

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 18.03.01 Химическая технология
 ООП/ОПОП Химический инжиниринг
 Отделение школы (НОЦ) Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРСКАЯ

Тема работы
Проектирование мыловаренного котла

УДК 661.187.023

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8Б	Выонг Монг Хунг		

Руководитель ВКР

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

Консультант

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

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черемискина Мария Сергеевна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
НОЦ Н. М. Кижнера	Краснокутская Е. А.	Профессор	-	-

Рецензент

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Томск – 2022 г.

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 налаживать, 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

ПРИКАЗ

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

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (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	Быонг Монг Хунг

Тема работы:

Проектирование мыловаренного котла	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	18.01.2022 г. № 18-59/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	31.05.2022 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><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>Мыловаренный котел периодического действия; Среднее время пребывания компонентов в реакторе:.....1 ч; Давление в корпусе аппарата:.....0,1 МПа; Давление в рубашке:.....0,5 МПа; Температура смеси в корпусе аппарата:.....95 °С; Температура воды в рубашке:.....150 °С; Производительность по продукту:...800 кг/смена; Степень конверсии:.....90; Состав исходной смеси: Гидродсид калия, вода и подсолнечное масло.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><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) Литературный обзор; 2) Технологическая схема; 3) Технологические расчеты; 4) Выбор конструктивных материалов; 5) Механический расчет; 6) Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 7) Социальная ответственность; Заключение; Список использованных источников; Приложения.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Лист 1 – Общий вид мыловаренного котла А1; Лист 2 – Сборочный чертеж корпуса мыловаренного котла А1; Лист 3 – Технологическая схема А1;</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Механический расчет оборудования</p>	<p>Тихонов Виктор Владимирович Тихонов Николай Викторович Балмашнов Михаил Александрович</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Кащук Ирина Владимировна</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Черемискина Мария Сергеевна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p> </p>	
<p> </p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>01.02.2022 г.</p>
--	----------------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Доцент</p>	<p>Тихонов Николай Викторович</p>	<p> </p>	<p> </p>	<p> </p>

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p> <p>4Г8Б</p>	<p>ФИО</p> <p>Вьонг Монг Хунг</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
---------------------------	-----------------------------------	----------------	-------------

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4Г8Б	Выюнг Монг Хунг

Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение школы (НОЦ)	Научно- образовательный центр Н.М.Кижнера
Уровень образования	Бакалавриат	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>Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

Перечень графического материала

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности ИП 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		28.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8Б	Выюнг М.Х		28.02.2022

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4Г8Б	Выонг Монг Хунг

Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение (НОЦ)	Научно-образовательный центр Н.М.Кижнера
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ специальность	18.03.01 Химическая технология

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>Объектом исследования является мыловаренный котел Область применения: Мыловаренная промышленность <i>Рабочая зона:</i> Unilever PLC, Vietnam office. Юнилевер, Вьетнамское отделение. Размеры помещения: 351×225 м. Количество и наименование оборудования рабочей зоны: 1 - Котёл мыловаренный для варки мыла. Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: Промышленная зона VSIP, город Тушон, провинция Бакнинь, площадью 78975 м².</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 № 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) "Конституция Российской Федерации" (принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020) ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.</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 в рабочей зоне при эксплуатации оборудования:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Повышенный уровень шума; – Токсические химические вещества. <p>Опасные производственные факторы в рабочей зоне при эксплуатации оборудования:</p>

	<p>– Электробезопасность (вероятность поражения электрическим током, токоотводящие части электрооборудования).</p> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: Вкладыши (беруши), резиновые сапоги, защитные очки, костюм химической защиты, резиновые перчатки.</p>
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	<p>Воздействие на селитебную зону: Отходы, используемые в упаковке продукта.</p> <p>Воздействие на литосферу: Сточные воды от мойки оборудования после каждой производственной смены.</p> <p>Воздействие на гидросферу: Сточные воды от мойки оборудования после каждой производственной смены.</p> <p>Воздействие на атмосферу: Нет.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	<p>Возможные ЧС: ураганы, подтопления территорий, природные пожары, аварии с выбросом химически опасных веществ при их производстве, переработке.</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожар на производственном объекте</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Черемискина Мария Сергеевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Г8Б	Вьонг Монг Хунг		19.02.2022

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 180 с., 24 рис., 28 таб., 6 прил., 62 источ., 3 листов графического материала.

МЫЛОВАРЕННЫЙ КОТЕЛ, РАМНАЯ МЕШАЛКА, МЫЛОВАРЕНИЕ, ВАЛ, ПЕРЕМЕШИВАНИЕ.

Объектом разработки является мыловаренный котел, который используется для производства мыла в промышленных масштабах.

Целью данной работы являлось рассмотрение процесса производства мыла в промышленности и оборудования для проведения реакции, определение и расчет конструкции мыловаренного котла.

В процессе выполнения работы был произведен технологический и механический расчёты для определения размеров и окончательной конструкции аппарата. В результате исследования спроектирован мыловаренный котел.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: внутренний диаметр корпуса аппарата 600 мм, внутренний диаметр рубашки 650 мм, температура в реакторе 95 °С, в рубашке – 150 °С, перемешивающее устройство – рамная мешалка.

ABSTRACT

The graduation qualification work consists of an explanatory note containing 180 pages of typewritten text, 24 figures, 28 tables, 62 sources of literature, 3 sheets of graphic material.

SOAP MIXING MACHINE, ANCHOR AGITATOR, SOAP MAKING, SHAFT, MIXING.

The object of development is a soap-making boiler, which is used for the production of soap on an industrial scale.

The purpose of this work was to consider the process of soap production in industry and equipment for carrying out the reaction, to determine and calculate the design of the soap boiler.

In the course of the work, technological and mechanical calculations were made to determine the dimensions and final design of the apparatus. As a result of the study, a soap boiler was designed.

The main structural, technological and technical and operational characteristics: the inner diameter of the apparatus 600 mm, the inner diameter of the shirt 650 mm, the temperature in the reactor is 95 °C, in the jacket – 150 °C, the mixing device is a anchor agitator.

СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ.....	9
ВВЕДЕНИЕ	15
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	17
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА МЫЛА.....	20
2.1 Производство мыла в котлах периодического действия	20
2.1.1 Рафинирование и отбеливание жиров	20
2.1.2 Кипячение мыла	21
2.2 Производство жирных кислот путем расщепления жира.....	24
2.3 Мыло от нейтрализации жирных кислот.....	25
2.4 Восстановление глицерина	27
2.4.1 Концентрация	27
2.4.2 Дистилляция.....	28
2.5 Кусковое мыло	29
2.6 Жидкое мыло.....	30
3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ АППАРАТА	32
3.1 Материальный расчет.....	32
3.2 Гидродинамический расчет	35
3.3 Тепловой расчет	39
4 ВЫБОР КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	52
5 МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ МЫЛОВАРЕННОГО КОТЛА.....	54
5.1 Определение толщины стенки цилиндрической обечайки корпуса.....	58
5.1.1 Поверочный расчет цилиндрической обечайки для рабочих условиях	65
5.1.2 Поверочный расчет цилиндрической обечайки для условиях испытаний ...	68
5.2 Определение толщины эллиптического днища	71
5.2.1 Поверочный расчет эллиптического днища при рабочих условиях	74
5.2.2 Поверочный расчет эллиптического днища в условиях испытаний	75
5.3 Расчёт толщины стенки плоской крышки корпуса аппарата	77
5.4 Расчет толщины стенки цилиндрической обечайки рубашки.....	81
5.5 Расчет толщины стенки эллиптического днища рубашки.....	83
5.6 Расчет фланцевого соединения корпуса с крышкой	86

