

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа ядерных технологий

Специальность: 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики

Кафедра: «Химическая технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов»

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

Тема работы
Проект участка получения безводных хлоридов РЗМ производительность 100 тонн в год

УДК 661.865.321.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0422	Подойников Игорь Романович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ХТРЭ	Егоров Н.Б.	к.х.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Тухватулина Л. Р.	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент кафедры ХТРЭ	Акимов Д. В.			

По разделу «Автоматизация процесса»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры ЭАФУ	Вильнина А. В.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Нормоконтролер	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
старший преподаватель кафедры ХТРЭ	Петлин И. В.	к.т.н.		
Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ХТРЭ	Крайденко Р.И.	д-р х.н.		

Томск – 2018 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП 240601 «Химическая технология материалов современной энергетики»,

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Демонстрировать глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания и детальное понимание научных принципов профессиональной деятельности
P2	Ставить и решать инновационные задачи, связанные с получением и переработкой материалов и изделий ядерного топливного цикла, с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии материалов современной энергетики
P3	Эксплуатировать и совершенствовать действующие, разрабатывать и внедрять новые современные высокотехнологичные процессы и линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, контролировать расходование сырья, материалов, энергетических затрат
P4	Обеспечивать радиационную безопасность, соблюдать правила охраны здоровья и труда при проведении работ, выполнять требования по защите окружающей среды; оценивать радиационную обстановку; осуществлять контроль за сбором, хранением и переработкой радиоактивных отходов различного уровня активности с использованием передовых методов обращения с РАО
P5	Уметь планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования в области изучения свойств и технологии материалов современной энергетики с использованием новейших достижения науки и техники, уметь обрабатывать и критически оценивать полученные данные, делать выводы, формулировать практические рекомендации по их применению; использовать основы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности
P6	Разрабатывать новые технологические схемы, рассчитывать и выбирать оборудование, применять средства автоматизации, анализировать технические задания и проекты с учетом ядерного законодательства
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Представлять современную картину мира на основе целостной системы естественнонаучных и математических знаний, ориентироваться в ценностях бытия, жизни, культуры; иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем
P8	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-

	техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области изучения свойств, методов и технологий получения и переработки материалов современной энергетики
P9	Применять иностранный язык в сфере коммуникаций и профессиональной деятельности, представлять результаты научных исследований и разработок в виде отчетов, публикаций, публичных обсуждений
P10	Уметь эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, руководить командой, быть способным оценивать, принимать организационно-управленческие решения и нести за них ответственность; следовать корпоративной культуре организации, кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки (специальность): 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики

Кафедра: «Химическая технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов»

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) Р.И. Крайденко

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

дипломного проекта

Студенту:

Группа	ФИО
0422	Подойникову Игорю Романовичу

Тема работы:

Проект участка получения безводных хлоридов РЗМ производительностью 100 тонн в год.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.12.2017
--	------------

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 проектирования: проект участка получения безводных хлоридов РЗМ. Режим работы: непрерывный. Раствор нитратов РЗМ с содержанием: La - 30%, Ce - 35%, Pr - 20%, Nd - 10%, Sm - 5%, с концентрацией 1,5 моль/л поступает на осаждение NH₄OH со степенью осаждения 99,95%. Хлорирование гидроксидов РЗМ 99%. Производительность 100 тонн в год по безводным хлоридам РЗМ.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p>	<p>1. Введение 2. Обзор литературы 3. Расчеты и аналитика 3.1. Теория процесса (термодинамика) 3.2. Разработка и описание аппаратурно-технологической схемы. 3.3. Расчет материального баланса технологической схемы 3.4. Расчет теплового баланса технологической схемы 3.5. Расчет основного аппарата. 3.5.1. Расчет геометрии и габаритов основного аппарата</p>

