия не способно функционировать конкретно. Вполне возможно утверждать, что какие либо действия, приводящие к изменению результата научно-технологического процесса, непосредственно является ресурсосберегающей. Поэтому в рассматриваемую классификацию добавляются новейшие

нетрадиционные методы энергосбережения: параметрическая оптимизация и интенсификация не рационального распределения тепло и массообмена.

Анализ принцип работы и тепло технологических схем сушильных установок, используемых в промышленности, позволяет удостовериться, то что в подавляющем большинстве сушилок энергии к влажному материалу подводится конвективным путем. Также в этих сушильных установках низкие коэффициенты потребление энергии и при отсутствие расчетных методов исследования статике не позволяет осуществлять оптимизацию тепло технологических схем и параметров режимах[17].

Научное исследование вопроса повышения энергетической эффективности конвективных сушильных установок приводит к решению о необходимости получения аналитических зависимостей для расчета статике, так и кинетики сушки. Все многообразные схем конвективных сушильных установок можно свести к трем основным вариантам (с рециркуляцией, с его промежуточным подогревом внутри сушильной камеры с однократным использованием сушильного агента) и их комбинациями. Рассматривая статику сушки, можно сказать, что рециркуляция сушильного агента представляет собой наиболее доступное решение снижения энергозатрат в конвективных сушильных установках.

2 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА В СИСТЕМЕ ОБРАБОТКИ ПОРИСТОГО МАТЕРИАЛА

2.1. Описание установки

В данной экспериментальной работе рассматриваются изменение состояния влажного воздуха в процессах, протекающих в сушильной установке. В рассмотрение этих процессов, протекающих во влажном воздухе, существуют отличия от процессов со смесями идеальных газов. Существенно влияет на эффективность осуществления технологического процесса. На рисунках (2.1.1) – (2.1.2) показаны схематические изображения установки.

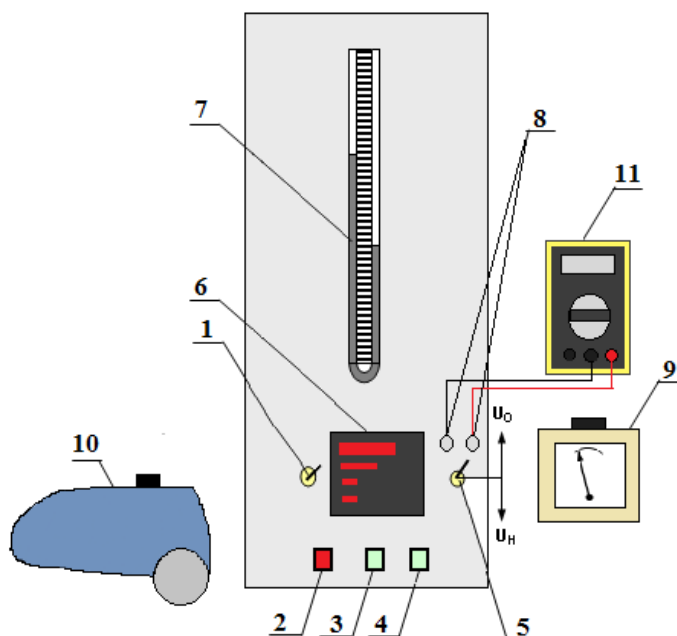


Рис.2.1.1 – Схематическое изображение экспериментальной установки

1. тумблер переключения прибора измерения температуры
2. кнопка для включения вентилятора

3. кнопка для включения нагревателя
4. тумблер переключения для измерения напряжения U_n на нагревателе и U_0 на образцовом сопротивлении
5. регулятор напряжения на нагревателе калорифера
6. восьмиканальный прибор измеритель температуры
7. U-образный манометр
8. разъемы для подсоединения вольтметра
9. регулятор напряжения на нагревателе калорифера
10. вентилятор
11. вольтметр

2.2. Схема и принцип работы установки

Схемы экспериментальной установки и ее рабочего участка, представленные в рисунках объясняет общее приспособление установки, месторасположение на ней основных приборов и элементов управления. Подробная расшифровка названия элементы схемы предоставляет об их предназначение и выполняемых функциях.

