

Школа Инженерная школа новых производственных технологии
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология
 Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Расчет и конструирование экстрактора для растительного сырья

УДК 66.061-5:615.322

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8Б	Ньони Симан Джейкоб		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тихонов В.В.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Кашук И.В.	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черемискина М.С.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ Н.М. Кижнера	Ревва И.Б.	к.т.н., доцент		

Планируемые результаты освоения ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен и готов использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Готов использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы

ОПК(У)-3	Готов использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире
ОПК(У)-4	Владеет пониманием сущности и значения информации в развитии современного информационного общества, осознанием опасности и угрозы, возникающих в этом процессе, способностью соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОПК(У)-5	Владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ОПК(У)-6	Владеет основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
Профессиональные компетенции	
<i>производственно-технологическая деятельность</i>	
ПК(У)-1	Способен и готов осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
ПК(У)-2	Готов применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования
ПК(У)-3	Готов использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности

ПК(У)-4	Способен принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
ПК(У)-5	Способен использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда, измерять и оценивать параметры производственного микроклимата, уровня запыленности и загазованности, шума, и вибрации, освещенности рабочих мест
ПК(У)-6	Способен настраивать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств
ПК(У)-7	Способен проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
ПК(У)-8	Готов к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования
ПК(У)-9	Способен анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования
ПК(У)-10	Способен проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа
ПК(У)-11	Способен выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса
<i>проектная деятельность</i>	
ПК(У)-21	Готов разрабатывать проекты в составе авторского коллектива
ПК(У)-22	Готов использовать информационные технологии при разработке проектов
ПК(У)-23	Способен проектировать технологические процессы с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства в составе авторского коллектива

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки (специальность) 18.03.01 Химическая технологии
 Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Рева И.Б.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4Г8Б	Ньони Симан Джейкоб

Тема работы:

Расчет и конструирование экстрактора для растительного сырья	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	18.01.2022 г. № 18 – 59/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	16.06.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(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.).</i></p>	<p>Объект исследования: Экстрактор для растительного сырья</p> <p>Исходные данные: Объем коры в состоянии загрузки 2 м³ Время цикла 1 час</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(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).</i></p>	<p>Титульный лист; Задание; Реферат; Содержание; Введение; 1. Обзор литературы 2. Технологический расчет экстрактора; 3. Механические расчеты; 4. Технологические расчеты вспомогательного оборудования; 5. Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» 6. Раздел «Социальная ответственность» Заключение; Список использованных источников.</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Лист 1 – Сборочный чертеж А1; Лист 2 – Выносные элементы А1;</p>

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Технологический расчет экстрактора Механические расчеты Технологические расчеты вспомогательного оборудования	Тихонов Виктор Владимирович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кащук Ирина Вадимовна
Социальная ответственность	Черемискина Мария Сергеевна

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тихонов В.В.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8Б	Ньони Симан Джейкоб		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки (специальность) 18.03.01 Химическая технологии
 Уровень образования бакалавр
 Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2021 /2022 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	16.06.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	
	Социальная ответственность	

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тихонов В.В.	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ Н.М. Кижнера	Ревва И.Б.	к.т.н., доцент		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 87 страниц, 21 таблиц, 9 рисунков, 35 источников литературы и 2 листа графического материала

Объектом исследования является экстрактор для растительного сырья.

Целью данной работы является расчет и конструирование экстрактора для эффективного извлечения биологически активных веществ из растительного сырья.

Ключевые слова: экстракция, растительное сырье, химическое оборудование, экстракт, кора осины.

В процессе выполнения работы были произведены технологические и механические расчеты экстрактора, также были произведены технологические расчеты испарителя и холодильника, с которыми будет работать экстрактор.

В пятом разделе была проведен анализ и расчет основных параметров для реализации конкурентоспособного проекта.

В шестом разделе были рассмотрены вопросы о выполнении требований безопасности труда, промышленной безопасности, охраны окружающей среды и ресурсосбережения.

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Экстракция – процесс извлечения одного или нескольких компонентов из растворов или твердых тел с помощью избирательных растворителей (экстрагент).

Циркуляционное экстрагирование – способ извлечения основан на круговороте экстрагента. Экстракционная установка работает непрерывно и автоматически по принципу Сокслета.

БАВ – биологически активные вещества.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	12
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	13
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЭКСТРАКТОРА	14
3 МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЭКСТРАКТОРА	18
3.1 Выбор конструкционных материалов	18
3.2 Определение расчетных параметров	19
3.3 Расчет толщины стенки обечайки	21
3.4 Расчет толщины днища и крышки	21
3.5 Расчет фланцевых соединений	22
3.6 Укрепление отверстий	29
3.7 Подбор опор	32
4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ОБОРУДОВАНИЯ	38
4.1 Испаритель	38
4.2 Холодильник	41
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	46
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	47
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	47
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений	47
5.1.3 SWOT-анализ	49
5.2 Планирование научно-исследовательских работ	53
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	53
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	55

5.3 Бюджет научно-технического исследования	59
5.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	66
Выводы по разделу.....	69
6 Социальная ответственность.....	73
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	74
6.2 Производственная безопасность.....	76
6.2.1 Анализ опасных и вредных факторов.....	76
6.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов.....	79
6.3 Экологическая безопасность.....	80
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	81
Выводы по разделу:.....	82
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	83
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	84

ВВЕДЕНИЕ

Экстракционные методы применяются в различных сферах современной промышленности, наиболее распространенными из которых являются пищевая и фармацевтическая промышленность. Экстракция применяется в фармацевтической промышленности для выделения из растительного сырья полезных биологически активных веществ, которые затем используются для изготовления лекарственных средств.

Концепция экстракции давно применяются, и для обработки растительного сырья были сформулированы различные методы экстракции. К таким методам относятся: перколяция, водно-паровая экстракция, противоточная экстракция с перемешиванием сырья и другие. Также для экстракции рассматриваются разные экстрагенты. Выбор экстрагента зависит от свойств сырья и метода экстракции. Часто применяемые экстрагенты включают: вода; органические экстрагенты; пар; сжиженные газы и другие.

Целью данной работы является расчет и конструирование экстрактора для эффективного извлечения биологически активных веществ из растительного сырья. Для достижения цели была поставлены следующие задачи:

- изучение теории по данной теме;
- определение геометрических размеров аппаратов;
- выполнение механических расчетов экстрактора и подбора стандартных элементов для экстрактора;
- проведение финансовый анализ для оценки экономической эффективности проекта;
- выявление вредные и опасные факторы при работе с установкой и предложение меры устранения этих факторов.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Одним из основных факторов, учитываемых при проектировании процесса экстракции, является экстрагируемое вещество. Выбранный метод; выбранный экстрагент и параметры (температура, давление и т. д.) могут влиять на конечный результат процесса экстракции. Ниже приведены некоторые факторы, которые учитываются при проектировании экстрактора для экстракции растительного сырья.

Температура – температура является важным фактором, который следует учитывать при экстрагировании растительного сырья, поскольку экстракты содержат БАВ. Если выбранная температура в экстракторе слишком высока, это может привести к денатурации экстракта[1].

Экстрагент. Назначение экстрагента – обеспечить массообмен. Важным качеством экстрагента является то, что он должен быть инертным, то есть не должен вступать в химическую реакцию с экстрактом, что приведет к изменению свойств экстрагента[1].

Хотя для одного и того же материала можно использовать несколько методов экстракции, при выборе наилучшего метода рассматриваются несколько методов:

- экономическая эффективность;
- интенсивность процесса;
- эффективность оборудования.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЭКСТРАКТОРА

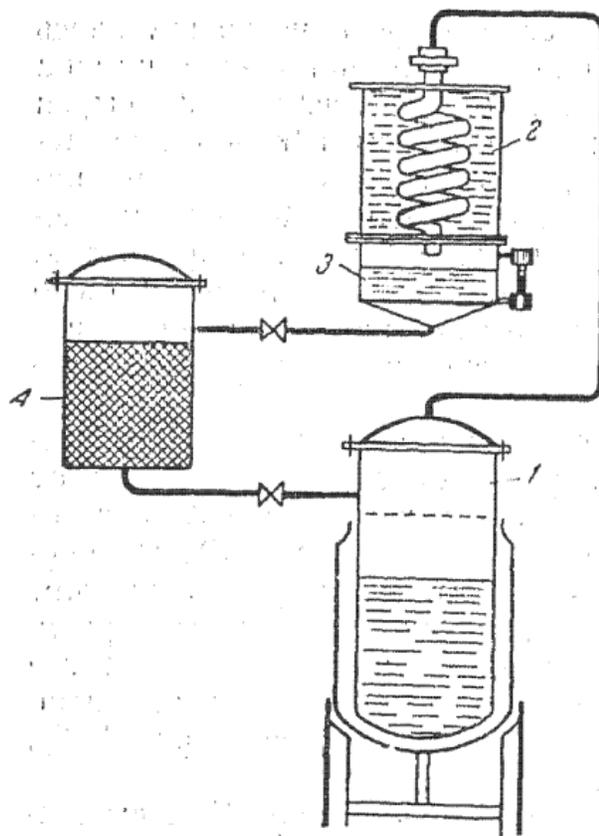


Рисунок 1 – Схема циркуляционной экстракции: 1 – испаритель; 2 – холодильник; 3 – сборник; 4 – экстрактор.

Технологический расчет экстрактора проводится с целью определения геометрических размеров аппарата, т.е. высота и диаметра экстрактора.

Исходные данные:

Объем коры в состоянии загрузки $V_{\text{коры}} = 2 \text{ м}^3$

Время цикла $\tau := 1 \text{ ч}$

Плотность коры (при влажности 15 %) $\rho_{\text{коры}} = 745 \text{ кг / м}^3$ – значение экспериментально получено

Пористость коры $\varepsilon = 0.7$

Задаем рабочий объем экстрактора $V = 2 \text{ м}^3$.

Определяем объем воды, требуемая для экстракции.

Насыпная плотность коры $\rho_{\text{нас}}$

$$\rho_{\text{нас}} = \rho_{\text{коры}} \cdot \varepsilon = 745 \cdot 0.7 = 521.5 \text{ кг/м}^3 \quad (2.1)$$

Находим массу кору в экстракторе без пор

$$M_{\text{коры}} = V \cdot \rho_{\text{нас}} = 2 \cdot 521.5 = 1043 \text{ кг}$$

Находим объем воды:

$$V_{\text{воды}} = V \cdot (1 - \varepsilon) = 2 \cdot 0.3 = 0.6 \text{ м}^3$$

Для компенсации потери во время технологического процесса, увеличиваем объем воды.

$$V_{\text{воды}} = 0.6 + 0.2 = 0.8 \text{ м}^3$$

Находим массовый расход воды для одного цикла

$$G_{\text{воды}} = \frac{V_{\text{воды}}}{\tau \cdot 3600} \cdot \rho_{\text{в}} = 0.22 \text{ кг/с}$$

где, $G_{\text{воды}}$ – массовый расход воды, кг / с;

$V_{\text{воды}}$ – объем воды, м³;

τ – время цикла, ч.

$\rho_{\text{в}}$ – плотность воды при температуре 60 °С.

Общий объем экстрактора, рассчитывается с учетом коэффициента заполнения реактора[2]:

Таблица 1 – коэффициентов заполнения[2]

Характер процесса, протекающий в реакторе	Степень заполнения
Хранение жидкости (хранилище)	0,80...0,90
Отмеривание жидкостей (мерники)	0,80...0,85
Физические или химические процессы без пенообразующих эффектов	0,75...0,80
Процессы, сопровождающиеся пенообразованием (экзотермические реакции, кипячение и пр.)	0,40...0,60
Суспензионная и водоземulsionная полимеризация	0,65...0,75

Принимаем степень заполнения экстрактора φ равным 0.8.