5.6.1	Определение расчетных параметров для расчета фланцевого соединения..	87
5.6.2	Конструктивные размеры фланцевого соединения	87
5.6.3	Расчет усилий во фланцевом соединении.....	94
5.6.4	Проверка прочности и герметичности фланцевого соединения.....	97
5.7	Расчет необходимости укрепления отверстий.....	100
5.7.1	Штуцер вывода продукта из аппарата.....	101
5.7.2	Штуцер ввода и выхода теплоносителя в рубашку	103
5.8	Расчет опор аппарата	105
5.9	Расчет вала на прочность, жесткость.....	108
5.9.1	Расчет вала на жесткость	110
5.9.2	Расчет вала на прочность.....	117
5.10	Расчет шпоночного соединения вала с мешалкой.....	121
6	РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ.....	124
7	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ, РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	128
7.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	128
7.1.1	Анализ конкурентных технических решений	128
7.1.2	SWOT-анализ	130
7.2	Планирование научно-исследовательских работ	134
7.2.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	134
7.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	135
7.2.3	Разработка графика проекта.....	136
7.3	Бюджет научно-технического исследования	140
7.3.1	Расчет материальных затрат.....	140
7.3.2	Расчет амортизации специального оборудования	141
7.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы.....	143
7.3.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	146
7.3.5	Накладные расходы.....	147
7.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	148
7.5	Выводы по разделу	151

8	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	152
8.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	152
8.2	Производственная безопасность	154
8.2.1	Превышение допустимого порога шума.....	155
8.2.2	Токсичные и опасные химические вещества.....	155
8.2.3	Электрический ток	156
8.3	Экологическая безопасность	157
8.3.1	Атмосфера.....	157
8.3.2	Гидросфера и литосфера.....	157
8.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	158
8.5	Выводы.....	159
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	161
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	162
	ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	174
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б	175
	ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	176
	ПРИЛОЖЕНИЕ Г	177
	ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	178
	ПРИЛОЖЕНИЕ Е	179

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

1 коронавирусная болезнь (COVID-19): Это инфекционное заболевание, вызываемое вирусом SARS-CoV-2.

2 хелатирующий агент: химические соединения клешневидной формы, лиганды, обладающие способностью связывать атомы металлов. Применяются для удаления из мыла ионов металлов, повышая его качество как косметического средства.

3 фланец: Это механическое устройство, большинство из которых представляют собой блоки круглой формы с отверстиями под крепежные элементы, но в некоторых специальных применениях они бывают квадратными, шестиугольными, используются для соединения устройств, фитингов и труб между собой.

4 штуцер: патрубок, оснащенный фланцем или иным типом крепления для соединения трубопровода, ёмкостей, вентилях и других деталей в газовых и жидкостных системах.

5 реактор: аппарат, представляющий сосуд из металла, оснащенный дополнительными конструктивными элементами, в котором проводится химическая реакция, в данном случае варка мыла.

ВВЕДЕНИЕ

Коронавирусное заболевание 2019 года (COVID-19) как зоонозное заболевание представляет собой штамм тяжелого острого респираторного синдрома, который создает серьезные проблемы для глобального здравоохранения и влияет на качество жизни людей. Систематический обзор физических мер по снижению передачи респираторного вируса показал, что мытье рук снижает передачу на 45...55 %. Частое и правильное мытье рук с мылом в качестве устойчивого фактора было одной из основных рекомендаций по предотвращению передачи коронавируса. Механический процесс мытья рук водой с мылом был «золотым стандартом» для удаления с рук большинства преходящих и постоянных микроорганизмов. Молекулы мыла имеют два разных конца: гидрофильная полярная головка и неполярный гидрофобный хвост, который связывается с липидной оболочкой коронавируса и разрушает липидную мембрану вируса, дезактивируя ее. Таким образом, фрагментированные компоненты вируса полностью растворяются, и проточная вода смывает их.

Применение мыла при регулярном мытье рук доступно и важно, поскольку оно удаляет загрязнения, которые не могут быть полностью удалены водой. Мыло и детергенты растворяют нерастворимые загрязнения, улавливают грязь и уносят ее с водой, растворяют двухслойную липидную мембрану, окружающую микроорганизмы, инактивируют их и уничтожают вирусы и бактерии. Мытье рук и гигиена рук теперь считаются одними из наиболее эффективных мер по сокращению распространения респираторных и диарейных инфекций от одного человека к другому и предотвращению инфекций, включая COVID-19 [1].

Пандемии и эпидемии, такие как продолжающаяся вспышка COVID-19 и появление смертельных типов гриппа, таких как H1N1, создают огромный спрос на такие дезинфицирующие средства для поддержания гигиены и

предотвращения распространения инфекций, что является основным фактором, способствующим росту рынка. Объем мирового рынка мыла в 2019 году составил 34,09 миллиарда долларов США и, по прогнозам, достигнет 55,29 миллиарда долларов США к 2027 году, демонстрируя совокупный годовой темп роста в 5,0% в течение прогнозируемого периода. Всемирный день мытья рук, отмечаемый 15 октября, был основан партнерами Global Handwashing и дает возможность разработать творческие способы побудить людей мыть руки с мылом в критические моменты. Тема празднования в 2020 году – «Гигиена рук для всех», и в свете пандемии COVID-19 усиливается важность мытья рук с мылом как надежного способа предотвращения заражения другими инфекционными заболеваниями, такими как лихорадка Ласса, холера, простуда и т. д. некоторые болезни пищевого происхождения и некоторые желудочно-кишечные расстройства, такие как норовирус [2].

Вышесказанным определяется актуальность настоящего исследования.

Целью данной работы являлось рассмотрение процесса производства мыла в промышленности и оборудования для проведения реакции, определение конструкции мыловаренного котла, являющимся основным оборудованием. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- подробно описать процесс производства мыла, который используется в промышленных масштабах;
- обозначить экологические проблемы, стоящие перед мыловаренной промышленностью, и найти способы их решения.

Объектом исследования является мыловаренный котел, который используется для производства мыла в промышленных масштабах.

Предмет исследования – технологические и конструктивные характеристики промышленного мыловаренного котла.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Мыло в качестве чистящих средств представляет собой класс продуктов на химической основе, разработанных для удовлетворения согласованных стандартов эффективности и удовлетворения ожиданий и потребностей потребителей. В дополнение к своим чистящим свойствам хорошее мыло должно обладать и другими характеристиками, такими как хорошая пенообразующая способность, слабое раздражение кожи, физическая и химическая стабильность, легкость смывания с кожи и ванны и хорошая устойчивость к растрескиванию. В основном триглицериды (масла и жиры), используемые для производства мыла, получают из таллового жира, косточкового пальмового масла, оливкового масла и кокосового масла. Туалетное мыло получают путем добавления определенных компонентов, например красителей, ароматизаторов и других добавок.