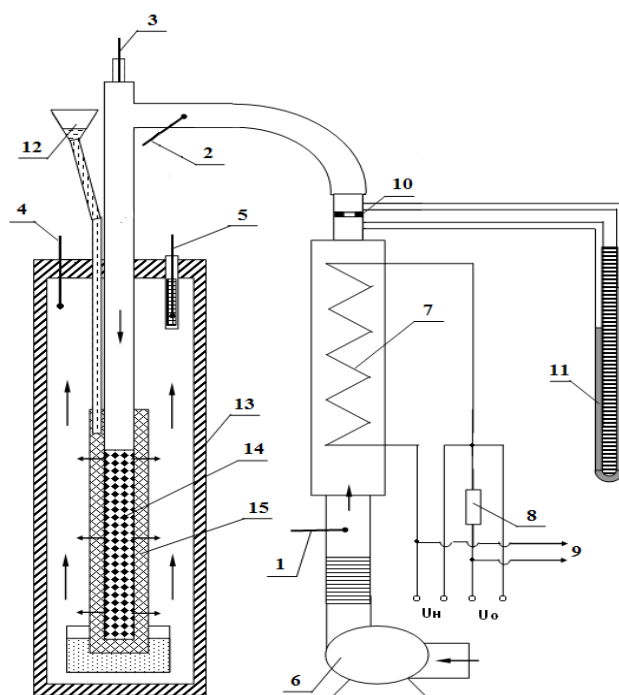


Рис.2.1.2.– Схематическое изображение участка установки

1. термопары на входе в калорифер
2. сухая термопара на выходе из калорифера
3. влажная термопара на входе в сушильную камеру
4. сухая термопара на выходе из сушильной камеры
5. влажная термопара на выходе из сушильной камеры
6. вентилятор
7. калорифер
8. образцовое сопротивление
9. подключение к регулятору напряжения
10. измерительная диафрагма
11. U – образный манометр
12. капельница воды
13. сушильная камера
14. трубка с отверстиями
15. смоченная водой х/б ткань

Из помещения комнаты сушильный агент подвергаемый к материалу, состояние который определяется психрометром и барометром, с вентилятором 6 подается в калорифер 7, где он нагревается с помощью электронагревателя. Температура на входе и выходе калорифера измеряется термопарами 1 и 2, а расход воздуха находится с помощью измерительной диафрагмы 10 (где диаметр составляет $D = 9$ мм) согласно перепаду давления в ней, измеряемому U-образным водяным манометром 11. Затем нагретый воздух согласно по трубке 14 поступает в сушильную камеру 13, где проходя путем через отверстия трубки 14, испаряет влагу из материала 15, обмотанной снаружи трубки. Вода подается на материал 15 через капельницу 12. Забрав в себя испаренную из материала влагу, воздух при температуре, фиксируемой сухой 4 и влажной 5 термопарами, выходит из сушильной камеры в помещение комнаты.

При постановке задачи были приняты следующие основные допущения:

1. Подвергаемый сушке материала расход воздуха был постоянный.
2. Теплофизические характеристики материалов являются изменяемые и известными величинами.
3. Не рассматривается теплоперенос в сушильной камере.
4. Напряжение на нагревателе калорифера с помощью регулятора напряжения регулировалась в диапазоне 80-160 В, при котором мощность электрического нагревателя не превышала 1200 Вт.
5. Предполагается, что на внутренней поверхности материал, находящийся в сушильной камере, имеет температуру не превышающую 70 °С.
6. Образцовое электрическое сопротивление постоянный $R=0,1$ Ом.