Общий объем экстрактора рассчитывается по формуле 2[2]:

$$V_{\text{общ}} = \frac{V_p}{\varphi} = 2.5 \text{ м}^3 \quad (2.2)$$

где, $V_{\text{общ}}$ – общий объем экстрактора, м^3 ;

V_p – рабочий объем экстрактора, м^3 ;

φ – степень заполнения.

Для определения оптимальных размеров в экстрактора используются следующие отношения[3]:

$$V_{\text{общ}} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{4}, \quad (2.3)$$

$$\frac{H}{D} = 1.5 \quad (2.4)$$

где, H – высота аппарата;

D – диаметр аппарата

Решая уравнения (3) и (4) получаем высоту аппарата $H = 1.928$ м и диаметр аппарата $D = 1.285$ м.

Согласно [4] округляем полученные значения до ближайших стандартных.

Высота экстрактора $H = 2000$ мм

Диаметр экстрактора $D = 1400$ мм

3 МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ЭКСТРАКТОРА

Целью механического расчета данного аппарата является определение толщины обечайки и днищ и проверка этих элементов на прочность, также будут проверены фланцевые соединения на прочность и герметичность, необходимость укрепления отверстий и подобраны опоры для аппарата.

3.1 Выбор конструкционных материалов

Выбор материала аппарата зависит от условий эксплуатации аппарата и среды, с которой аппарат будет работать.

Для конструирования экстрактора будет использована сталь марка 12Х18Н10Т. Сталь 12Х18Н10Т - относится к классу нержавеющей легированных жаропрочных аустенитных сталей и применяется для изготовления сварных изделий, работающих в средах повышенной коррозионной активности до температуры 600 °С.

Исходные данные:

Температура среды $t_c = 60 \text{ }^\circ\text{C}$

Рабочая давление $p_p = 0.6 \text{ МПа}$

Внутренний диаметр аппарата..... $D = 1400 \text{ мм}$

Высота аппарата..... $H = 2000 \text{ мм}$

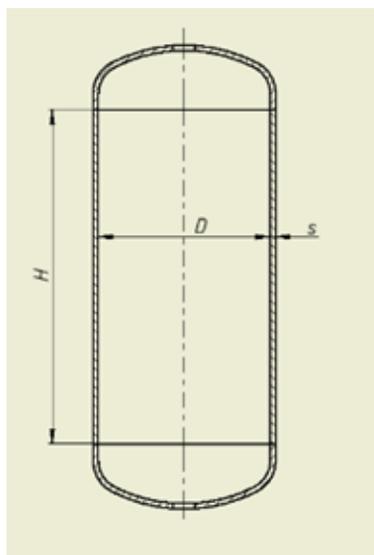


Рисунок 2 – эскиз аппарата для расчета

3.2 Определение расчетных параметров

Расчетная температура стенки обечайки

$$t := \max(t_c, 20) = 60 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.1)$$

где, t – расчетная температура, $^\circ\text{C}$;

t_c – рабочая температура, $^\circ\text{C}$.

Принимаем, что расчетное давление равным рабочему так, как среда в экстракторе - твердая.

$$p := p_p = 0.6 \text{ МПа}$$

где, p – расчетное давление, МПа;

p_p – рабочее давление, МПа

Так как экстрактор изготавливается из листового проката, поправочный коэффициент равным одному.

$$\eta := 1$$

Допускаемое напряжение стали 12Х18Н10Т определяется методом математической интерполяции между двумя стандартных значений с округлением

до 0.5 МПа в меньшую сторону [5]

$$t_{\partial} := \begin{bmatrix} 20 \\ 100 \end{bmatrix} \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \sigma := \begin{bmatrix} 184 \\ 174 \end{bmatrix} \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\partial} := \text{Floor}(\text{linterp}(t_{\partial}, \sigma, t), 0.5) = 179 \text{ МПа} \quad (3.2)$$

Коэффициент прочности продольных сварных швов

Вид сварных швов - стыковой двусторонний с полным проплавлением или угловой двусторонний с полным проплавлением таврового соединения, выполняемый автоматической или полуавтоматической сваркой [5]

$$\varphi_p := 1$$

Прибавки к расчетным толщинам

Прибавки к расчетным толщинам стенки рассчитывается по формуле[5]:

$$c = c_1 + c_2 + c_3 \quad (3.3)$$

где, c_1 – прибавка для компенсации коррозии, мм;

c_2 – прибавки для компенсации минусового допуска, мм;

c_3 – прибавка для компенсации утонения стенки при технологических операциях, мм

c_2 и c_3 не учитывают.

Прибавка для компенсации коррозии определяется по формуле[6]:

$$c_1 = \tau \cdot \Pi \quad (3.4)$$

где, $\Pi = 0.1$ мм/год – скорость коррозии материала;

$\tau = 20$ лет – срок эксплуатации аппарата.

$$c_1 = 2 \text{ мм}$$

$$c = 2 + 0 + 0 = 2 \text{ мм}$$

3.3 Расчет толщины стенки обечайки

Расчетная толщина стенки обечайки s рассчитывается по ГОСТ 34233.2-2017.

Допускаемое напряжение при расчетной температуре σ :

$$\sigma = \eta \cdot \sigma_d = 179 \text{ МПа} \quad (3.5)$$

Расчетная толщина стенки обечайки рассчитывается по формуле[7]:

$$s_p := \frac{p \cdot D}{2 \cdot \sigma \cdot \varphi_p - p} = 2.35 \text{ мм} \quad (3.6)$$

Толщина стенки с учетом прибавки

$$s_l := s_p + c = 4.35 \text{ мм} \quad (3.7)$$

Округляем толщину стенки до стандартного значения [8].

$$s_1 = 5 \text{ мм}$$

Допускаемое внутреннее избыточное давление рассчитывается по формуле:

$$p_u := \frac{2 \cdot \sigma \cdot \varphi_p \cdot (s_l - c)}{D + s_l - c} = 0.766 \text{ МПа} \quad (3.8)$$

Проверка применимости формулы:

$$\text{Проверка}_1 := \text{if } \frac{s_l - c}{D} \leq 0.1 \quad \left| \begin{array}{l} \\ \parallel \text{“Фолмула применяется”} \end{array} \right.$$

$$\text{Проверка}_1 = \text{“Фолмула применяется”}$$

3.4 Расчет толщины днища и крышки

Днище подобрать по ГОСТ 6533-78.

Таблица 2 – Размеры днища[9]

$D_{\text{вн}}$, мм	h_1 , мм	$h_{\text{в}}$, мм	s , мм	F , м ²	V , дм ³	Масса, кг
1400	25	350	5	2,23	396,0	106,4

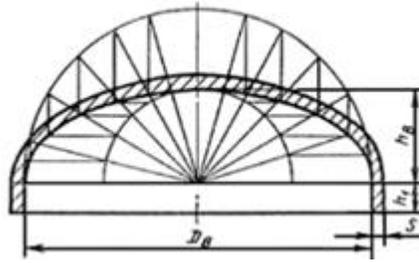


Рисунок 3 – размеры днища

Высота выпуклой части днища

$$H := 0.25 \cdot D = 350 \text{ мм} \quad (3.9)$$

Радиус кривизны

$$R := \frac{D^2}{4 \cdot H} = 1.4 \cdot 10^3 \text{ мм} \quad (3.10)$$

Расчетная толщина днища[7]

$$s_{p2} := \frac{p \cdot R}{2 \cdot \varphi_p \cdot \sigma - 0.5 \cdot p} = 2.348 \text{ мм} \quad (3.11)$$

С учетом прибавки на коррозии:

$$s_2 := s_{p2} + c = 4.348 \text{ мм} \quad (3.12)$$

Округляем до стандартного значения

$$s_2 = 5 \text{ мм}$$

3.5 Расчет фланцевых соединений

Целью расчета фланцевых соединений является проверка соединений на прочность и герметичность. Проверка на прочность и герметичность фланцевого соединения проводится по ГОСТ 34233.4-2017.

Выбор конструкции фланцев

По рекомендации ГОСТ 34233.4-2017 (Приложение А), при температуре среды до 300 рекомендуется применять плоские и свободные фланцы. Выбираем

фланцевое соединение шип-паз[10]. Размеры фланцевых соединения выбираем по ГОСТ 28759.2-90.

Таблица 3 – размеры фланца[11]

D, мм	D ₁ , мм	D ₂ , мм	D ₃ , мм	D ₄ , мм	a, мм	D ₅ , мм	a ₁ , мм	b, мм	s, мм	d, мм	Болты	Давление, МПа
1400	1530	1490	1448	1460	15,5	1446	13	50	10	23	M20	0,6

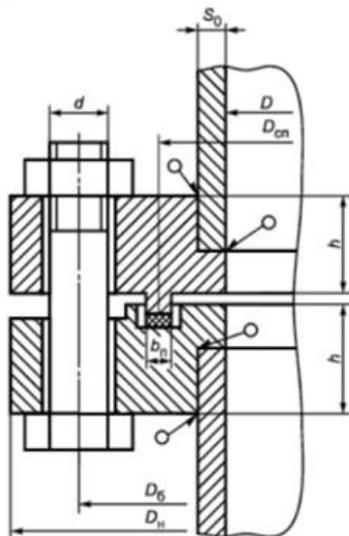


Рисунок 4 – Фланец «шип-паз»

Исходные данные:

Внутренний диаметр фланца	$D = 1400$ мм
Наружный диаметр болта	$d = 20$ мм
Диаметр окружности расположения болтов	$D_6 = 1490$ мм
Ширина прокладки	$b_{\Pi} = 20$ мм
Толщина тарелки фланца	$h = 50$ мм
Толщина обечайки фланца	$s_0 = 10$ мм
Толщина прокладки	$h_{\Pi} = 2$ мм
Наружный диаметр фланца	$D_{\text{н}} = 1530$ мм
Материал прокладки	Резина

Усилие, действующего на прокладку

Эффективная ширина прокладки

$$b_o := 3.8 \cdot \sqrt{b_{II}} = 16.994 \text{ мм} \quad (3.13)$$

Наружный диаметр прокладки

$$D_{нп} := D_6 - e = 1.46 \cdot 10^3 \text{ мм} \quad (3.14)$$

где, $e = 30$ мм – нормативный параметр[10].

Расчетный диаметр прокладки

$$D_{СП} := D_{нп} - b_o = 1.443 \cdot 10^3 \text{ мм} \quad (3.15)$$

Усилие необходимо для смятия прокладки при затяжке:

$$P_{обж} := 0.5 \cdot \pi \cdot D_{сп} \cdot b_o \cdot q_{обж} = 7.704 \cdot 10^4 \text{ Н} \quad (3.16)$$

где, $q_{обж} = 2$ Мпа – удельное давление обжатия[10].

Усилие на прокладке в рабочих условиях, необходимое для обеспечения герметичности R_{II} :

$$R_{II} := \pi \cdot D_{сп} \cdot b_o \cdot t \cdot p \cdot 10^{-6} = 0.023 \text{ МН} \quad (3.17)$$

Усилие в болтах фланцевого соединения при затяжке

Суммарная площадь сечения

$$A_6 := n \cdot f_6 = 1.17 \cdot 10^4 \text{ мм}^2 \quad (3.18)$$

где, $n = 52$ – число болтов[11];

$f_6 = 22 \text{ мм}^2$ – площадь поперечных сечений болтов [11].