Для создания средств личной гигиены можно использовать широкий спектр ингредиентов с различными характеристиками по качеству, запаху, цвету, форме и дизайну упаковки. По химическому составу мыла делятся на две большие группы: натуральные и синтетические. В натуральном мыле химия аналогична рецептуре древнего мыла. Масла и жиры, полученные из растений или животных, являются основными компонентами большинства мыла этого типа без каких-либо дополнительных компонентов, таких как пластификаторы, связующие, консерванты и парабены. Большинство натуральных мыл не образуют токсичных отходов и побочных продуктов и требуют минимального количества энергии в производственном процессе; таким образом, они более совместимы с природой. Небольшие производители могут легко производить натуральное мыло из простых и доступных ингредиентов.

В синтетическом мыле, также известном как синдет, чистящие средства обычно изготавливаются из смесей синтетических поверхностно-активных веществ, пластификаторов, связующих и других добавок. Синтетические мыла

изготавливаются из жиров, нефти и продуктов на масляной основе с использованием смеси процессов сульфирования, этоксилирования и этерификации. Сформулированные мыльные продукты содержат несколько компонентов. Наиболее часто используемые ингредиенты и типичный ассортимент мыла перечислены в таблице 1.

С химической точки зрения мыло представляет собой комбинацию жира или масла (жирных кислот), воды и щелочи или даже органической основы. В реакции омыления нейтральный жир и щелочь реагируют с образованием молекул глицерина и мыла. На рисунке 1 показаны реакции мыловарения.

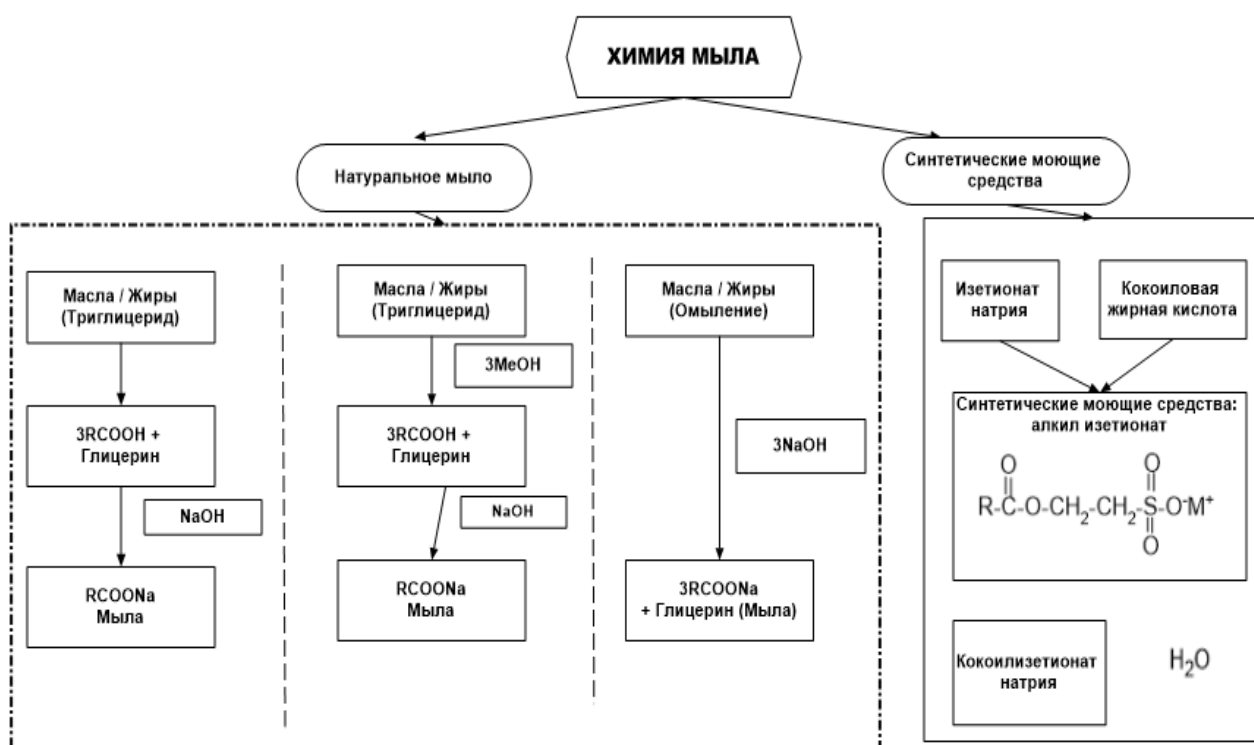


Рисунок 1 – Реакция омыления натурального и синтетического мыла

В таблице 1 показаны наиболее распространенные ингредиенты, используемые в мыловаренной промышленности, их роль в мыльных продуктах и используемые дозы.

Таблица 1 – Наиболее часто используемые ингредиенты в мыле, их функции и типичный диапазон [3]

Ингредиентные функции	Ингредиент	Типичный диапазон (%)
Омыленные масла	Жир, стеариновая кислота, косточковое пальмовое масло, оливковое масло, пальмовое масло	15...80 %
Смягчающее средство	Глицерин стеарат, глицерин, касторовое масло, силиконовые жидкости	1,0...3,0 %
Краситель	Краситель, бета-каротин, гидроксид хрома зеленый, карбазол фиолетовый	0,001...0,1 %
Хелатирующий агент	ЭДТА, гидроксидэтандифосфоновая кислота	0,005...0,2 %
Отбеливающий агент	Оксид титана	0,1...2,0 %
Вода	Вода	5...30 %
Антиоксиданты	Бутилгидрокситолуол, 2-трет-бутилбензол-1,4-диол	0,005...0,1 %
Агент трещиностойкости	Кокосовые жирные кислоты	1,0...3,0 %
Антибактериальные агенты	Триклозан, трихлороуглерод	0,3...1,5 %
Составы против прыщей	Сера, салициловая кислота, перекись бензоила	0,5...10 %
Вторичные поверхностно-активные вещества	Сульфат лаурилового эфира натрия, оксид лаурамина, кокоамидопропилбетаин, динатрий кокоилглутамат, олеат ТЕА	0,5...5,0 %
Увлажняющий агент	Лактоза, пропиленгликоль, мочевины, экстракт листьев алоэ барбаденсис	0,1...10,0 %
Загуститель	ПЭГ-40 гидратированное касторовое масло, бензойная кислота	0,5...0,6 %
pH-буфер	Моногидратированная лимонная кислота, поликарбоксилаты	0,5 %
Аромат	Духи, ванилин	0,5...1 %

Процесс производства мыла в промышленных масштабах рассмотрен в следующем разделе.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА МЫЛА

2.1 Производство мыла в котлах периодического действия

Большая часть мыла, полученного с помощью этого процесса, используется в унитазах для домашнего использования. Используемое мыло требует цвета, который привлекает пользователя, и, что немаловажно, не имеет запаха, который доставляет пользователю дискомфорт. Чтобы соответствовать этому требованию, исходные жиры и масла должны быть очищены. Существует прямая зависимость между качеством жиров и качеством готового мыла.