Принятые допущения не накладывают принципиальных ограничений на общность постановки задачи и отражают достаточно реальные режимы работы сушильной установки.

Внутренний объем сушильной камеры:

Объем цилиндрической камеры равен произведению площади основания на высоту:

$$V_1 = \pi r^2 h = 3,14 \cdot 4,2^2 \cdot 26,7 = 1479 \text{ см}^3$$

$$V_2 = 3,14 \cdot 3,4^2 \cdot 2,2 = 79,8 \text{ см}^3$$

$$V_3 = 3,14 \cdot 3^2 \cdot 1,5 = 42,4 \text{ см}^3$$

$$V_c = V_1 + V_2 + V_3 = 1601,2 \text{ см}^3$$

где радиус $R_1 = 4,2 \text{ см}$ $R_2 = 3,4 \text{ см}$ $R_3 = 3 \text{ см}$

а высота $H_1 = 26,7 \text{ см}$ $H_2 = 2,2 \text{ см}$ $H_3 = 1,5 \text{ см}$

Общий внутренний объем сушильной камеры составляет: $V = 1601,2 \text{ см}^3 = 1,6 \text{ л}$.

2.3. Указание по проведению эксперимента

Для проведения исследования, следует собрать экспериментальную установку согласно схеме. Опыты проводятся согласно указаниям:

- гнезда мультиметра 2 соединить проводами с гнездой 1 (рис. 2.1.1) на передней панели прибора для измерения напряжения U_0 на образцовом сопротивлении и U_n на нагревательном элементе калорифера. Установить на мультиметре режим измерения напряжения переменного тока.

- В капельницу 12 залить 10 мл дистиллированной воды. Затем в сушильной камере смочить ткань 15 (рис. 2.1.2)

- из гильзы вынуть термопары 3 и 5. Дистиллированной водой смачиваем на них ткань. После этого устанавливаем термопары обратно в гильзу.

– нажать кнопку 7 "сеть" и включить тумблером прибор измерения температур 10. Осуществить проверку работы первых четырех термопар с помощью кнопок на приборе 11.

– нажать кнопку 6 "вентилятор". Требуемый расход воздуха устанавливаем с помощью регулятора мощности вентилятора 9, сравнивая с показаниями манометра 12 (20...40 мм вод. ст.).

– нажать кнопку 5 "нагрев" и затем установить нужное напряжение на нагревательном элементе калорифера при помощи регулятора напряжения 3, по показаниям мультиметра 2 в положении тумблера 4 вниз на измерение ин (в диапазоне 80...160 В). Температура согласно показанию второй термопары прибора 1 должна быть в пределах 50...70 °С.

– показания приборов стенда: мультиметра 2 - напряжение U_0 (положение переключателя 4 вверх) и напряжение U_n (положение переключателя 4 вниз); манометра 12, измеряющего перепад давлений на измерительной диафрагме, величину Δh .

– прибора 11, измеряющего температуры t_1, t_2, t_3, t_4, t_5 соответствующие каналам прибора согласно с первого по пятый.

– регулятором 3 изменить напряжение питания нагревательного элемента (увеличив или уменьшив напряжение на 20... 50 В).

3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 Организация и планирование работ SWOT-анализ

Внешняя среда

1. Технологическая среда

Современная промышленность характеризуется весьма большим числом разнообразных производств, различающихся условиями протекания технологических процессов и многообразием физико-химических свойств перерабатываемых веществ и выпускаемой продукции. Вместе с тем технологические процессы различных производства представляют собой комбинацию сравнительно небольшого числа типовых процессов (нагревание, охлаждение, сушка и т.д.). В тепломассообменных установках заметное место занимают процессы сушки. Сушка – это процесс удаления влаги из твердого или пастообразного материала путем испарения содержащейся в нем жидкости за счет подведенного к материалу тепла.