Равнодействующая нагрузка от давления

$$Q_d := 0.785 \cdot D_{сп}^2 \cdot p = 9.807 \cdot 10^5 \text{ Н} \quad (3.19)$$

Нагрузка, действующая на фланец:

$$F_{\partial} := \frac{P \cdot \pi \cdot (D_{cn} \cdot 10^{-3})^2}{4} = 0.981 \text{ МН} \quad (3.20)$$

Податливости болтов, прокладки и фланцев определяются по следующим формулам[3]:

Расчетная длина болта

$$l_{\partial} := 2 (h_{\Pi} + h) + 0.28 \cdot d = 109.6 \text{ мм} \quad (3.21)$$

Податливость болтов

$$y_{\partial} := \frac{l_{\partial} \cdot 10^{-3}}{E_{\partial} \cdot f_{\partial} \cdot 10^{-6} \cdot n} = 4.804 \cdot 10^{-5} \text{ м/МН} \quad (3.22)$$

где, $E_{\partial} = 1.95 \cdot 10^6$ МПа

Податливость прокладки рассчитывается по формуле

$$y_n := \frac{h_{\Pi} \cdot 10^{-3}}{E_{\Pi} \cdot \pi \cdot D_{cn} \cdot b_{\Pi} \cdot 10^{-6}} = 0.001 \text{ м/МН} \quad (3.23)$$

где, E_{Π} – Условный модуль сжатия прокладки;

$$E_{\Pi} := 0.3 \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 + \frac{b_{\Pi}}{2 h_{\Pi}} \right) \cdot 10^5 = 18 \text{ МПа} \quad (3.24)$$

Податливость фланца

Определяем расчетные параметры:

Высота втулки

$$h_B = \frac{1}{i} \cdot (\beta_1 \cdot s_o - s_o) = 27 \text{ мм} \quad (3.25)$$

где, $i = \frac{1}{3}$ – уклон втулки[3];

$\beta_1 = 2.5$ коэффициент (по рекомендации [3]).

Эффективная толщина стенки

$$s_{\text{ЭК}} = s_o \cdot \left[1 + \frac{h_B \cdot (\beta_1 - 1)}{h_B + 0.25 \cdot (\beta_1 + 1) \cdot \sqrt{D \cdot s_o}} \right] = 8.27 \text{ мм}$$

Безразмерные параметры

$$\lambda_{\phi} := \frac{h}{\sqrt{D \cdot s_{\text{ЭК}}}} = 0.465 \quad (3.27)$$

$$\psi_1 := 1.28 \log \left(\frac{D_H}{D} \right) = 0.049 \quad (3.28)$$

$$\psi_2 := \frac{D_H + D}{D_H - D} = 22.538 \quad (3.29)$$

$$v := \frac{1}{1 + 0.9 \cdot \lambda_{\phi} \cdot \left(1 + \frac{\psi_1 \cdot h^2}{s_{\text{ЭК}}^2} \right)} = 0.46 \quad (3.30)$$

$$y_{\phi} := \frac{(1 - v \cdot (1 + 0.9 \cdot \lambda_{\phi})) \cdot \psi_2}{(h \cdot 10^{-3})^3 \cdot E} = 0.313 \quad (3.31)$$

где, $E = 2 \cdot 10^5$ Мпа – модуль упругости материала фланца[5].

Рассчитываем усилие, возникающее от температурных деформации:

$$F_t := \frac{y_n \cdot n \cdot f_{\phi} \cdot 10^{-6} \cdot E_{\phi} \cdot (\alpha_{\phi} \cdot t_{\phi} - \alpha_{\phi} \cdot t_{\phi})}{y_n + y_{\phi} + 0.5 \cdot y_{\phi} \cdot (D_{\phi} - D_{cn})^2 \cdot 10^{-6}} = 0.558 \text{ МН} \quad (3.31)$$

Коэффициент жесткости рассчитывается по формуле:

$$k_{\text{жс}} := \frac{y_{\phi} + 0.5 \cdot y_{\phi} \cdot (D_{\phi} - D - s_{\text{ЭК}}) \cdot (D_{\phi} - D_{cn}) \cdot 10^{-6}}{y_n + y_{\phi} + 0.5 \cdot y_{\phi} \cdot (D_{\phi} - D_{cn})^2 \cdot 10^{-6}} = 0.401 \quad (3.32)$$

Расчет болтовой нагрузки в условиях монтажа:

$$F_{\phi 1} := \max \left((k_{\text{жс}} \cdot F_{\phi} + R_{II}), (0.5 \cdot \pi \cdot D_{cn} \cdot b_o \cdot 10^{-6} \cdot p_{np}) \right) = 0.41 \text{ МН} \quad (3.33)$$

Расчет болтовой нагрузки в рабочих условиях:

$$F_{62} := F_{61} + (1 - k_{жс}) \cdot F_{\partial} + F_t = 1.563 \text{ МН} \quad (3.34)$$

Проверка выполнения условия прочности болтов:

$\sigma_{620} := 230$ МПа – номинальное допускаемое напряжение сталь 35Х при 20 °С

$\sigma_6 := 230$ МПа – номинальное допускаемое напряжение при t_6

$$\text{Проверка1} := \text{if } \frac{F_{61}}{n \cdot f_6 \cdot 10^{-6}} < \sigma_{620} \quad \left| \begin{array}{l} \text{“Условие выполняется”} \\ \text{else} \\ \text{“Не выполняется”} \end{array} \right.$$

Проверка1 = “Условие выполняется”

$$\text{Проверка2} := \text{if } \frac{F_{62}}{n \cdot f_6 \cdot 10^{-6}} < \sigma_6 \quad \left| \begin{array}{l} \text{“Условие выполняется”} \\ \text{else} \\ \text{“Не выполняется”} \end{array} \right.$$

Проверка2 = “Условие выполняется”

Приведенный изгибающий момент рассчитывается по формуле:

$$M_0 := \max \left(\left(\begin{array}{l} 0.5 \cdot (D_6 - D_{сн}) \cdot 10^{-3} \cdot F_{61} \\ 0.5 \cdot ((D_6 - D_{сн}) \cdot 10^{-3} \cdot F_{62} + (D_{сн} - D - s_{эк}) \cdot 10^{-3} \cdot F_{\partial}) \cdot \frac{\sigma_{\phi 20}}{\sigma_{\phi}} \end{array} \right) \right) \quad (3.35)$$

$$M_0 = 0.057 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

где, $\sigma_{\phi 20} = 160$ МПа – допускаемое напряжение материала фланца при 20 °С [5];

$\sigma_{\phi} = 152$ МПа – допустимое напряжение материала фланца при 60 °С

Проверка условия прочности прокладки из резины

$$\text{Проверка3} := \text{if } \frac{F_{max}}{\pi \cdot D_{cn} \cdot b_{II} \cdot 10^{-6}} < p_{PP} \left| \begin{array}{l} \text{“Условие выполняется”} \\ \text{else} \\ \text{“Не выполняется”} \end{array} \right.$$

$$\text{Проверка3} = \text{“Условие выполняется”}$$

где, $p_{PP} = 18$ МПа – допустимое давление обжатия прокладки[10];

$$F_{max} := \max(F_{61}, F_{62})$$

Проверка условия герметичности фланцевого соединения:

Окружное напряжение в кольце фланца

$$\sigma_{\kappa} := M_0 \cdot (1 - \nu \cdot (1 + 0.9 \cdot \lambda_{\phi})) \cdot \frac{\psi_2}{D \cdot h^2 \cdot 10^{-9}} = 126.57 \text{ МПа} \quad (3.36)$$

Допустимый угол поворота определяется линейной интерполяцией.

$$D_{12} := \begin{bmatrix} 400 \\ 2000 \end{bmatrix} \quad \Theta_{12} := \begin{bmatrix} 0.006 \\ 0.013 \end{bmatrix}$$

$$\Theta_{\phi} := \text{linterp}(D_{12}, \Theta_{12}, D) = 0.01 \quad (3.37)$$

$$\text{Проверка4} := \text{if } \frac{(\sigma_{\kappa} \div E)}{(D \div h)} < \Theta_{\phi} \left| \begin{array}{l} \text{“Условие выполняется”} \\ \text{else} \\ \text{“Не выполняется”} \end{array} \right.$$

$$\text{Проверка4} = \text{“Условие выполняется”}$$

3.6 Укрепление отверстий

Данный аппарат требуется штуцеры для герметичного соединения трубопроводов на подачу и отвод материалов.

Принимаем штуцеры типа 1 исполнение 1 по [12] - Штуцера типа 1 с фланцами стальными плоскими приварными на условное давление от 0,6 до 2,5 МПа и температуру от -70 до 300 °С.

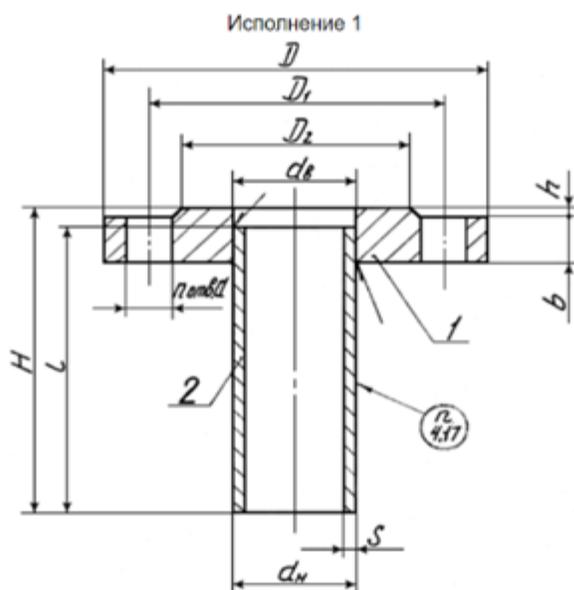


Рисунок 5 – Штуцер[12]

Исходные данные:

Скорость движения воды $\omega_B = 1$ м/с (по рекомендации [2])

Производительность..... $V = 0.8$ м³/ч

Плотность воды..... $\rho_B = 983$ г/м³

Диаметр штуцера для подачи пара рассчитывается по формуле[2]:

$$d := \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot 3600 \cdot \omega_2}} = 0.017 \text{ м} \quad (3.38)$$

Согласно [12] принимаем условный диаметр штуцеров $d = 25$ мм.

Таблица 4 – Размеры штуцера[12]

D_y	d_b	D	D_1	D_2	b	h	d	n	l	H	d_H	S	Масса, кг
25	33	100	75	60	12	2	11	4	150	155	32	3,5	1,1

Расчет укрепления отверстий

По ГОСТ 34233.3-2017 проводится расчет укрепления отверстий с целью проверки необходимости укрепления штуцеров к экстрактору.