2.1.1 Рафинирование и отбеливание жиров

Есть несколько способов рафинации жиров. В одном из наиболее часто используемых методов в качестве экстрагирующего агента используется активированная глина. Активированная глина, имеющая большое отношение площади поверхности к массе, перемешивается с теплым маслом и фильтруется. Цветные тела, загрязнения и т. д. удаляются, как правило, с помощью пластинно-рамочного пресса. Глина утилизируется как твердые отходы. В рафинированном жире остается небольшое количество глины.

Глина часто "активируется" путем кислотной обработки поставщиком глины и является источником накопления сульфат-иона в некоторых потоках рециркуляции мыла.

Другие способы очистки жиров включают щелочную экстракцию, отгонку паром и запатентованные химические вещества на водной основе.

Мыло составляло основную часть рынка мыла и моющих средств, процесс экстракции Solexol нашел применение при рафинировании жиров и масел. Конструкция этого процесса экстракции жидким пропаном основана на

уменьшении растворимости жиров в жидком пропане с повышением температуры. Жиры полностью смешиваются при 48,84 °С, но становятся почти нерастворимыми при 120 °С, и большая часть цветных тел выпадает в осадок.

Цветные тела падают на дно очистной башни, в то время как обесцвеченные масла, растворенные в жидком пропане, оказываются на слое растворителя (жидкого пропана) и собираются сверху.

2.1.2 Кипячение мыла

Варка в котле, хотя и является очень старым процессом, по-прежнему дает очень удовлетворительный продукт, и на нескольких хорошо интегрированных производственных предприятиях этот процесс имеет очень низкий уровень сброса сточных вод.

На приготовление партии мыла (65 ... 70 % мыла в воде) может уйти от четырех до шести дней. Ряд больших стальных резервуаров используется противотоком для «кипячения» мыла. Их вместимость может достигать 54480 кг ингредиентов. Постоянно ослабевающие потоки каустика встречает обогащенный жир, так что каустик практически исчерпывается в присутствии свежего жира. На практике жир никогда не покидает резервуар, в котором он образовался, пока он не превратится в чистое мыло. Только водный поток щелочи течет из резервуара в резервуар. На рисунке 2 представлена схема технологического процесса производства мыла с использованием котла.

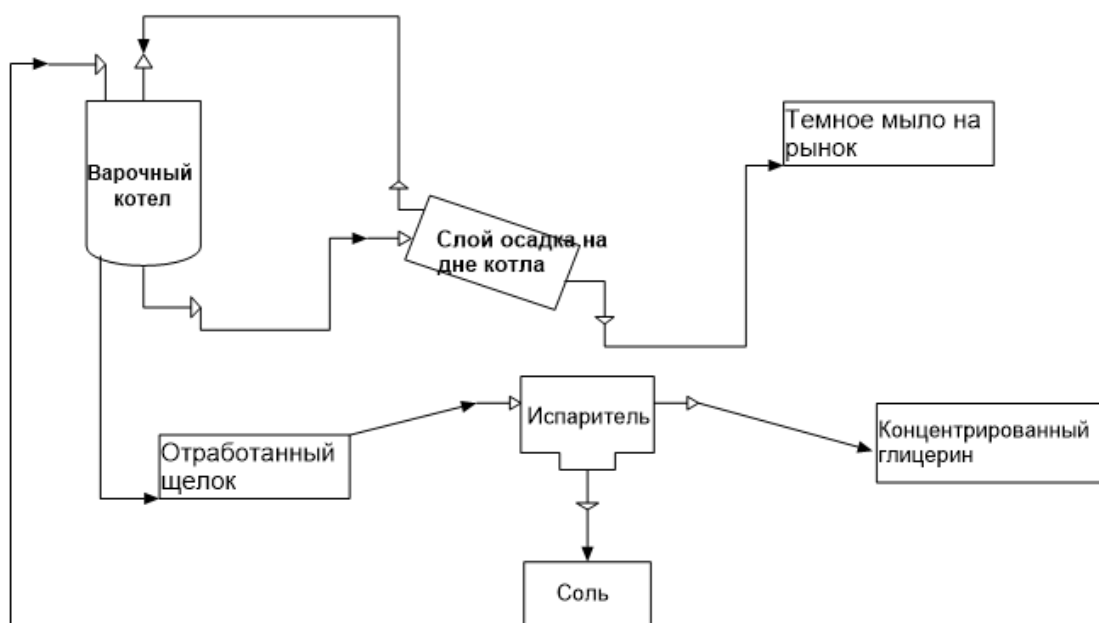


Рисунок 2 – Процесс производства мыла в котле [4]

Ниже приводится упрощенное описание процесса кипячения мыла:

Шаг 1: Взвешивание жиров, масел и щелочей: Взвешиваются жиры и масла. Пропускается щелочной поток из этапа 8.

Шаг 2: Включение пара и омыление: Пар обычно подается в котел, где он не только нагревает материалы, но и выполняет функцию перемешивания. На этот этап уходит около трех-четырех часов.

Шаг 3: Добавить соль и прокипятить для зернистости: Зернистость - это процесс отделения вновь образовавшегося мыла от отработанного щелочного раствора. Оператор добавляет соль или солевой раствор до тех пор, пока образец, взятый шпателем, не разделится на мыло и щелок. Требуется около 10 ... 12 % NaCl.

Шаг 4: Выключить и осесть: На то, чтобы содержимое полностью разложилось на два слоя, нужно около четырех часов.

Шаг 5: Слить отработанный щелок и отправить его на восстановление: Отработанный щелок содержит 7 ... 8 % глицерина и отправляется в блок восстановления глицерина.

Шаг 6: Добавление воды в котёл и закрытие кипячения: Теперь «закрытое мыло» получают путем добавления воды в котёл и нагревания его до образования сплошного кремообразного материала, растворяющего оставшийся глицерин и соль.

Шаг 7: Добавление сильной щелочи в закрытое мыло: Этот шаг выполняется путем добавления свежего концентрированного щелока, который омыляет последние остатки жира. Партию снова доводят до кипения, добавляют воду до тех пор, пока мыло не закроется, затем вливают щелок. Поскольку мыло не растворяется в сильной щелочи, оно становится зернистым.

Шаг 8: Осесть и дать щелку перейти к Шагу 1: Пар отключают, и партии дают отстояться в течение трех часов. Щелок сливается и добавляется в начальную партию.

Шаг 9: Снова начинается нагрев, и вода подается до тех пор, пока масса не закроется, а кипячение продолжается до тех пор, пока мыло, удаленное шпателем, не будет слито на прозрачный лист.

Шаг 10: Нагрев отключают, и партии дают отстояться: Нагрев отключают, и партии дают отстояться. Чистое мыло снимается сверху и превращается в одну из многих форм мыльных продуктов. Нижний слой - это черный цвет, который содержит цветные тела, темное мыло и т. д. Он содержит до 20 ... 25 % содержимого котла (30 ... 40 % мыла). Потому, что нижний слой становится сильно загрязненным примесями, его можно переработать, чтобы сделать мыло низкого качества для продажи.

Шаг 11: Часто черный нижний слой котла рециркулирует в котел для начала новой партии.

Сточные воды, образующиеся при кипячении в котле, в основном поступают нижнего слоя котла. Нижний слой котла - это водный слой, который содержит цветные тела, образующиеся в процессе производства мыла, в основном темное мыло. Они часто продаются как промышленные смазочные

материалы или низкосортное мыло специального назначения. Там, где такой рынок может быть создан, процесс кипячения мыла в котле уже находится на уровне нулевого сброса сточных вод, за исключением стадии очистки жира.