2. Экономическая среда

В нашей стране производство сушильных установок находится на высоком уровне. Многие научные исследования наших ученых проведены гораздо шире и выполнены на более высоком уровне, чем аналогичные работы за рубежом, а ряд производство отечественных сушильных установок по своим технико-экономическим показателям превосходит заграничные установки. Из-за этого не приходится заказывать из-за границы дорогое оборудование и основы науки о сушке материалов в нашей стране были разработаны значительно раньше, чем за границей.

3. Спрос, характер спроса.

Наиболее широкое распространение и большого спроса получили барабанные сушилки. Эти сушилки отличаются высокой производительностью

и относятся к конвективным сушилкам. Спрос на данное исследование может возникнуть у компаний производителей пищевой промышленности как ООО "Никольское Агро"; у деревообрабатывающих промышленных предприятий ООО АТ-СЕРВИС; у различных теплогенерирующих компаний и т.п.

4. Конкуренты

Конкурентами являются различные специально созданное для организации научных исследований и проведения опытно-конструкторских разработок и сушильные лаборатории МЭИ и много других научно-исследовательских институтов, в которых ведущие свою работу в области по сушке материалов и повышения экономичности сушильных установок.

5. Поставщики

Поставщика оборудования для исследования работы сушильной камеры являются: ООО «СПС» Комплексные поставки КИПиА (термопары), «Рубин» (компрессор).

6. Аудитория влияния

Аудиторией влияния на техническое обеспечение исследования является администрация Томского Политехнического Университета.

Внутренняя среда

1. Проектный продукт и его характеристики

Продукт представляет собой исследование, результатами которого является изучение эффективности работы сушильной камеры в зависимости от различных условий работы, получение основных сушильных камер.

2. Обеспеченность, потребность в основных средствах

Основными средствами являются измерительные приборы, ЭВМ, и сушильная камера.

3. Обеспеченность, потребность в оборотных средствах.

Оборотными средствами является дистиллированная вода.

4. Экспертная оценка

Для проведения экспериментов необходимо выбрать качественную сушильную установку. Именно от этого будет зависеть точность полученных результатов. Поэтому по ходу произведем сравнительный анализ трех фирм производителей сушильных установок.

Модель экспертной оценки в нашем случае будет строиться по следующим параметрам:

- производительность;
- емкость сушки;
- скорость сушки;
- мощность;
- стоимость;
- габаритные размеры.

Эксперт оценил характеристики товаров по 10 - ти бальной шкале (10 - max). Далее он оценил важность каждого критерия по 5 бальной шкале (bj). Все данные представлены в таблицах.

Таблица 4.1 – Список компаний – производителей сушильных камер

№	Фирма производитель	Страна
1	ООО «Скрон»	Россия
2	WDE Maspell Press sx	Италия
3	<u>Vacuumterm</u>	Китай

Таблица 4.2 - Оценка конкурентоспособности компании

Фирма производител ь	Цена	произв одител ьность	емкост ь сушки	Мощно сть	габари тные размер ы	Диапаз он темпер атур	Сум ма
<u>Vacuumterm</u>	7/1,456	6/0,75	6/0,498	8/1,664	6/1,002	8/1,664	7,034
WDE Maspell Press sx	6/1,248	8/1	8/0,664	9/1,872	8/1,336	7/1,456	7,576
ООО «Скрон»	4/0,832	9/1,125	9/0,747	8/1,664	10/1,67	8/1,664	7,702
Важность (b_i) [1-5]	5	3	2	5	4	5	24
Вес (W_i)	0,208	0,125	0,083	0,208	0,167	0,208	1

Пример выполнения экспертной оценки: Для каждого завода изготовителя в столбцах с факторами конкурентоспособности необходимо было поставить оценку от 1 до 10, показывающую степень удовлетворения потребностям заказчика.

b_i – важность критерия – в этой строке необходимо было поставить цифру от 1 до 5 (5 – максимальная важность для заказчика).