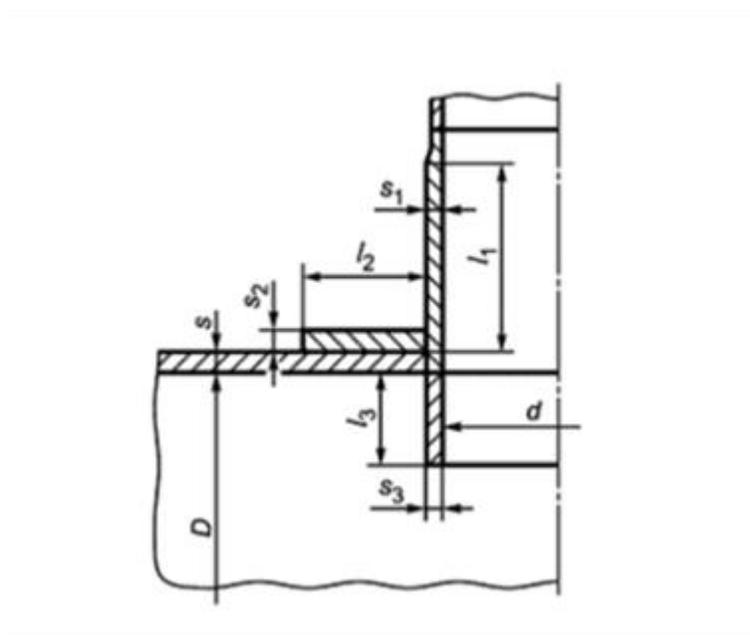


Рисунок 6 – расчетная схема укрепления отверстия[13]

Расчетная диаметр укрепляемого элемента рассчитывается по следующей формуле:

$$D_p := 2 \cdot D \cdot \sqrt{1 - 3 \left(\frac{x}{D} \right)^2} = 2.8 \cdot 10^3 \text{ мм} \quad (3.39)$$

где, $x = 0$ – расстояние от центра укрепляемого элемента до оси эллиптического днища, мм.

Расчетный диаметр в стенке днища определяется по формуле:

$$d_p := d + 2 c_s = 29 \text{ мм} \quad (3.40)$$

где, c_s – сумма прибавок к толщинам стенки, мм.

Проверяем применимость расчетных формул[13]:

$$\begin{aligned} \text{Условие1} := & \text{if } \frac{d_p - 2 c_s}{D} \leq 0.6 \\ & \parallel \text{“Отношение диаметров выполняется”} \\ \text{else} & \\ & \parallel \text{“Условие не выполняется”} \end{aligned}$$

$$\text{Условие1} = \text{“Отношение диаметров выполняется”}$$

$$\begin{aligned} \text{Условие2} := & \text{if } \frac{s - c}{D} \leq 0.1 \\ & \parallel \text{“Отношение толщины стенки к диаметру выполняется”} \\ \text{else} & \\ & \parallel \text{“Условие не выполняется”} \end{aligned}$$

$$\text{Условие2} = \text{“Отношение толщины стенки к диаметру выполняется”}$$

Определяем расчетную толщину стенки штуцера:

$$s_{lp} := \frac{p \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_l - p} = 0.047 \text{ мм} \quad (3.41)$$

Расчетная ширина зоны укрепления в стенке днища:

$$l_p := \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 91.65 \text{ мм} \quad (3.42)$$

Расчетный диаметр отверстия, не требующего укрепления:

$$d_{p0} := 0.4 \sqrt{D_p \cdot (s - c)} = 36.661 \text{ мм} \quad (3.43)$$

Наибольший допустимый диаметр отверстия, не требуемого дополнительного укрепления d_0 :

$$d_0 := \min \left(2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_{pn}} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)}, (d_{max} + 2 c_s) \right) = 87.56 \text{ мм} \quad (3.44)$$

где, $d_{max} = 0.6 \cdot D = 840$ мм – максимальный диаметр отверстия;

$s_{pn} = 2.348$ мм – расчетная толщина стенки днища для определения диаметра отверстия, не требующего дополнительного укрепления.

Проверка необходимости укрепления отверстия:

$$\begin{array}{l} \text{Проверка} := \text{if } d_p \leq d_0 \\ \quad \parallel \text{“Не требуется укрепление отверстий”} \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{“Требуется”} \end{array}$$

$$\text{Проверка} = \text{“Не требуется укрепление отверстий”}$$

3.7 Подбор опор

Опоры для вертикальных аппаратов выбираем по ГОСТ 26296-84. Чтобы подбирать опоры необходимо рассчитать вес аппарата. Вес аппарата составляет сумму весов отдельных элементов и вес материала, когда аппарат полностью заполнен.

Определяем массу отдельных элементов

Масса обечайки

$$M_{об} = \pi \cdot \frac{D_H^2 - D^2}{4} \cdot \rho \cdot H \cdot 10^{-9} = 347,4 \text{ кг} \quad (3.45)$$

где, $D_H = 1410$ мм – наружный диаметр обечайки;

$\rho = 7870$ кг/м³ – плотность стали.

Масса днища и крышки в соответствии с [9] составляет:

$$M_{\text{дн}} = 106,4 \text{ кг}$$

$$M_{\text{кр}} = 106,4 \text{ кг}$$

Масса штуцеров в соответствии с [12] составляет:

$$M_{\text{шт}} = 2 \cdot 24,3 = 48,6 \text{ кг}$$

Масса фланцев в соответствии с [6] составляет:

$$M_{\text{ф}} = 126 + 130 = 256 \text{ кг}$$

Масса материала(кора осины) в экстракторе составляет:

$$M_{\text{м}} = \rho_{\text{к}} \cdot V = 1490 \text{ кг} \quad (3.46)$$

где, $\rho_{\text{к}} = 745 \text{ кг/м}^3$ – плотность коры осины[14].

Общая масса аппарата, учитывая запас 30 % для массы болтов, гаек и прокладок и тепловой изоляции :

$$M_{\text{общ}} = 1.3(M_{\text{об}} + M_{\text{дн}} + M_{\text{кр}} + M_{\text{шт}} + M_{\text{ф}} + M_{\text{м}}) = 4238,64 \text{ кг} \quad (3.47)$$

Определяем вес аппарата:

$$G_{\text{экстрактора}} = M_{\text{общ}} \cdot g \cdot 10^{-6} = 0,042 \text{ МН} \quad (3.48)$$

Согласно ГОСТ 26296-84 выбираем лапы для экстрактора используя полученное значения веса аппарата. Принимаем 3 опорных лапы исполнение 1 с допускаемой нагрузкой 16000 Н на одну лапу [15].

Таблица 5 – Размеры опорной лапы[15].

Допускаемая нагрузка, Н	l_1	b_1	c	h_1	K	$l_{\text{ф}}$, не менее	S_1	d	Катет сварного шва t	Масса опорной лапы G , кг
16000	100	85	61	175	20	35	6	24	4	1,2

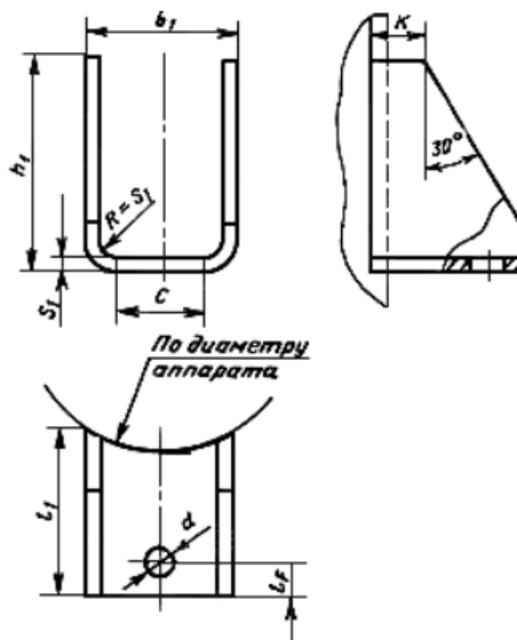


Рисунок 7 – Опорная лапа 1-16000 ГОСТ-26296-84

Согласно ГОСТ 34233.5-2017 сосуды и аппараты с опорами должны рассчитываться на прочность в местах крепления опорных узлов. В данном разделе будут рассчитан предельное напряжение изгиба и проверены несущая способность обечайки в месте приварки опорной лапы.

Исходные данные:

$D_p = 1400$ мм – расчетный диаметр

$e_1 = 65$ мм – расстояние между точкой приложения усилия и обечайкой или подкладным листом

$h_1 = 175$ мм – высота опорной лапы

$n = 3$ – количество опор

$b_2 = e$ – ширина подкладного листа

$b_3 = 235$ мм – длина подкладного листа

$G = 0.042$ МН – вес аппарата

Проверяем применимость формул:

$$\text{Условие1} := \text{if } g \geq 0.2 \text{ } h_1$$

$$\quad \parallel \text{“Формулы применяется”}$$

$$\quad \text{else}$$

$$\quad \parallel \text{“Не применяется”}$$

$$\text{Условие1} = \text{“Формулы применяется”}$$

$$\text{Условие2} := \text{if } 0.04 \leq \frac{b_3}{D_p} \leq 0.8$$

$$\quad \parallel \text{“Формулы применяется”}$$

$$\quad \text{else}$$

$$\quad \parallel \text{“Не применяется”}$$

$$\text{Условие2} = \text{“Формулы применяется”}$$

$$\text{Условие3} := \text{if } 0.04 \leq \frac{h_1}{D_p} \leq 0.5$$

$$\quad \parallel \text{“Формулы применяется”}$$

$$\quad \text{else}$$

$$\quad \parallel \text{“Не применяется”}$$

$$\text{Условие3} = \text{“Формулы применяется”}$$

Определяем расчетный диаметр обечайки[17]:

$$D_p = D = 1400 \text{ мм}$$

Находим общее мембранное меридиональное напряжение в обечайке:

$$\sigma_{my} := \frac{p \cdot D_p}{2 \cdot (s - c)} = 14 \text{ МПа} \quad (3.49)$$

Находим вертикальное усилие, действующее на опорную лапу:

$$F_1 := \frac{G}{3} + \frac{M}{0.75 \cdot (D_p + 2 \cdot (e_1 + s + s_2))} = 0.015 \text{ МН} \quad (3.50)$$

где, F_1 – расчетное усилие, действующее на несущее ушко, на опорную лапу или опорную стойку, Н;

$M = 0.002$ – расчетный изгибающий момент, действующий на обечайку в сечении, где расположены опорные узлы, в условиях монтажа, эксплуатации или испытания, Н·мм;

$s_2 = 0.008$ мм – исполнительная толщина подкладного листа, мм.

Определим коэффициент K_8 :

$$x := \ln\left(\frac{D_p}{2(s-c)}\right) = 5.452 \quad (3.51)$$

$$y := \ln\left(\frac{h_l}{D_p}\right) = -2.079 \quad (3.52)$$

$$K_8 = \min \left[e^{\left[\left(\begin{array}{c} -49,919 - 39,119x - 107,01y_1 - 1,693x^2 - 11,920xy_1 \\ -39,276y_1^2 + 0,237x^3 + 1,608x^2y_1 + 2,761xy_1^2 - 3,854y_1^3 \end{array} \right) 10^{-2} \right]}; e^{\left[\left(\begin{array}{c} -5,954 - 11,395x - 18,984y_1 - 2,413x^2 - 7,286xy \\ -2,042y^2 + 0,1322x^3 + 0,4833x^2y + 0,8469xy^2 + 1,428y^3 \end{array} \right) 10^{-2} \right]} \right] = 0,337 \quad (3.53)$$

Определяем коэффициент K_1 :

$$v_2 := \frac{\sigma_m}{K_2 \cdot \sigma_d \cdot \varphi} = 0.391 \quad (3.54)$$

где, σ_m – общее мембранные напряжения, МПа;

$K_2 = 1.25$ по рекомендации [17];

$\sigma_d = 179$ МПа – допускаемое напряжение при расчетной температуре [17];

φ – коэффициент прочности сварных швов обечайки, расположенных в области опорного узла [5].

$$K_1 := \frac{1 - v_2^2}{\left(\frac{1}{3} + v_1 \cdot v_2\right)^2 + \sqrt{\left(\frac{1}{3} + v_1 \cdot v_2\right)^2 + (1 - v_2^2) \cdot v_1^2}} = 0.994 \quad (3.55)$$

где, $v_1 = 0,4$ – коэффициент, представляющий отношение местных мембранных напряжений к местным напряжениям изгиба;

v_2 – коэффициент, учитывающий степень нагрузки общими мембранными напряжениями.