Использование соли: Чтобы поддерживать подходящую растворимость для правильной обработки, в процесс мыловарения добавляют соль для поддержания необходимого электролитического баланса. Большая часть соли, загруженной в процесс, в конечном итоге возвращается к нему со стадии концентрирования глицерина. Практически каждый производитель мыла, кипящего в котлах, концентрирует свой поток глицерина, хотя лишь немногие идут на перегонку глицерина.

Процесс производства мыла в котле периодического действия подробно описан в приложении А.

2.2 Производство жирных кислот путем расщепления жира

Посредством расщепления жиров, очень низкосортные жиры и масла превращаются в ценные продукты за счет разделения глицеридов на два компонента: жирные кислоты и глицерин.

На рисунке 3 показано химическое уравнение реакции расщепления жира в мыловаренной промышленности.



Рисунок 3 – Реакция расщепления жира [5]

Используя катализатор «Twitchell» (ароматическая сульфоновая кислота) и длительное время стабильности, жиры можно расщеплять при почти атмосферном давлении. Сегодня, однако, большая часть расщепления жира происходит в колонне с высоким давлением и высокой температурой, работающей при около 34 атм и температуре 260 °С.

Нагретый жир при температуре 30 ... 40 °С под давлением подается в нижнюю часть башни, а вода при температуре 204 °С, а также под давлением подается в верхнюю часть. Два потока смешиваются в противотоке, и происходит гидролиз, часто в присутствии цинкового или оловянного катализатора. При используемых высоких температурах, жир растворим в 12 ... 25 % воды, в зависимости от того, какой жир используется.

Примерно за 90 минут разделение может быть завершено на 99 %. Побочный продукт глицерин может быть получен при различных концентрациях в зависимости от того, насколько полный гидролиз жира желателен.

Неочищенные кислоты испаряются в редукторе давления, а затем перегоняются при давлении 0,0026...0,0039 атм. Полученный продукт можно подвергнуть дополнительной стадии процесса мгновенного гидрирования для уменьшения количества ненасыщенных кислот.

Процесс производства жирных кислот путем расщепления жиров подробно описан в приложении Б.

2.3 Мыло от нейтрализации жирных кислот

Производство мыла путем нейтрализации жирных кислот превосходит процесс кипячения в котле по скорости и минимизации сточных вод. Хотя оно широко используется крупными производителями мыла, оно также очень популярно среди мелких производителей.

Этот путь от кислоты быстрее, проще (нет потока разбавленного побочного продукта глицерина для обработки) и «чище», чем процесс кипячения в котле. Обычно используются дистиллированные, частично гидрогенизированные кислоты.

Процесс нейтрализации жирных кислот имеет несколько дополнительных преимуществ по сравнению с процессом кипячения в котле. Он не содержит большого количества соли для повторного использования и имеет концентрацию свободной щелочи порядка 0,1 ... 0,2 %, в отличие от примерно 1 % в процессе кипячения в котле.

Часто карбонат натрия используется вместо каустика с сопутствующим выделением диоксида углерода. Когда желательны жидкие мыла (при комнатной температуре), более растворимые калиевые мыла получают, исходя из гидроксида калия. Калиевое мыло используется в дозаторах жидкого мыла для рук, во многих промышленных применениях и часто в качестве смазочных материалов.

Как и при производстве мыла при кипячении в котле, наиболее популярная смесь кислот для мыла в куске находится в соотношении 20:80 (20/80) кокосовое масло: кислоты, полученные из таллового масла.

В некоторых случаях процесс производства мыла осуществляется непрерывно в тандеме с процессом расщепления жира. Жирные кислоты и щелочной раствор дозируются в реактор непрерывно с помощью насосов, имеющих общий привод с регулируемой скоростью. Соответствующее количество соли также запрограммировано для поддержания правильного содержания электролита. В результате получается чистое мыло с влажностью около 30 %.

Чтобы осветлить мыльный раствор, мыльную струю, выходящую из реактора, иногда фильтруют глиной. Из отработанной глины образуется

определенное количество твердых отходов, и фильтр-пресс периодически промывается. В противном случае это «чистый» процесс.

Чистое мыло далее перерабатывается в бруски или жидкие составы таким же образом, как и продукт, полученный при кипячении в мыльном котле. Процесс производства мыла из нейтрализации жирных кислот подробно описан в приложении В.

2.4 Восстановление глицерина

2.4.1 Концентрация

В процессе кипячения мыла в котле образуется водный поток, называемый щелочью сладкой воды. Этот поток будет содержать 8...10 % глицерина, высокую концентрацию соли и некоторые жирные вещества. Его обрабатывают, сначала добавляя минеральную кислоту (HCl) для снижения щелочности. За этим следует добавление квасцов, которые осаждают нерастворимые алюминиевые мыла. Осадок уносит с собой другие примеси. Если бы поток не обрабатывался квасцами, в испарителях было бы сильное пенообразование, и загрязнитель переместился бы в глицерин. Очищенный раствор глицерина направляют в испарители.

Испарители (на некоторых небольших установках будет только один) нагреваются при пониженном давлении. Частичный вакуум создается барометрическим конденсатором. Часто они работают при давлении от 0,13 до 0,07 атм.

Когда глицерин концентрируется, соль выходит из раствора и удаляется из испарителя, фильтруется и возвращается в процесс изготовления мыла. На многих заводах эта функция разделения выполняется непрерывно с помощью центрифуги, при этом фильтрат возвращается в испаритель.

Глицерин обычно концентрируют до 80 % по весу, а затем либо направляют в перегонный куб для получения готового глицерина, либо хранят и продают переработчикам глицерина.

Глицерин пресной воды от расщепления жира мгновенно доводится до атмосферного давления, в результате чего очень быстро выделяется значительное количество воды. Это может обеспечить поток глицерина с содержанием глицерина 20 или более процентов, идущий в испарители. Поскольку для расщепления жира не используется соль, в сладкой воде ее не будет.

Процесс восстановления глицерина методом концентрирования подробно описан в приложении Г.

2.4.2 Дистилляция

Концентрированный глицерин (80 %) загружают в дистиллятор, который при пониженном давлении дает готовый продукт чистотой более 98 %. Здесь снова используется барометрический конденсатор для создания частичного вакуума. На рисунке 6 показан дистиллятор, используемый в мыловаренной промышленности.

При комнатной температуре кубовый остаток (также называемый глицериновым слоем) представляет собой стеклообразное темно-коричневое аморфное твердое вещество, довольно богатое солью. Вода смешивается с кубовым остатком и попадает в сточную воду. Этот конкретный поток очень богат БПК₅ и легко поддается биологическому разложению. Многие альтернативные методы утилизации, включая сжигание, были оценены, но общей практикой является утилизация в потоке сточных вод.

Другой поток сточных вод, вода из барометрического конденсатора, также будет вносить вклад в общую нагрузку БПК₅ / ХПК от глицеринового дистиллята.

Некоторая очистка глицерина осуществляется путем пропускания разбавленного потока через слои ионообменной смолы, как катионной, так и анионной, с последующим его выпариванием до содержания глицерина 98 % в качестве кубового продукта. Этот метод подходит там, где имеется обильное количество воды, а затраты на электроэнергию очень высоки.