W_i – весовой коэффициент – в этой строке рассчитывается весовой коэффициент каждого фактора конкурентоспособности как отношение важности критерия к сумме важностей всех факторов $\frac{b_i}{b_{\Sigma}}$.

При правильности расчета суммарный весовой коэффициент равен единице. Таким образом, весовой коэффициент W_i показывает долю важности каждого из факторов конкурентоспособности.

Далее необходимо умножить полученные весовые коэффициенты на оценку эксперта (от 1 до 10) и сумма полученных значений даст итоговую оценку эксперта по каждому поставщику.

В итоге, по результатам независимой экспертной оценке, на и более высокий бал по предоставленным критериям получила компания - ООО «Скрон» (Россия). Из этого следует вывод сушильные камеры «Скрон» спроектированные и изготовленные на нашем производстве. По сравнению с другими выше представленными компаниями производительность продукции больше, а это характеризует эффективность работы и по цене приемлемые.

4.2 Оценка научно-технической результативности НИР

Для выполнения исследований по данной работе создана рабочая группа, состоящая из руководителя и студента. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Был составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл. 4.3. Затем необходимо построить календарный - план график выполнения работ, который приведен в табл.4.5.

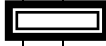
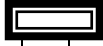
Таблица 4.3. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, студент
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, студент
	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Студент
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, студент
	9	Определение целесообразности проведения НИР	Руководитель, студент
<i>Проведение НИР</i>			
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка стенда для выполнения проекта	Студент
	11	Выбор и расчет стенда	Студент
	12	Оценка эффективности работы и применения проектируемого изделия	Студент
	13	Разработка правил безопасности при использовании стенда	Руководитель
Изготовление и испытание макета	14	Конструирование и изготовление макета	Студент
	15	Лабораторные испытания макета	Студент
Оформление комплекта документации по НИР	16	Составление пояснительной записки	Студент
	17	Проверка пояснительной записки	Руководитель

Таблица 4.4. Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}			
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожид}$, чел-дни							
	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент	Руководитель	Студент				Руководитель	Студент	Руководитель
Составление и утверждение технического задания	1	-	2	-	1,4	-	+	-	1,4	-	2	-
Подбор и изучение материалов по теме	-	26	-	30	-	27	-	+	-	13,4	-	19
Выбор направления исследований	1	1	2	2	1,4	1,4	+	+	0,47		1	
Календарное планирование работ по теме	1	1	2	2	1,4	1,4	+	+	0,47		1	
Проведение теоретических расчетов и обоснований	-	30	-	32	-	31	-	+		15,5		23
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	-	16	-	20	-	17,6	-	+		8,7		13
Сопоставление результатов экспериментов с исследованиями	-	5	-	8	-	6,1	-	+		3,1		5
Оценка эффективности полученных результатов	10	10	14	14	11,6	11,6	+	+	3,87		6	
Определение целесообразности проведения НИР	1	1	2	2	1,4	1,4	+	+	0,47		1	
Разработка стенда для выполнения проекта	-	2	-	4	-	2,8	-	+		1,4		2
Выбор и расчет стенда	-	2	-	4	-	2,8	-	+		1,4		2

Таблица 4.5 – Календарный план

№ ра бо т	Вид работ	Исполнит ели	Тк ,ка л.д н.	Продолжительность выполнения работ													
				февраль							Март						
				2	3	1 0	1 1	1 2	2 2	7	1 2	1 3	1 4	1 6	1 8	2 1	
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель темы	2														
2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	7														
3	Выбор направления исследований	Руководитель темы, студент	1														
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель темы, студент	1														
5	Проведение теоретических расчетов	Студент	10														
6	Построение макетов и проведение экспериментов	Студент	13														
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент	5														
8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель темы, студент	1														
9	Определение целесообразности проведения НИР	Руководитель темы, студент	1														
10	Разработка стенда для проекта	Студент	2														
11	Выбор и расчет стенда	Студент	2														
12	Оценка эффективности работы и применения	Студент															