Определяем предельное напряжение изгиба на месте крепления опор:

$$\sigma_i := K_1 \cdot K_2 \cdot \sigma_\partial = 222.3 \text{ МПа} \quad (3.56)$$

Находим допускаемое вертикальное усилие на опорную лапу:

$$F_{\partial 1} := \frac{\sigma_i \cdot b_3 \cdot (s - c)^2}{K_8 \cdot (e_{13} + s_2)} = 0.01 \text{ МН} \quad (3.57)$$

где, $e_{13} = 0.075$ м – эквивалентное плечо нагрузки.

Несущая способность обечайки в месте приварки опорной лапы с подкладным листом должна удовлетворять следующую условию:

$$\text{Условие4} := \begin{cases} \text{if } F_1 \leq F_{\partial 1} \\ \quad \parallel \text{“Условие выполняется”} \\ \text{else} \\ \quad \parallel \text{“Условие не выполняется”} \end{cases}$$

$$\text{Условие4} = \text{“Условие выполняется”}$$

4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ОБОРУДОВАНИЯ

4.1 Испаритель

Испаритель представляет собой цилиндрический аппарат с рубашкой, в которой нагревается вода до кипения. Целью технологического расчета испарителя является определение поверхности теплообмена в аппарате.

Исходные данные:

Принимаем начальную температуру воды $t_n = 40$ °С

Конечная температура $t_k = 60$ °С – требуемая температура пара для экстракции.

Принимаем температура пара в рубашке $t_p = 100$ °С.

Массовый расход воды: $G = 0.22$ кг/с

Принимаем коэффициент теплоотдачи от конденсирующегося водяного пара к стенке равен $\alpha_1 = 10\,000$ Вт/(м² · К) по рекомендации [16].

Находим коэффициент теплоотдачи от стенки к кипящей воде:

$$\alpha_2 = b^3 \cdot \frac{\lambda_B^2 \cdot \rho_B \cdot (\Delta T_{\text{кип}})^2}{\mu_B \cdot \sigma \cdot \Gamma_{\text{кип}}} = 0,078^3 \cdot \frac{(65,9 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 983 \cdot (87,7 - 60)^2}{470 \cdot 10^{-6} \cdot 662 \cdot 10^{-4} \cdot (273 + 60)} = 15003 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (4.1)$$

Сумма термических сопротивлений:

Принимаем сопротивление со стороны:

греющего пара $\frac{1}{r_{31}} = 5800$ Вт/м² · К

вода $\frac{1}{r_{32}} = 5800$ Вт/м² · К

Коэффициент теплопроводности стальной стенки:

$$\lambda_{\text{ст}} = 17,5 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К} \text{ (сталь)}$$

$$\frac{1}{\sum r_{\text{ст}}} = \frac{1}{\frac{1}{5800} + \frac{0,002}{17,5} + \frac{1}{5800}} = 2178,1 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К} \quad (4.2)$$

Находим коэффициент теплопроводности

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum r_{ст} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{10000} + \frac{1}{2178,1} + \frac{1}{15003}} = 655.4 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}) \quad (4.3)$$

Определяем тепловую нагрузку процесса с учетом потерь тепла в размере 5 %:

$$Q_{п} = G_{п} \cdot r = 0,22 \cdot 2356,9 \cdot 10^3 = 518518 \text{ Вт} \quad (4.4)$$

где, c_2 – удельная теплота парообразования, кДж/(кг);

Определяем среднюю разность температур:

$$t_{ср} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{2,3 \cdot \lg \left(\frac{t_6}{t_m} \right)} = \frac{60 - 40}{2,3 \cdot \lg \left(\frac{60}{40} \right)} = 49.3 \text{ }^\circ\text{C}, \quad (4.5)$$

K – от конденсирующиеся пара к жидкости (300 - 2500).

Определяем поверхность теплообмена испарителя[16].

$$F_p = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{ср}} = \frac{518518}{655.4 \cdot 49.3} = 16 \text{ м}^2 \quad (4.6)$$

В технологическом расчете экстрактора был рассчитан объем воды, нужное для экстракции коры. Используя это значение находим объем испарителя.

С учетом степень заполнения экстрактора $\phi = 0,8$.

$$V_{исп} > \frac{(V_{вода} + 0,2)}{0.8} = 1,25 \text{ м}^3 \quad (4.7)$$

где, 0.2 – запасный объем воды в испарителе, м^3 .

По ГОСТ 9931-85 выбираем размеры испарителя:

Таблица 6 – Размеры испарителя.

Объем номинальный, м^3	D	L	l	Площадь внутренней поверхности, м^2
5,00	1400	3450	2700	16,3

На рисунке 8 представлен схема испарителя[18]:

Исполнение 1

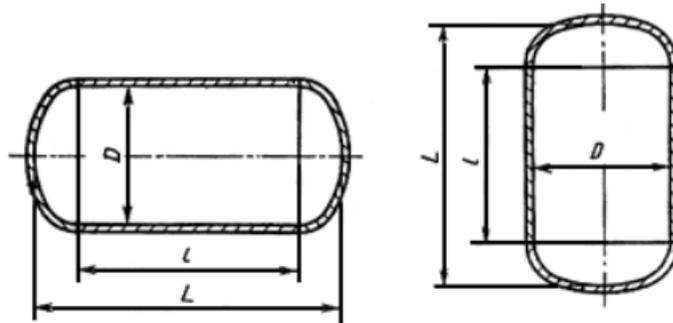


Рисунок 8 – схема испарителя

Согласно [8] выбираем рубашку для испарителя.

Таблица 7 – Размеры рубашки

D_B	D_P	D	H	h	h_1	a	s	s_1	$F, \text{ м}^2$
1400	1500	220	2080	50	140	30	6	8	9,3

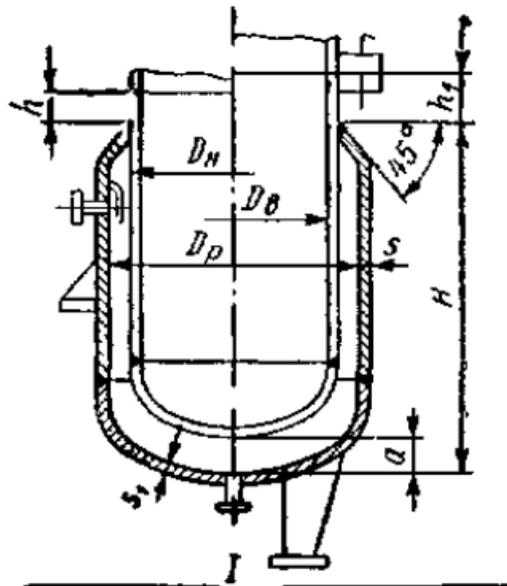


Рисунок 9 – Рубашка испарителя

4.2 Холодильник

Принимаем начальную температуру воды $t_n = 20$ °С – температура воды из сети.

Конечная температура $t_k = 30$ °С

Пар конденсируется при постоянной температуре $t_n = 60$ °С.

Массовый расход пар: $G_n = 0,22$ кг/с

Тепловая нагрузка

$$Q_n = G_n \cdot r = 0,22 \cdot 2356,9 \cdot 10^3 = 518518 \text{ Вт} \quad (4.8)$$

Расход воды для конденсации пара

$$G_b = \frac{518518}{4180 \cdot (30 - 20)} = 124 \text{ кг/с} \quad (4.9)$$

Определим среднюю разность температур:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_b - \Delta t_m}{\ln\left(\frac{t_b}{t_m}\right)} = \frac{40 - 30}{\ln\left(\frac{40}{30}\right)} = 34,8 \text{ °С}, \quad (4.10)$$

Предварительный выбор стандартного теплообменника:

K – от конденсирующегося пара к воде (800 – 3500) Вт/(м²·К)

$$F_{max} = \frac{Q}{K_{min} \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{518518}{300 \cdot 34,8} = 50 \text{ м}^2 \quad (4.11)$$

$$F_{min} = \frac{Q}{K_{max} \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{518518}{1200 \cdot 34,8} = 12,4 \text{ м}^2$$

В результате расчетов принят теплообменник типа ТН или ТК с характеристиками, перечисленными в таблице 8.

Таблица 8 – Характеристики теплообменника

Диаметр кожуха наружный D , мм	600
Диаметр труб d , мм	25x2
Число ходов z	2
Длина труб l , м	2

Общее число труб, n	240
---------------------	-----

В таблице 9 описаны физико-химические характеристики теплоносителей

Таблица 9 – параметры теплоносителей

Свойство	Размерность	Теплоноситель, при температуре	
		Холодный ($t_{cp}=25$) °С	Горячий 60 °С
ρ	кг/м ³	997	0,1301
C_p	Дж/кг · К	4185	4180
λ	Вт/м · К	0,609	0,659
μ	Па · с	$0,902 \cdot 10^{-3}$	$0,47 \cdot 10^{-3}$

Уточненный расчет поверхности теплопередачи

Зададимся турбулентным режимом течения жидкости в трубном пространстве.

$$Re_2 = 10000$$

Примем трубы стандартного размера 25×2 мм.

Расчет коэффициента теплопередачи K

Находим коэффициент теплоотдачи от конденсирующегося пара[20]:

$$\alpha_1 = 3,78 \cdot \varepsilon_t \cdot \lambda_1 \cdot 3 \sqrt{\frac{\rho_1^2 \cdot d_n \cdot n}{\mu_1 \cdot G_{\Pi}}} = 958 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (4.12)$$

Уточним значение критерия Рейнольдса:

$$Re = \frac{4 \cdot G_B \cdot z}{\pi \cdot d \cdot \mu_2} = 69458 \quad (4.13)$$

Коэффициент теплоотдачи жидкости.

При турбулентном движении жидкости $Re > 10000$ рекомендуется соотношении[20]:

$$(4.14)$$

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.43} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_{ст}}\right)^{0.25}$$

Примем $\varepsilon_{\phi} = 1$

$$\text{критерий Прандтля } Pr = \frac{c_p \cdot \mu}{\lambda} = \frac{4185 \cdot 902 \cdot 10^{-6}}{60,85 \cdot 10^{-2}} = 6,2 \quad (4.15)$$

$$t_{ст_2} = t_{ср} + 0,8 \Delta t_{ср} = 51^{\circ}\text{C}$$

Критерий Прандтля $Pr_{ст}$:

$$c_p = 4180 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$$

$$\mu = 0,53 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\lambda = 0,649 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

Таким образом,

$$Pr_{ст} = \frac{4180 \cdot 0,53 \cdot 10^{-3}}{0,649} = 3,41 \quad (4.16)$$

Рассчитываем критерий Нуссельта согласно:

$$Nu = 0,021 \cdot 1 \cdot 4615^{0.8} \cdot 6,2^{0.43} \cdot \left(\frac{6,2}{2,11}\right)^{0.25} = 40,3$$

$$\alpha_1 = \frac{Nu \cdot \lambda_1}{d_1} = \frac{40,3 \cdot 0,634}{0.021} = 1216,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (4.17)$$

Сумма термических сопротивлений:

- пар $\frac{1}{r_{31}} = 5800 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$
- вода $\frac{1}{r_{32}} = 5800 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$

Коэффициент теплопроводности стальной стенки:

$$\lambda_{ст} = 17,5 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К} \text{ (сталь)}$$

Тогда:

$$\frac{1}{\sum r_{ст}} = \frac{1}{\frac{1}{5800} + \frac{0,002}{17,5} + \frac{1}{5800}} = 2178,1 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К} \quad (4.18)$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum r_{ct} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{958} + \frac{1}{2178,1} + \frac{1}{11996}} = 630 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

Определение минимальной расчетной поверхности теплопередачи

$$F_p = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{518518}{630 \cdot 34,8} = 23,65 \text{ м}^2 \quad (4.20)$$

где, Q – количество принятого тепла, Вт;

K – уточненный коэффициент теплопередачи, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$;

Δt_{cp} – средняя разность температур в теплообменном аппарате, $^{\circ}\text{С}$.