2.5 Кусковое мыло

Процедура производства кускового мыла будет значительно варьироваться от завода к заводу, в зависимости от конкретной обслуживаемой клиентуры.

Процесс изготовления кускового мыла подробно описан в приложении Д.

В некоторых процессах добавки смешиваются с чистым мылом в вертикальном смесителе для мыла перед сушкой. Другой подход состоит в том, чтобы начать процесс сушки с горячего чистого мыла, направляемого в «атмосферную» сушилку мгновенного действия, после чего следует операция вакуумной сушки, в которой вакуум создается барометрическим конденсатором. Затем мыло дважды экструдировано в короткие ленты или завитки и отправляется в экструдеры мыла для дальнейшего смешивания или физической обработки. На этом этапе влажность мыла обычно составляет 8 ... 14 %, в зависимости от предыдущего процесса обработки.

Затем операция измельчения дает возможность смешивать добавки, а также изменять физические свойства мыла. Эта операция имеет гораздо большее значение, чем просто достижение однородности при смешивании дополнительных ингредиентов. Физическая химия мыла довольно сложна. Если кусок мыла почти не остается в бета-фазе, в отличие от омега-фазы: сопротивление короблению и пенообразование плохие. Быстрое охлаждение мыла переводит его преимущественно в омега-фазу, но последовательные этапы измельчения возвращают его в бета-фазу - отсюда важность измельчения.

Стан состоит из двух полированных валков, вращающихся с разной скоростью, чтобы максимизировать усилия сдвига. После измельчения мыло разрезают на ленты и отправляют на экструзионную машину.

Экструдер работает как измельчитель колбас. Таким образом, он экструдирован и разрезает мыло на мелкие крошки с последующим дальнейшим перемешиванием, при котором все отдельные куски плавятся вместе в однородную массу. Экструдер часто работает при пониженном давлении воздуха, так что весь закупоренный воздух удаляется в процессе смешивания. У него есть мощный винт, который проталкивает мыло через мелкие отверстия в перфорированной пластине.

После завершения прессования мыло непрерывно экструдировано в цилиндрической форме, разрезается по размеру, формируется в желаемую форму и упаковывается для отправки. Большая часть лома при этой операции возвращается на экструзионную машину.

Иногда будут обнаруживаться отходы мыла, которые стали слишком сухими для правильной обработки в экструдере, и их необходимо вернуть на более ранние этапы процесса изготовления мыла.

Количество воды, используемой при производстве кускового мыла, сильно варьируется. Во многих случаях вся операция по переработке кускового мыла выполняется без образования единого потока сточных вод. Все оборудование вымыто насухо, без каких-либо смывок. В других случаях из-за хозяйственных требований, связанных с конкретным процессом производства кускового мыла, из воздухоочистителей поступает один или несколько потоков сточных вод.

2.6 Жидкое мыло

Чистое мыло (часто калиевое мыло жирных кислот) смешивают в резервуаре для смешивания с другими ингредиентами, такими как спирты или

гликоли, чтобы получить готовый продукт, или с сосновым маслом и керосином для продукта с большей растворимостью и универсальностью. Конечный смешанный продукт может быть и часто фильтруется для достижения сверкающей прозрачности перед поступлением на рынок.

При производстве жидкого мыла, вода используется для промывки фильтр-пресса и другого оборудования. Сточные воды минимальны. Процесс изготовления жидкого мыла описан в приложении Е.

7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ, РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Целью данного раздела является определение плановой финансовой и коммерческой ценности разрабатываемого аппарата - конечного продукта. Коммерческая ценность продукта зависит не столько от улучшенных технических качеств по сравнению с конкурирующими проектами, но и от того будет ли продукт востребован на рынке, каков бюджет проекта.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- оценка коммерческого потенциала разработки;
- составление плана проекта;
- расчет бюджета проекта;
- определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности проекта.

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

7.1.1 Анализ конкурентных технических решений

В ходе исследования были подобраны два наиболее подходящих варианта исполнения реактора:

- реактор с наружной рубашкой в виде змеевика (1);
- реактор с наружной рубашкой в виде обечайки (2).

Поскольку оба типа реакторов имеют свои преимущества и недостатки, была подготовлена таблица 9 для сравнения обоих типов реакторов по критериям

экономической и технической эффективности для выбора более эффективного реактора.

Таблица 9 - Оценочная карта сравнения двух типов реакторов [47]

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _{в1}	Б _{в2}	К _{в1}	К _{в2}
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Удобство в эксплуатации	0,17	4	5	0,68	0,85
2. Функциональная мощность	0,19	5	4	0,95	0,76
3. Ударопрочность	0,16	3	4	0,48	0,64
4. Уровень шума	0,08	3	3	0,24	0,24
5. Простота изготовления	0,16	3	5	0,48	0,24
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Цена материалов	0,15	4	5	0,6	0,75
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,09	5	5	0,45	0,45
Итого	1	27	31	3,38	4,49

Определяем конкурентоспособность двух типов реакторов по формуле [47] :

$$K = \sum(B_i \cdot B_i) \quad (7.1)$$

где K – конкурентоспособность конкурента;

B_i – вес i-го показателя, доли единицы;

B_i – балл i-го показателя.

На основании результатов вышеприведенного анализа ясно видно, что конкурентоспособность реактора типа 2 выше, чем реактора типа 1 (4,49 > 3,38),

поэтому был выбран реактор типа 2 - реактор с наружной рубашкой в виде обечайки.

7.1.2 SWOT-анализ

Для более тщательного изучения проекта необходимо провести SWOT-анализ. SWOT — это аббревиатура от Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабости), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы). Оценка 4-х факторов «Сильные стороны - Слабые стороны - Возможности – Угрозы» проводится с целью:

- усилить сильные стороны;
- улучшить слабые места;
- ограничить риски;
- использовать эту возможность с пользой.

На первом этапе SWOT-анализа была создана матрица (таблица 10).

Таблица 10 – Матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны: С1. Отсутствие выбросов, экологически чистый производственный процесс С2. Имеет более высокую производительность по сравнению с другими устройствами С3. Наличие рабочей силы с необходимой квалификацией</p>	<p>Слабые стороны: Сл1. Меньший теплообмен</p>
<p>Возможности: В1. Аппарат используется не только для целей омыления, но и для многих других промышленных целей. В2. Использование меньшего количества материалов при изготовлении</p>		

Продолжение Таблицы 10

<p>Угрозы: У1. Утечка оборудования во время работы У2. Угроза нарушения устойчивости аппарата во время работы</p>		
--	--	--

На втором этапе SWOT-анализа создаются интерактивные матрицы, показывающие соответствие возможностей и угроз, сильным и слабым сторонам. Таблицы 11, 12, 13, 14 описывают сгенерированные матрицы.