Продолжение таблицы 4.5. Календарный план-график проведения НИР

№ работ	Вид работ	Исполнители	T _{кi} , кал.дн.	Продолжительность выполнения работ							
				март			апрель		Май		
				21	23	31	1	9	3	7	
13	Разработка правил безопасности при использовании стенда	Руководитель темы	2								
14	Конструирование и изготовление макета	Студент	8								
15	Лабораторные испытания макета	Студент	8								
16	Составление пояснительной записки	Студент	24								
17	Проверка пояснительной записки	Руководитель темы	4								

руководитель темы - ■

студент - ■

4.3 Расчет сметы затрат

При планировании бюджета НИР должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В таблице 6 представлено подробное описание расходов на материалы.

Таблица 4.6 - Расходы на материалы

Статьи расходов	Единица измерения	Цена, руб	Объем потребления	Итого, руб.
Электроэнергия	кВт/ч	2,93	138,14	403
Термопара	шт	50	5	250
Нагревательный прибор	шт	1500	1	1500
компрессор	шт	3000	1	3000
Канцелярские товары	шт			1850
Итого:				7003

Таблица 4.7 - Потребления электроэнергии

Источник потребления	Мощность потребления, кВт/ч	Количество часов работы	Общий расход, кВт
Калорифер	0,7/1/1,5	2/2/2	6,4
Ноутбук	0,06	144	8,64
Освещение	0,05	54	2,7
Нагревательный прибор	5	12	60
компрессор	2	12	24
Итого:			101,74

Таблица 4.8 - Амортизация

Объект	Норма в год, %	Первичная стоимость	Величина в год, руб.	Количество работ оборудования в год	Амортизация в час, руб/час	Количество часов работы в проекте	C _{ам}
Компьютер	20	50000	10000	1720	5,81	108	627,5
Ноутбук	20	30000	6000	2290	2,62	144	377,3
Принтер	20	8000	1600	382	4,18	24	100,5
компрессор	20	8000	800	191	4,18	12	50,16
Нагрев. прибор	20	1500	300	191	1,57	12	18,85
Сумма							1174,3

Оплата работы руководителя НИР(почасовая). Норма времени на руководство ВКР составляет 22 часа. В соответствии с временным положением о порядке нормирования труда научно-педагогических работников, тариф на почасовую оплату работы доцента составляет 300 руб/час, а значит расходы на оплату труда определяются как:

$$C_{з.п.} = 22 \cdot 300 = 6600 \text{ руб.}$$

Отчисления на социальные нужды $S_{с.н.} = 6600 \cdot 0,3 = 1980 \text{ руб.}$

Суммарные затраты составят: $C_{сум.} = 6600 + 1980 = 8580 \text{ руб.}$

В итоге затраты на выполнение НИР в общей сложности составили 16756 руб

Таблица 4.9 – Сумма затрат

Наименование	См, руб.	Сз.п.,руб	Сам.,руб	Ссум.,руб
Выполнение НИР	7003	8580	1174,31	16756

Оценка ресурсоэффективности

Определение эффективности происходит на основе расчета интегральных показателя эффективности научного исследования. В первую очередь обозначим основные критерии ресурсоэффективности.

Техническая эффективность – исследование в данной области позволит получить новые способы увеличения эффективности работы сушильных камер.

Научная эффективность – на сегодняшний день изучение данной проблемы не так глубоко, наше исследование позволит получить новые данные.

Коммерческая эффективность – изучение данной проблемы в будущем может привести к уменьшению размеров установки, что сделает ее менее материалозатратной, к увеличению КПД что сделает ее более конкурентно способной и увеличит спрос.