Запас площади теплопередающей поверхности B составляет:

$$B = \frac{F_{ct} - F_p}{F_p} = \frac{38 - 23,65}{23,65} \cdot 100 = 37,8\% - \quad (4.21)$$

Таблица 10 – Характеристики выбранного теплообменника

Диаметр кожуха наружный D , мм	600
Диаметр труб d , мм	25x2
Число ходов z	2
Длина труб l , м	2
Общее число труб N	240
Поверхность теплообмена, м^2	38

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4Г8Б	Ньони Симан Джейкоб

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	НОЦ. Кижнера
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	18.03.01 «Химическая технология»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР</i>	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков</i>	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Оценка конкурентоспособности ИР
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8Б	Ньони Симан Джейкоб		

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Введение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель данной ВКР – создание установок (экстрактора) для переработки растительного сырья отвечающих требованиям получения высококачественных продуктов для производства лекарственных препаратов и БАД.

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В данной работе продуктом является экстрактор, который используется для извлечения полезных веществ (дубильные вещества, эфирные масла и БАД) из растительного сырья водяным паром. Аппарат применяется в химических, пищевых и фармацевтических сферах. Целевым рынком является ООО «Биолит» г. Томск.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Для оценки ресурсоэффективности будет приведен анализ технических решений по технико-экономическим показателям, для наглядной иллюстрации и систематизации результатов будет составлена оценочная карта. Оценка будет проходить по 5-ти бальной шкале, где 5 – наиболее сильная, а 1 наиболее слабая позиция. Вес показателей в сумме должны составлять 1.

В ходе исследования были рассмотрены две конкурирующие методы экстрагирования:

- Применение колонного экстрактора с псевдоожиженным слоем;
- Экстракция в шнековом экстракторе.

Детальный анализ необходим, т.к. каждый тип покрытия имеет свои достоинства и недостатки. В таблице 5.1 показано сравнение разработок конкурентов и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 5.1 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Энергоэкономичность	0,01	5	5	5	0,05	0,05	0,05
2. Надежность	0,1	5	5	5	0,5	0,4	0,5
3. Предоставляемые функции защит и автоматики	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
4. Ремонтопригодность	0,08	5	4	4,5	0,4	0,32	0,36
5. Удобство в эксплуатации	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
6. Безопасность	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
7. Дешевизна комплектующих	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25
8. Чистота продукта на выходе	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25
9. Простота эксплуатации	0,03	4	4	4	0,12	0,12	0,12
10. Помехоустойчивость	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
11. Уровень шума	0,01	5	5	5	0,05	0,05	0,05
Экономические критерии оценки эффективности							
12. Стоимость	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
13. Наличие сертификации	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
14. Предполагаемый срок эксплуатации	0,10	5	4	5	0,5	0,4	0,5
15. Послепродажное обслуживание	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
Итого	1	72	66	70,5	4,75	4,34	4,68

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_j, \quad (5.1)$$

где K – конкурентоспособность проекта; B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является наиболее актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

5.1.3 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Низкая стоимость по сравнению с зарубежными аналогами.	Сл1. Необходимость квалифицированных специалистов для обслуживания оборудования.
С2. Длительный срок эксплуатации.	Сл2. Трудоемкое обслуживание аппарата.
С3. Высокая эффективность работы.	Сл3. Высокая конкуренция производителей.
С4. Экологичность технологии.	Сл4. Большие металлические затраты на металлические изделия.
С5. Возможность работы с токсичными и взрывоопасными веществами.	
Возможности	Угрозы
В1. Государственная поддержка проектов по модернизации объектов промышленности.	У1. Рост импортных комплектующих.

В2. Использование оборудования локальных производителей.	У2. Появление новых технических решений.
В3. Возможность оптимизации процесса.	У3. Угроза возникновения ЧС
В4. Обучение молодых персоналов.	

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 5.3–5.6.

Таблица 5.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	+	+	+	+	+
	В2	+	+	+	+	0
	В3	+	+	+	+	+
	В4	-	-	0	+	+

Таблица 5.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	В1	-	-	+	+
	В2	-	-	+	+
	В3	0	-	+	+
	В4	+	-	-	-

Таблица 5.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	+	-	-	-
	У2	+	+	+	+	+
	У3	-	-	-	+	+

Таблица 5.6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	-	-	+	+
	У2	+	+	+	+
	У3	+	-	-	-

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 5.7.

Таблица 5.7 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны</p> <p>C1. Низкая стоимость по сравнению с зарубежными аналогами.</p> <p>C2. Длительный срок эксплуатации.</p> <p>C3. Высокая эффективность работы.</p> <p>C4. Экологичность технологии.</p> <p>C5. Возможность работы с токсичными и взрывоопасными веществами.</p>	<p>Слабые сторон</p> <p>Сл1. Необходимость квалифицированных специалистов для обслуживания оборудования.</p> <p>Сл2. Трудоемкое обслуживание аппарата.</p> <p>Сл3. Высокая конкуренция производителей.</p> <p>Сл4. Большие металлические затраты на металлические изделия.</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Государственная поддержка проектов по модернизации</p>	<p>Направления развития</p> <p>В1С1С4. Привлечение государственных и частных средства на модернизации процесса.</p>	<p>Сдерживающие факторы</p> <p>В2В3Сл3Сл4. Оптимизация технологического процесса может приводить к уменьшению габаритных размеров аппарата и</p>

<p>объектов промышленности.</p> <p>В2. Использование оборудования локальных производителей.</p> <p>В3. Возможность оптимизации процесса.</p> <p>В4. Обучение молодых персоналов.</p>	<p>В3С3С5. Возможность работать с токсичными и взрывоопасности связана с увеличением экологических показателей процесса.</p>	<p>это решает проблему больших металлических затрат.</p>
<p>Угрозы</p> <p>У1. Рост импортных комплектующих.</p> <p>У2. Появление новых технических решений.</p> <p>У3. Угроза возникновения ЧС</p>	<p>Угрозы развития</p> <p>У1У3С1С2. Несмотря на появление новых решений и рост цен, наши продукты имеют лучшие механические свойства, больше перспектив развития.</p> <p>У3С4С5. При разработке аппарата были рассмотрены возможные ЧС и поставлены меры избежания.</p>	<p>Уязвимости:</p> <p>У1У2Сл3Сл4. Использование высокотехнологических комплектующих может существенно повысить себестоимость проекта, а также может нарушить сроки реализации проекта.</p>

В результате SWOT-анализа показано, что на преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. Исходя из данного анализа можно сделать вывод, что сильной стороной проекта является получение аппарата изготовлен с помощью изделия локальных производителей, что уменьшает стоимость продукта и увеличивает конкуренции аппарата в рынке.

Основным недостатком можно выделить повышение себестоимости проекта вследствие подорожания комплектующих и использования иностранного оборудования.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

В состав рабочей группы входят:

Инженер (Ньони Симан Джейкоб);

Руководитель (Тихонов Виктор Владимирович)

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
Выбор направлений исследований	2	Обсуждение основных положений исследования	Инженер, научный руководитель

	3	Подбор и изучение материалов по тематике исследования	Инженер
	4	Календарное планирование предполагаемых работ	Инженер
Проведение теоретических исследований и инженерных расчетов	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер, научный руководитель
	6	Проверка расчетов	
Обобщение результатов и оценка	7	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
Координирование и контроль проекта	8	Обсуждение полученных результатов с руководителем, консультирование по вопросам оформления	Инженер, научный руководитель
Разработка технической документации и проектирование	9	Оценка эффективности использования спроектированного оборудования на производстве	Инженер, научный руководитель
Оформление комплекта документации НИР	10	Оформление пояснительной записки НИР	Инженер

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления сметы.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (5.2)$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{min}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (5.3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

Ψ_i – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (4.3):

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (5.4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (5.5)$$

где $T_{кал}$ – общее количество календарных дней в году; $T_{вых}$ – общее количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – общее количество праздничных дней в году.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						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					
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Составление и утверждение	1		3		1,8		1,8		2	

технического задания, утверждение плана-графика										
Обсуждение основных положений исследования	2	3	3	4	2,4	3,4	1,2	1,7	1	2
Подбор и изучение материалов по тематике исследования		6		10		7,6		7,6		9
Календарное планирование предполагаемых работ	1		2		1,4		1,4		2	
Проведение теоретических расчетов и обоснований		16		21		18		18		22
Проверка расчетов	4	6	6	8	4,8	6,8	4,8	6,8	6	8
Оценка эффективности полученных результатов		1		2		3		1		1
Обсуждение полученных результатов с руководителем, консультирование по вопросам оформления	4	4	6	6	4,8	4,8	4,8	4,8	6	6
Оценка эффективности использования спроектированного оборудования на производстве	2	4	3	6	2,4	4,8	1,2	4,8	1	6
Оформление пояснительной записки ВКР		6		8		6,8		6,8		8
Итого:	14	46	23	65	17,6	55,2	15,2	51,5	18	62

Примечание: Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 5.10).

Таблица 5.10 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ Исп	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность работ																
			Фев.			Март			Апр.			Май			Июнь				
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1 2	1	2	3														
2	Обсуждение основных положений исследования	Исп1 Исп2 2	1	2	3														
3	Подбор и изучение материалов по тематике исследования	Исп2 9	1	2	3														
4	Календарное планирование предполагаемых работ	Исп1 2	1	2	3														
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Исп2 22	1	2	3														
6	Проверка расчетов	Исп1 Исп2 8	1	2	3														
7	Оценка эффективности полученных результатов	Исп2 1	1	2	3														
8	Обсуждение полученных результатов с руководителем, консультирование по вопросам оформления	Исп1 Исп2 4	1	2	3														
9	Оценка эффективности использования спроектированного	Исп1 Исп2 6	1	2	3														

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (5.6)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

Π_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Результаты расчета затрат представлены в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Материальные затраты на выполнение научного исследования

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во, ед.	Сумма, руб.
Комплекс канцелярских принадлежностей	340	4	1 200
Картридж для лазерного принтера	3545	2	7090
Итого:			8 290

Цены приняты на основании прайс-листа поставщика материалов: <https://papyrus-tomsk.ru>, <https://mvideo.ru>.

5.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (5.7)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m, \quad (5.8)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.; m – время использования, мес.

Таблица 5.12 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	ПЭВМ	1	3	30 690	30 690
2	Приобретение права использования программа AUTOCAD LT	1	2	21 000	21 000
3	Комплект офисных приложений Microsoft Office	1	2	3600	3600
Итого		55 290 руб.			