Таблица 11 - Интерактивная матрица «Возможности и сильные стороны проекта»

Сильные стороны проекта				
Возможности проекта		С1	С2	С3
	В1	-	+	+
	В2	-	-	-

Таблица 12 - Интерактивная матрица «Возможности и слабые стороны проекта»

Слабые стороны		
Возможности проекта		Сл1
	В1	-
	В2	+

Таблица 13 - Интерактивная матрица «Угрозы и сильные стороны проекта»

Сильные стороны проекта				
Угрозы		C1	C2	C3
	У1	-	+	-
	У2	-	+	-

Таблица 14 - Интерактивная матрица «Угрозы и слабые стороны проекта»

Слабые стороны		
Угрозы		Сл1
	У1	+
	У2	-

На основе данных этапа 2, на этапе 3 была создана итоговая матрица, представленная в таблице 15.

Таблица 15 - Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны: С1. Отсутствие выбросов, экологически чистый производственный процесс С2. Имеет более высокую производительность по сравнению с другими устройствами С3. Наличие рабочей силы с необходимой квалификацией</p>	<p>Слабые стороны: Сл1. Меньший теплообмен</p>
--	---	--

Продолжение Таблицы 15

<p>Возможности: В1. Аппарат используется не только для целей омыления, но и для многих других промышленных целей. В2. Использование меньшего количества материалов при изготовлении</p>	<p>Направления развития В1С2С3: При наличии квалифицированной рабочей силы при проектировании и эксплуатации оборудования вносятся коррективы, повышающие производительность производственного процесса, что приводит к более высокому качеству продукции.</p>	<p>Сдерживающие факторы В1Сл1: Низкая эффективность теплопередачи может быть компенсирована тем, что аппарат можно использовать для различных промышленных целей.</p>
<p>Угрозы: У1. Утечка оборудования во время работы У2. Угроза нарушения устойчивости аппарата во время работы</p>	<p>Операционные угрозы У1У2С3: Благодаря команде высококвалифицированных кадров, в процессе проектирования оборудования были учтены наихудшие сценарии, чтобы обеспечить прочность и устойчивость оборудования во время эксплуатации.</p>	<p>Уязвимости У1Сл1: Проектирование конструкций для увеличения поверхности теплообменника</p>

По результатам SWOT-анализа видно, что преимущества выбранного типа оборудования перевешивают недостатки и что недостатки выбранного типа оборудования можно полностью преодолеть.

7.2 Планирование научно-исследовательских работ

7.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Предлагаемый комплекс работ выполняется в следующем порядке:

- определение структуры работы в соответствии с рамками научного исследования;
- определение исполнителей для каждой из работ;
- определение продолжительности для каждой задачи и общей продолжительности для всего проекта;
- разработка графика выполнения задач.

В ходе реализации данного проекта была сформирована рабочая группа в составе инженера-химика и научный руководитель. Конкретная работа каждого члена команды и каждый этап работы наглядно представлены в таблице 16 ниже.

Таблица 16 – Перечень этапов и работ, распределенный по исполнителям

Порядок работы	Этапы	Содержание работы	Исполнителя
1	Формирование технических заданий	Создание и утверждение технических работ, которые должны быть выполнены	Научный руководитель
2	Определение направления исследования	Выбор направления исследования и определение задач, которые необходимо решить для достижения целей проекта	Научный руководитель
3	Расчет продолжительности проекта	Календарное планирование выполнения НИР	Научный руководитель и инженер-химик

Продолжение Таблицы 16

Порядок работы	Этапы	Содержание работы	Исполнителя
4	Теоретические и экспериментальные исследования	Выполнение расчетов и обоснований	Инженер-химик
5	Проверка расчетов	Проверка результатов выполненных расчетов	Научный руководитель
6	Оценка полученных результатов	Оценка полученных расчетных результатов и оценка реализуемости проекта	Научный руководитель и инженер-химик
7	Разработка технических чертежей	Разработка технических чертежей оборудования на основе расчетных значений	Инженер-химик
8	Проверка чертежей	Проверка чертежей и доработка чертежей в соответствии с общепринятыми стандартами проектирования чертежей	Научный руководитель
9	Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	Составление пояснительной записки, оформление чертежей аппарата	Инженер-химик

7.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

Основную стоимость проекта составляют затраты на оплату труда. Трудоемкость, необходимая для выполнения каждого задания в проекте, рассчитывается по следующей формуле [47]:

$$T_{ож} = \frac{3 \cdot T_{мини} + 2 \cdot T_{макс}}{5} \quad (7.2)$$

где $T_{ож}$ - ожидаемая трудоемкость, необходимая для выполнения i -ой работой, человеко-дни;

$T_{мини}$ - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i ой работы, человеко-дни;

$T_{макс}$ - максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Из известного значения трудоемкости для каждой задачи в проекте продолжительность каждой проектной задачи рассчитывается по следующей формуле [47]:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i} \quad (7.3)$$

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

$t_{ожi}$ - ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

$Ч_i$ - численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Результаты расчета представлены в таблице 16.

7.2.3 Разработка графика проекта

График проекта наглядно представить в виде диаграммы Гранта, являющейся горизонтальным ленточным графиком, с отмеченными на нем отрезками времени, представляющих собой продолжительность выполнения работ.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни в целях удобства, необходимо воспользоваться следующей формулой [47]:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot K_{\text{кал}} \quad (7.4)$$

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

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

$K_{\text{кал}}$ - календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле [47]:

$$K_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (7.5)$$

$$K_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48$$

где $T_{\text{кал}}$ - общее количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ - общее количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ - общее количество праздничных дней в году.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 17.

Таблица 17 – 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		$t_{ож}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Создание и утверждение технических работ, которые должны быть выполнены	1	-	3	-	1,8	-	1,8	3
3. Выбор направления исследования и определение задач, которые необходимо решить для достижения целей проекта	1	-	2	-	1,4	-	1,4	2
3.Календарное планирование выполнения ВКР	1	3	2	4	1,8	2,8	2,3	3
4.Выполнение расчетов и обоснований	-	20	-	30	-	24	24	36
5. Проверка результатов выполненных расчетов	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4
6. Оценка полученных расчетных результатов и оценка реализуемости проекта	2	3	2	3	2,4	2,4	2,4	4

Продолжение таблицы 17

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		$t_{ож}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
7. Разработка технических чертежей оборудования на основе расчетных значений	-	10	-	20	-	14	14	21
8. Проверка чертежей и доработка чертежей в соответствии с общепринятым и стандартами проектирования чертежей	3	-	5	-	3,8	-	3,8	6
9. Составление пояснительной записки, оформление чертежей аппарата	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
Итого:	10	39	18	62	14	47	56,3	85

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

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 18).

Таблица 18 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T_{ki} , кал. дн.	февр			март			апр		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Формирование технических заданий	Исп1	3	▨								
2	Определение направления исследования	Исп1	2	▨								
3	Расчет продолжительности проекта	Исп1 Исп2	3	▨ ■								
4	Теоретические и экспериментальные исследования	Исп2	36		■							
5	Проверка расчетов	Исп1	4					▨				
6	Оценка полученных результатов	Исп1 Исп2	4						■ ▨			
7	Разработка технических чертежей	Исп2	21						■			
8	Проверка чертежей	Исп1	6									▨
9	Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	Исп2	6									■

Примечания

▨ – Исп. 1 (научный руководитель).

■ – Исп. 2 (инженер)

7.3 Бюджет научно-технического исследования

7.3.1 Расчет материальных затрат

В процессе бюджетирования проекта учитывались все связанные с этим расходы. Все затраты по проекту были разделены на следующие группы:

- материальные затраты;

- затраты на специальное оборудование для теоретических работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

Материальные затраты — это затраты, используемые для приобретения материалов проекта, которые служат для создания готового продукта. В следующей таблице показаны материальные затраты проекта.