Экономическая эффективность – позволит в будущем получать доход.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}},$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Затраты на выполнение НИР в общей сложности в первом исполнении составили 16756 руб, во втором 16500 руб., в третьем 16600 руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{16756}{16756} = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{16500}{16756} = 0,884$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{\Phi_{p3}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{16600}{16756} = 0,916$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a , b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

4.4 Эффективность разработки по исполнению

Таблица 4.11- Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	5	3
2. КПД	0,15	5	4	4
3. Коэффициент теплоотдачи	0,05	4	4	5
4. Компактность	0,1	4	3	5
5. Диапазон температур	0,1	3	5	4
6. Энергосбережение	0,15	4	3	5
7. Надежность	0,2	4	5	3
8. Материалоемкость	0,1	4	4	5
ИТОГО	1	4	4,25	4,1

$$I_{p-исп1} = 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,05 + 4 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 = 4,05;$$

$$I_{p-исп2} = 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,05 + 3 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 = 4,2 ;$$

$$I_{p-исп3} = 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 = 4,05;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}} = \frac{4,05}{1} = 4,05$$

$$I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}} = \frac{4,2}{0,884} = 4,75$$

$$I_{исп.3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{финр}} = \frac{4,05}{0,916} = 4,4$$

С целью определения наиболее целесообразного варианта из предложенных сравним интегральные показатели эффективности вариантов исполнения разработки и определим сравнительную эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp1} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} = \frac{4,05}{4,75} = 0,85$$

Таблица 4.12 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,884	0,916
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,05	4,2	4,05
3	Интегральный показатель эффективности	4,05	4,75	4,4
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,8	0,92
5	Эффективность разработки по исполнению	10,1	10,6	10,3

Исполнение №1 была собрана сушильная установка на котором проводились эксперименты. Сушильная установка - тепло массообменный процесс удаления жидкости из твёрдых, с помощью испарения. В нашем случае в качестве удаляемой жидкости выступает влага. На особенности и закономерности конвективной сушки существенное влияние оказывает уровень температуры среды.

Исполнение №2 если бы установка была собрана в другом исполнении, термopами других фирм. Как показывает практика, любой термopа запросто и быстро может отказаться, не зависимо от производителя. Но главным проблемам термopары других фирм в эксплуатации.

Исполнение №3 если в установку входили бы другие ее составляющие, такие как компрессор и калорифер. В таком случае затраты были бы больше,

так как в нашем эксперименте есть возможность управлять, при различных мощностях.

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило понять, что более эффективным вариантом решения поставленной в научной работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является выполнение работы по первому исполнению, так как на и меньшими количеством составило 10,1.

4.5 Выводы по главе

В данном разделе была произведена оценка инновационного потенциала НИР.

- Определены список компаний производителей сушильных камер и оценка конкурентоспособности компании.
- Выполнено планирование, необходимое для исследования характеристик дисперсных средств на сушильной установке.
- Проведен анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.
- Выполнен календарный план по проведению НИР
- Произведен расчет затрат на проведение научно-исследовательской работы и составлена смета затрат на экспериментальное исследование.
- Определен по исполнения разработки сравнительный эффективность проекта с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Работа заключается в том, что при повышении экономичности сушильных установок, затрачивается меньше энергии, следовательно, затрачивается меньше ресурсов. Используя меньшее количество энергии, снижается расход используемого органического топлива, что приводит к меньшим выбросам вредных веществ в атмосферу.

Список публикаций

Основные результаты диссертационной работы представлены в следующих сборниках:

1. Лазыр С.А., Разва А.С. Исследование процессов во влажном воздухе // Сборник докладов III российская молодежная научная школа-конференция «Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи» – Томск, 2015. – С. 153-157.

2. Лазыр С.А., Разва А.С. О влиянии влажности сушильного агента на энергетическую эффективность система обработки пористого материала // Сборник докладов Международная молодежная научная конференция «Тепломассоперенос в системах обеспечения тепловых режимов энергонасыщенного технического и технологического оборудования»