Рассчитаем норму амортизации:

$$H_{A1} = \frac{1}{n} = \frac{1}{3} = 0,33.$$

$$H_{A2} = \frac{1}{n} = \frac{1}{2} = 0,5.$$

$$H_{A3} = \frac{1}{n} = \frac{1}{2} = 0,5.$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

$$A_1 = \frac{H_A I}{12} \cdot m = \frac{0,33 \cdot 30690}{12} \cdot 2 = 1687,95 \text{руб.}$$

$$A_2 = \frac{H_A I}{12} \cdot m = \frac{0,5 \cdot 21000}{12} \cdot 2 = 1750 \text{руб.}$$

$$A_3 = \frac{H_A I}{12} \cdot m = \frac{0,5 \cdot 3600}{12} \cdot 2 = 300 \text{руб.}$$

$$A = 3737,95 \text{руб.}$$

5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата $Z_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (5.9)$$

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 5.9).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.}, \quad (5.10)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;
- при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.} \quad (5.11)$$

Должностной оклад работника за месяц:

для руководителя:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}} = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.} \quad (5.12)$$

для инженера:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.}, \quad (5.13)$$

где $Z_{\text{мс}}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3; $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 5.13 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48/5	24/10
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 5.14 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{мс}, руб$	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}, руб$	$Z_{дон}, руб$	$T_p, раб.дн.$	$Z_{осн}, руб$
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	15,2	28988,6
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	51,2	119402,4
Итого:								148391

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

для инженера:

$$Z_{дон} = k_{дон} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 119402,4 = 17910,4 \text{ руб.}, \quad (5.15)$$

где $k_{дон}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

для руководителя:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{дон}) = 0,3 \cdot (28988,6 + 4348,3) = 10001,1 \text{ руб.} \quad (5.16)$$

для инженера:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{дон}) = 0,3 \cdot (119402,4 + 17910,4) = 41193,8 \text{ руб.}, \quad (5.17)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2022 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

5.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5 статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице ниже и используются для расчета накладных расходов.

Таблица 5.15 – Группировка затрат по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Амортизация	Материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов
3737,95	8 290	148391	22258,7	51194,9	233872,55

Величина накладных расходов определяется по формуле (5.18):

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей} 1 \div 5) \cdot k_{нр}, \quad (5.18)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ «Расчет и конструирование экстрактора для растительного сырья» по форме, приведенной в таблице 5.16.

Таблица 5.16 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп. 2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИР	8 290	4626,3	15945	Пункт 4.2.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	3737,95	22959,8	43453	Пункт 4.2.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	148391	148391	148391	Пункт 4.2.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	22258,7	22258,7	22258,7	Пункт 4.2.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	51194,9	51194,9	51194,9	Пункт 4.2.3.4
6	Накладные расходы	46774,51	47763,3	47763,3	Пункт 4.2.3.5
Бюджет затрат НИР		280647,06	297194	329005,9	Сумма ст. 1- 6

5.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный

показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве аналогов данной НИР рассмотрены:

- Применение колонного экстрактора с псевдооживленным слоем;
- Экстракция в шнековым экстрактором:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (5.19)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 280647,06$ руб, $\Phi_{\text{исп.1}} = 297194$ руб, $\Phi_{\text{исп.2}} = 329005,9$ руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тек.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{280647,06}{329005,9} = 0,85;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{297194}{329005,9} = 0,90;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{329005,9}{329005,9} = 1.$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с меньшим перевесом признан считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик,

распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 5.17).

Таблица 5.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность при использовании установки	0,15	4	4	4
2. Стабильность работы	0,2	4	4	5
3. Технические характеристики	0,2	5	3	4
4. Механические свойства	0,3	5	4	3
5. Материалоёмкость	0,15	5	4	5
ИТОГО	1	4,65	3,8	4,05

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 = 4,65;$$

$$I_{p2} = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,3 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 3,80;$$

$$I_{p3} = 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,3 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 = 4,05.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исн.i} = \frac{I_{p-исн.i}}{I_{финр.i}} \quad (5.20)$$

$$I_{исн.1} = \frac{4,65}{0,87} = 5,34, \quad I_{исн.2} = \frac{3,8}{0,9} = 4,22, \quad I_{исн.3} = \frac{4,05}{1} = 4,05.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 5.18). Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (5.21)$$

Таблица 5.18 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,85	0,90	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	3,8	4,05
3	Интегральный показатель эффективности	5,34	4,22	4,05
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,81	0,78

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект). Наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать

рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество дней для выполнения работ составляет 80 дней.

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 280647,06 руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,85, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,65, по сравнению с 3,8 и 4,05;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5,32, по сравнению с 4,22 и 4,05, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа		ФИО	
4Г8Б		Ньони Симан Джейкоб	
Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение (НОЦ)	Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

Тема ВКР:

Расчёт и конструирование экстрактора для растительного сырья	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при эксплуатации 	<p><i>Объект исследования: <u>экстрактор</u></i> <i>Область применения: <u>фармацевтическая промышленность</u></i> <i>Рабочая зона: <u>производственное помещение</u></i> <i>Размеры помещения: <u>10м x 10м</u></i> <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Экстрактор 2. Испаритель 3. Холодильник <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: экстракция, нагрев воды для экстракции, охлаждения</i></p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>“Трудовой кодекс Российской Федерации” от 30.12.2001 N 197 - ФЗ (ред. От 01.04.2019) ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования. ГОСТ Р ИСО 14738-2007. Безопасность машин. Антропометрические требования при проектировании рабочих мест машин.</p>
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Вредные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – недостаточная освещённость в рабочей зоне; – изменение параметров микроклимата; – повышенный уровень шума. <p>Опасные производственные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – высокая температура на поверхности оборудования; – подвижные части оборудования; – поражение электрическим током <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> – автоматический контроль и сигнализация; – осветительные приборы;

	<ul style="list-style-type: none"> – оградительные устройства; – устройства защитного заземления.
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	<p><i>Воздействие на селитебную зону:</i> загрязнение источников питьевой воды.</p> <p><i>Воздействие на литосферу:</i> загрязнение окружающей среды отходами.</p> <p><i>Воздействие на гидросферу:</i> загрязнение источников воды.</p> <p><i>Воздействие на атмосферу:</i> загрязнение воздуха газами, полученные в процессе экстрагирования.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	<p>Возможные ЧС: ЧС техногенного характера в помещении – пожар и взрывы. Природные ЧС – ураганы и землетрясение.</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожар</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
28.02.2022	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель (ООД, ШБИП)	Черемискина Мария Сергеевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8Б	Ньони Симан Джейкоб		

6 Социальная ответственность

Введение

Объектом исследования в этом разделе выпускной квалификационной работы является экстрактор для растительного сырья. Рабочая зона для этого аппарата представляет собой производственное помещение. Данный аппарат применяется в фармацевтической области где он используется для экстрагирования из растительного сырья. Основным аппаратом является экстрактор, и для работы этого аппарата требуются вспомогательные оборудования – испаритель и холодильник.

Растительное сырье (кора осины) загружают в экстрактор, где будет происходить процесс экстракции. В качестве экстрагента будет использован водяной пар. Для получения водяного пара испаритель заполняют водой и эту воду испаряют. Вода подается в экстрактор, где происходит массообменный процесс. После экстракции, пар с экстрактом подается в холодильник где, конденсируют смесь и отделяют экстракт.

В этом разделе будут рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности и также будут выявлены и проанализированы возможные опасные и вредные факторы, которые могут возникать при проектировании и эксплуатации данного аппаратов. С помощью нормативных документов будут предложены меры уменьшения этих рисков. Так же будут проанализированы взаимодействия технологического процесса с окружающей средой и возможные чрезвычайные ситуации, которые могут возникать.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Условия труда по степени вредности и опасности делятся на четыре класса – оптимальные, допустимые, вредные и опасные условия труда. Условия труда при работе с данными оборудованьями относятся к третьему классу, в котором условиями труда превышают уровни воздействия вредных и опасных производственных факторов, установленные нормативами условий труда. Условия труда в рабочем месте регламентируются Трудовым кодексом Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (далее ТК РФ), имеющим приоритетное значение перед другими действующими федеральными законами, связанными с трудовыми отношениями[21].

В соответствии со статьей 100 ТК РФ режим рабочего времени работника цеха должен предусматривать пятидневную рабочую неделю с двумя выходными днями. Время начала и окончания работы, время перерывов, число смен и чередование рабочих и не рабочих дней устанавливаются правилами внутреннего трудового распорядка в соответствии с трудовым законодательством. Работнику должен предоставляться ежегодный основной оплачиваемый отпуск продолжительностью 28 календарных дней согласно статье 115 ТК РФ. В соответствии со статьей 133 работнику гарантирована месячная заработная плата (отработавшего за этот период норму рабочего времени и выполнившего нормы труда), не ниже минимального размера оплаты труда.

Согласно ТК РФ работникам категории 3 также предусматриваются[21]:

- Обеспечение работников средствами индивидуальной и коллективной защиты [статья 221 ТК РФ];
- Предварительные и периодические медицинские осмотры для работников, занятых на работах с вредными и опасными условиями труда [статья 213 ТК РФ].

На рабочем месте проводятся инструктажи и стажировки для получения работниками допуска к самостоятельной работе. Кроме того действует Федеральный закон от 24.07.1998 N 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний». В соответствии со статьей 4 работниками гарантированы права на обеспечение по страхованию; экономическая заинтересованность субъектов страхования на улучшении условия и повышении безопасности труда, снижении производственного травматизма и профессиональной заболеваемости; обязательность регистрации в качестве страхователей лиц, нанимающих работников, подлежащих обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний; обязательность уплаты страхователями страховых взносов[22].

Основные эргономические требования согласно ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ «Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования» частям 2.1 – 2.7 для обеспечения безопасности, а также создания комфортной среды для работников цеха в производственных условиях рабочее место должно обеспечивать выполнение трудовых операций в пределах зоны досягаемости моторного слоя; организация рабочего места и конструкция оборудования должны обеспечивать прямое и свободное положение корпуса тела работника или наклон его вперед не более чем на 15°; для обеспечения удобного, возможно близкого подхода к столу, станку или машине должно быть предусмотрено пространство для стоп размером не менее 150 мм по глубине, 150 мм по высоте и 530 мм по ширине[23].

6.2 Производственная безопасность

В данном разделе анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при изготовлении и эксплуатации проектируемого экстрактора. Перечень опасных и вредных факторов, характерных для рабочей среды представлены в таблице 6.1[24]:

Таблица 6.1 – Возможные опасные и вредные факторы на рабочем месте[24]

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Недостаточная освещенность рабочей зоны	1. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
Отклонение параметров микроклимата	2. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. 3. СП 60.13330.2020 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха СНиП 41-01-2003.
Повышенный уровень шума	4. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. 5. СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.
Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может пройти через тело человека.	6. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. 7. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.

6.2.1 Анализ опасных и вредных факторов

Недостаточная освещенность рабочей зоны. Недостаточное освещение негативно действует на зрение, снижает работоспособность работников и может являться причиной головной боли и бессонницы. Основные причины плохой освещенности в рабочей зоне:

- отсутствие контроля за соблюдением норм искусственной освещенности;
- неправильное расположение ламп общего и местного освещения;

- недостаточное количество ламп и их регулярная замена;
- нерегулярная чистка плафонов ламп.

В соответствии с разделом 7 «2. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение» на пункте 2 «Освещение помещений производственных и складских зданий» для общего освещения производственных помещений следует использовать светодиоды и энергоэффективные разрядные источники света. Освещенность рабочей поверхности, создаваемая светильниками общего освещения в системе комбинированного, должна составлять не менее 10% нормируемой для комбинированного освещения. При этом, освещенность от общего освещения должна быть не менее 200 лк[25].