Таблица 19 – Материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во, ед.	Сумма, руб.
Комплекс канцелярских принадлежностей	340	4	1 200
Картридж для лазерного принтера	3 490	1	3 490
Итого:			4690

7.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

При выполнении научно-исследовательского проекта использовался ПЭВМ - Dell. Срок полезного использования данного ноутбука по паспорту составляет 3 года.

Таблица 20 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	ПЭВМ	1	3	60	60
Итого		60 тыс. руб.			

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации определяется по следующей формуле [47]:

$$H_A = \frac{1}{n} \quad (7.6)$$

где n – срок полезного использования в годах.

Амортизация определяется по следующей формуле [47]:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot m \quad (7.7)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.;

m – время использования, мес.

Рассчитаем норму амортизации для ноутбука, с учётом того, что срок полезного использования составляет 3 года:

$$H_A = \frac{1}{n} \quad (7.8)$$

$$H_A = \frac{1}{3} = 0,33$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot m \quad (7.9)$$

$$A = \frac{0,33 \cdot 60000}{12} \cdot 3 = 5000 \text{ руб.}$$

7.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В этом разделе определяется заработная плата руководителя и инженера проекта, значение заработной платы рассчитывается в соответствии с трудоемкостью проекта и действующей системой оплаты труда.

Основная заработная плата $Z_{\text{осн}}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле [47]:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (7.10)$$

где $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 17).

Рассчитывают среднедневную заработную плату по формуле [47]:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (7.11)$$

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

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$З_{\text{дн}} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.},$$

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$З_{\text{дн}} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.},$$

Должностной оклад работника за месяц рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + \kappa_{\text{пр}} + \kappa_{\text{д}}) \cdot \kappa_{\text{р}} \quad (7.12)$$

где $З_{\text{тс}}$ - заработная плата по тарифной ставке, руб.; $\kappa_{\text{пр}}$ - премиальный коэффициент, равный 0,3;

$\kappa_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; $\kappa_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

– для руководителя:

$$З_{\text{м}} = 32000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 62400 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$З_{\text{м}} = 18000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 35100 \text{ руб.}$$

Таблица 21 – Баланс рабочего времени исполнителей

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

Таблица 22 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{mc}, руб$	k_{np}	k_o	k_p	$Z_m, руб$	$Z_{он}, руб$	$T_p, раб.дн.$	$Z_{осн}, руб$
Руководитель	32000	0,3	0,2	1,3	62400	2147,3	14	30062,2
Инженер	18000	0,3	0,2	1,3	35100	1743,1	47	81925,7
Итого:								111988

Определяют дополнительную заработную плату по формуле:

$$Z_{доп} = K_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (7.13)$$

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

– для руководителя:

$$Z_{доп} = 0,15 \cdot 30062,2 = 4509,3 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$З_{\text{доп}} = 0,15 \cdot 81925,7 = 12288,9 \text{ руб.}$$

7.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Общая ставка взносов составляет в 2022 году – 30% (ст. 425 НК РФ) [48]:

- 22 % – на пенсионное страхование;
- 5,1 % – на медицинское страхование;
- 2,9 % – на социальное страхование.

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле [47]:

$$З_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (7.14)$$

где $K_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2022 году – 30% (ст. 425 НК РФ) [48].

– для руководителя:

$$З_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (30062,2 + 4509,3) = 10371,5 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$З_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (81925,7 + 12288,9) = 28264,4 \text{ руб.}$$

7.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы - расходы, учитывающие затраты, не включенные в предыдущие статьи расходов, такие как оплата печати, ксерокопирование, почтовые расходы и прочее.

Рассчитывают накладные расходы по следующей формуле [47]:

$$Z_{\text{накл}} = \left(\sum_{n=1}^5 \text{Статьи}_n \right) \cdot K_{\text{нр}} \quad (7.15)$$

где $K_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2;

Статьи - статьи, подлежащие оплате, четко показаны в таблице ниже.

Таблица 23 – Группировка затрат по статьям

1	2	3	4	5
Сырье, материалы	Амортизация	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды
4690	5000	111988	16798,185	38635,86

Исходя из таблицы, накладные расходы определяются:

$$Z_{\text{накл}} = (4690 + 5000 + 111988 + 16798,185 + 38635,86) \cdot 0,2 = 35422,4 \text{ руб}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составлена калькуляция плановой себестоимости «Проектирование мыловаренного котла», представленная в таблице 24.

Таблица 24 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
		Текущий Проект	
1	Материальные затраты	4 690	Пункт 7.2.3.1
2	Амортизация	5 000	Пункт 7.2.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	111 988	Пункт 7.2.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	16 798,185	Пункт 7.2.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	38 635,86	Пункт 7.2.3.4
6	Накладные расходы	35 422,4	Пункт 7.2.3.5
Бюджет затрат		212 534,454	Сумма ст. 1- 6

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

Для оценки эффективности исследования используется интегральный показатель эффективности научного исследования, значение которого определяется через значение интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности проекта находится при определении бюджета затрат вариантов исполнения аппарата. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле [47]:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (7.16)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 212534,454 \text{ руб.}, \Phi_{\text{max}} = 230000 \text{ руб [49].}$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{212534,454}{230000} = 0,92$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах.

Интегральный показатель ресурсоэффективности определяется по формуле [47]:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (7.17)$$

где a_i - весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Результаты расчета представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Оценка характеристик проекта

Критерии	Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Проект
1. Способствует росту производительности труда пользователя		0,1	5
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)		0,15	5
3. Помехоустойчивость		0,15	4
4. Энергосбережение		0,2	4

Продолжение Таблицы 25

Критерии	Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Проект
5. Надежность		0,25	4
6. Материалоемкость		0,15	5
ИТОГО		1	4,2

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта [47]:

$$I_p = 0,1 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,25 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 = 4,2$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле [47]:

$$I_{\text{исп.рол}} = \frac{I_p}{I_{\text{исп.финр}}} = \frac{4,2}{0,87} = 4,8$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблица 26).

Таблица 26 – Сравнительная эффективность проекта

№ п/п	Показатели	Проект
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,87
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,2
3	Интегральный показатель эффективности	4,8

7.5 Выводы по разделу

В заключение раздела можно сделать следующий вывод:

Анализ технических решений показал, что аппарат с рубашкой в виде обечайки является лучшим и наиболее оптимальным решением для данного проекта.

Процесс SWOT-анализа показал сильные и слабые стороны проекта, меры по усилению сильных и улучшению слабых сторон проекта.

Разработан план выполнения работ проекта, а также создана диаграмма Ганта для описания конкретного графика проекта, общее количество дней, необходимых для выполнения проекта, составляет 85.

Бюджет затрат на выполнение проекта составляет 212 534,454 рублей.

Определены показатели эффективности проекта, в которых: значение интегрального финансового показателя 0,92, что свидетельствует о том, что проект будет финансово выгодным; значение интегрального показателя ресурсоэффективности и значение интегрального показателя эффективности равны 4,2 и 4,8 соответственно, что свидетельствует об эффективности реализации проекта.