Освещение рабочей зоны должно быть оптимальным по величине, а его спектр должен быть максимально приближен к солнечному освещению, лучше всего соответствующему физиологии человека. Чрезмерно высокая освещенность так же, как и недостаточная, вызывает быстрое утомление глаз и снижение видимости.

Отклонение параметров микроклимата. Следующие параметры характеризуют микроклимат в рабочей зоне: влажность, температура, тепловое излучение и скорость движения воздуха. Работа персонала относится к классу средних работ Пб – интенсивность 201 – 250 ккал/час (233 – 290 Вт), работы, связанные с ходьбой, перемещением, переноской грузов весом до 10 кг с умеренным физическим напряжением. В таблице 6.2 представлены допустимые величины показателей микроклимата в рабочей зоны[26].

Таблица 6.2 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Энергозатраты, ккал/час	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	201 – 250	17 – 19	16 – 20	60 – 40	≥ 0,2
Теплый	201 – 250	19 – 21	18 – 22	60 – 40	≥ 0,2

Повышенный уровень шума. Шум с физиологической точки зрения – это любой нежелательный для человеческого слуха звук, который негативно влияет на здоровье. Шум влияет на нервную систему и может становиться причиной возникновения многих опасных болезней. Шум создается работающими оборудованием. В таблице 6.3 представлены допустимые значения уровней звукового давления[29].

Таблица 6.3 – Допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот и уровня звука.

Назначение помещений или территории	Уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления), дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц									Экв. уровень звука, дБА	Максимальный уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Производственные помещения	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80	95

Повышенное значение напряжение в электрической цепи, замыкание которое может пройти через тело человека. Электрический ток, проходя через тело человека, оказывает на него комплексное воздействие, являющееся совокупностью биологического, электролитического, термического и механического воздействий, что вызывает как местное и общее повреждения тканей и органов[30].

Существуют критические значения сетевого переменного тока, воздействующего на организм:

- 0,6 – 1,5 мА – ток начала ощущения (в точках прикосновения);
- 10 – 20 мА – порог не отпускающего тока;
- 100 мА – ток фибрилляции тока;
- 5 А и более вызывает у человека асфиксацию.

Для обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям необходимо применять следующие СКЗ:

- защитные оболочки;
- защитные ограждения;
- изоляцию токоведущих частей (рабочую, дополнительную, усиленную, двойную);
- предупредительную сигнализацию, блокировку, знаки безопасности и др.

6.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов

Первым шагом в обеспечении безопасности работающих на рабочей зоне является организация обучения всех работников правилам техники безопасности. Работники также будут периодически проверяться на знание правил техники безопасности.

Недостаточная освещенность рабочей зоны. При несоответствии искусственного освещения установленным нормам и правилам необходимо проводить такие мероприятия как увеличение число ламп в рабочей зоны, замена ламп на более мощные или реконструирование осветительных установок.

Отклонение параметров микроклимата. Для достижения необходимых параметров микроклимата рабочей зоны необходимо обеспечить надлежащий тепло- и воздухообмен, вентиляцию помещения в теплое время года и отопление в холодное, изолировать источники высокой и низкой температуры[27].

Повышенный уровень шума. К средствам индивидуальной защиты от воздействия шума относятся одноразовые и много разовые вкладыши и защитные

наушники с активным шумоподавлением. Коллективная защита заключается в планировке помещения, позволяющей снизить воздействие шума[28].

Электрический ток. При эксплуатации установок важную роль в обеспечении безопасности работника играют электротехнические средства защиты. Контроль выполнения требований электробезопасности должен проводиться на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации.

6.3 Экологическая безопасность

В данном разделе рассматриваются результаты воздействия материалов с окружающей средой и возможные решения к этим эффектам.

Литосфера. Данный аппарат(экстрактор) используется для экстрагирования биологически-активных веществ из растительного сырья. Источником загрязнения является кора, которая после экстрагирования не найдет полезное применение. Если кора не утилизируется должным образом, существует риск загрязнения источников воды. Существуют несколько способов безопасной переработки коры, это включает сжигание, вывоз на свалку и приготовление удобрения.

Гидросфера. В качестве экстрагента для экстракции будет использован водяной пар. После экстракции, водяной пар конденсируют в холодильнике. Эта вода все еще содержит остатки процесса экстракции, и если она смешается с питьевой водой, она может загрязнить источник питьевой воды. Для обеспечения безопасного пользования гидросферой применяются следующие мероприятия:

- улучшение настройки оборудования, чтобы вода повторно использовалась для следующего процесса;
- возможное выявление других процессов в производстве, которые требуют использования воды такой температуры.

Атмосфера. Этот процесс оказывает незначительное негативное воздействие на атмосферу, так как основным экстрагентом является водяной пар.

Следует проявлять большую осторожность при исследовании состава растительного сырья, так как некоторые из них могут содержать элементы, которые при нагревании выделяют газы, загрязняющие воздух.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При конструировании и эксплуатации экстрактора для растительного сырья возможными чрезвычайными ситуациями (далее ЧС) являются пожар, взрывы, обрушение производственных зданий, землетрясение и наводнение.

К ЧС техногенного характера относятся пожар и взрывы; к природным относятся землетрясение и ураганы. В данном пункте будет рассмотрена наиболее типичная ЧС – пожар. В процессе производственного цикла существует опасность возгорания. Причиной возгорания может являться замыкание в электросети оборудования и несоблюдения правил пользования электрооборудованием.

Согласно СП 12.13130.2009, рабочая зона относится к категории В4 (пожароопасные). Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б.

В целях ликвидации или локализации возгорания на первоначальной стадии применяются средства, которые обычно используются до прибытия пожарной бригады. Эти средства называют первичными средствами пожаротушения.

К первичным средствам пожаротушения относятся огнетушители. Типов огнетушительный бывает довольно большое множество (Например огнетушитель водо-пенный ОХВП-10). Используются для тушения пожара при отсутствии электроэнергии; углекислотные и порошковые огнетушители применяются для ликвидации возгорания различных электроустановок, которые находятся под напряжением до 1000 В.

Выводы по разделу:

В ходе выполнения данного раздела выпускной квалификационной работы были рассмотрены факторы безопасного проектирования и эксплуатации экстрактора для растительного сырья. Все выше описанные мероприятия в совокупности способны повысить безопасность технологического процесса на производстве и снизить вред, наносимый окружающей среде и человеку, при возникновении чрезвычайных ситуаций.

Согласно ПУЭ, в отношении опасности поражения людей электрическим током помещение принадлежит к помещениям без повышенной опасности потому, что отсутствуют условия, создающие особую электро-опасность[33]. Персоналы, работающие с экстрактором принадлежит к группе I по электробезопасности, так как их должность не требует работу с электроустановками[33].

Согласно СанПиН 1.2.3685-21, работа персонала относится к классу средних работ IIб – интенсивность 201 – 250 ккал/час (233 – 290 Вт), работы, связанные с ходьбой, перемещением, переноской грузов весом до 10 кг с умеренным физическим напряжением[34].

Согласно СП 12.13130.2009, рабочая зона относится к категории В1-В4 (пожароопасные). Основная установка (экстрактора) относится к группе ГН(умеренная пожароопасность), так как в ней подается пар и перерабатывается кора, которая после переработки утилизируется способом сжигания[35].

В экстракторе перерабатывается кора осины. Объект принадлежит к категории III (Критерии отнесения объектов, оказывающих незначительное негативное воздействие на окружающую среду), так как основной источник сырья – отходы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения дипломной работа были произведены технологические и механические расчеты экстрактора, предназначен для переработки растительного сырья. В технологическом расчете были определены геометрические размеры аппарата: диаметр экстрактора составил – 1400 мм, а высота – 2000 мм. Также были подобраны элементы экстрактора (днище, крышка, штуцеры и опоры) и все эти элементы были рассчитаны на прочность в механическом расчете экстрактора. Были произведены механические расчеты испарителя и холодильника с целью определения геометрические параметров эти параметров.

В разделе «Финансовый менеджмент» был проведен анализ и расчет основных параметров для реализации конкурентоспособного проекта.

В разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены вопросы о выполнении требований безопасности труда, промышленной безопасности, охраны окружающей среды и ресурсосбережения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Романков, Петр Григорьевич. Экстрагирование из твердых материалов / П. Г. Романков, М. И. Курочкина. — Ленинград : Химия, 1983. — 256 с.
- 2 Основы проектирования химических производств и оборудования: учебник / В.И. Косинцев, А.И. Михайличенко, Н.С. Крашенинникова, В.М. Миронов, В.М. Сутягин; под ред. А.И. Михайличенко; Томский политехнический университет. — 2-е изд. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. — 395 с.
- 3 Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи : учебное пособие для вузов / М. Ф. Михалев [и др.]; под ред. М. Ф. Михалева // 2-е изд., испр. и доп. — Москва : АРИС, 2010. — 310 с.: ил. — Библиография: с. 308.
- 4 ГОСТ 9617-76. Сосуды и аппаратов. Ряды диаметров.
- 5 ГОСТ 34233.1-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования.
- 6 Лацинский, Александр Александрович. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры : справочник / А. А. Лацинский, А. Р. Толчинский // 3-е изд., стер. — Москва : Альянс, 2008. — 752 с.
- 7 ГОСТ 34233.2-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек.
- 8 ГОСТ 19903-2015. Прокат листовой горячекатаный. Сортамент.
- 9 ГОСТ 6533-78. Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов. Основные размеры.
- 10 ГОСТ 34233.4-2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений.

- 11 ГОСТ 28759.2-90 Фланцы сосудов и аппаратов стальные плоские приварные. Конструкция и размеры
- 12 АТК 24.218.06-90 Штуцера для сосудов и аппаратов стальных сварных. Типы, основные параметры, размеры и общие технические требования
- 13 ГОСТ 34233.3-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и наружном давлении. Расчет на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер
- 14 Гарипов, Н. Р. Сравнительный анализ состава и содержания некоторых экстрактивных компонентов древесины и коры осины (*Populus tremula* L.) [Электронный ресурс] / Н. Р. Гарипов // Лесохоз. информ. :Электрон. сетевой журн. –2016. – № 1. – С. 65–70.
- 15 ГОСТ 26296-84 (СТ СЭВ 4349-83) Лапы опорные подвесных вертикальных сосудов и аппаратов. Основные размеры.
- 16 Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учебное пособие для вузов / К.Ф. Павлов, П. Г. Романков, А.А. Носков. – 10-е изд., перераб. и доп. – Москва: Альянс, 2013. – 576 с.
- 17 ГОСТ 34233.5-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок
- 18 ГОСТ 9931-85 Корпуса цилиндрические стальных сварных сосудов и аппаратов. Типы, основные параметры и размеры
- 19 Лацинский, Александр Александрович. Конструирование сварных химических аппаратов : справочник / А. А. Лацинский; под ред. А. Р. Толчинского // 2-е изд., стер. — Москва : Альянс, 2008. — 384 с.: ил. — Библиогр.: с. 379.
- 20 Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию / под ред. Ю. И. Дытнерского // 4-е изд., стер. — Москва : Альянс, 2008. — 496 с.

- 21 Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018).
- 22 Федеральный закон от 24.07.1998 N 125-ФЗ «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний».
- 23 ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.
- 24 ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
- 25 СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.
- 26 ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- 27 СП 60.13330.2020 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха СНиП 41-01-2003.
- 28 ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
- 29 СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003.
- 30 ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
- 31 ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
- 32 Правила устройства электроустановок (ПУЭ).
- 33 Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок.
- 34 СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

35 СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.