	<p>3.5.2. Механический расчет основного аппарата 3.5.3. Гидравлический расчет основного аппарата 3.5.4. Энергетический расчет основного аппарата 4. Результаты расчетов 5. План размещения оборудования 5.1. Подбор основного технологического оборудования 5.2. Расчет геометрии и габаритов оборудования 5.3. Энергетический расчет технологической схемы 5.4. План размещения оборудования 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 7. Социальная ответственность 8. Автоматизация процесса 9. Заключение 10. Список использованных источников</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>1. Сборочный чертеж основного аппарата А1 (ГОСТ 2.001-93...2.034-83). 2. Аппаратурно-технологическая схема 3. План размещения оборудования Презентация Power Point Presentation</p>
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Тухватулина Лилия Равильевна, доцент кафедры менеджмента, к.ф.н.
Социальная ответственность	Акимов Дмитрий Васильевич, ассистент кафедры ХТРЭ
Автоматизация процесса	Вильнина Анна Владимировна, доцент кафедры ЭАФУ, к.т.н.
Нормоконтролер	Петлин Илья Владимирович, старший преподаватель кафедры ХТРЭ, к.т.н.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	16.10.2017
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ХТРЭ	Егоров Николай Борисович	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0422	Подойников Игорь Романович		

Реферат

Дипломный проект содержит 110 страниц, включает в себя 3 рисунка, 30 таблиц, спецификацию, 30 источников литературы, 1 приложение, 3 листа графического материала формата А1.

Ключевые слова: гидроксиды редкоземельных металлов, хлориды редкоземельных металлов, хлорид аммония, спекание, печь хлорирования.

Цель проекта – спроектировать участок хлорирования редкоземельных металлов, производительность 100 т/г по хлоридам РЗМ.

В данном дипломном проекте спроектирован участок хлорирования редкоземельных металлов с получением их безводных хлоридов. Производительность аппарата по хлоридам редкоземельных металлов 100 т/год.

В проекте рассмотрены существующие технологии хлорирования редкоземельных металлов, их достоинства и недостатки. Рассчитана термодинамика процесса хлорирования гидроксидов редкоземельных металлов хлоридом аммония и хлористым водородом, а также материальный и тепловой балансы.

Произведён механический, гидравлический и аппаратурный расчеты, в них представлены вычисления габаритов печи, десублиматора, а также габаритов бункеров загрузки реагентов и выгрузки продуктов реакции. Рассмотрена социальная ответственность данного участка.

Предложена функциональная схема автоматизации процесса хлорирования гидроксидов редкоземельных металлов с использованием хлорида аммония. Рассмотрен финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение процесса хлорирования гидроксидов редкоземельных металлов.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

1. Определения:

Осаждение – образование твёрдого осадка в ходе химической реакции.

Фильтрация – процесс разделения неоднородных (дисперсных) систем при помощи пористых перегородок, пропускающих дисперсионную среду и задерживающих дисперсную твёрдую фазу.

Хлорирование – нагрев материалов в атмосфере хлора, хлорсодержащих газов или в присутствии хлоридов металлов.

Сублимация (возгонка) – переход вещества из твёрдого состояния в газообразное без пребывания в жидком состоянии;

Кристаллизация – процесс образования кристаллов с данной структурой из кристаллов иной структуры.

Растворение – физико-химический процесс, протекающий между твердой и жидкой фазами и характеризующийся переходами твердого вещества в раствор. Растворенным веществом считается тот из компонентов, который при обычных условиях находится в агрегатном состоянии, отличном от агрегатного состояния растворителя.

Реагент – химическое вещество (обычно в виде водного раствора), используемое для выщелачивания или ускорения извлечения полезного компонента.

Шихтование – процесс смешивания ископаемого сырья разных сортов или с разным содержанием ценного компонента для придания смеси определённых технологических свойств, улучшающих процесс обогащения.

Спекание – процесс получения твёрдых и пористых материалов из мелких порошкообразных или пылевидных материалов при повышенных температурах или высоком давлении.

Кек – твёрдый осадок, полученный после фильтрации суспензий, содержащий от 12 до 18 % жидкости.

Производительность аппарата – объём продукции, производимой в единицу времени данным оборудованием в соответствии с его конструктивными особенностями, технической характеристикой.

Техника безопасности (охрана труда) – система технических, санитарно-гигиенических и правовых мероприятий, обеспечивающих безопасные для жизни и здоровья условия труда работающих.

2. Обозначения и сокращения:

РЗМ – редкоземельные элементы;

ТЕН – трубчатый электронагреватель;

СИЗ – средства индивидуальной защиты;

ПДК – предельно допустимая концентрация;

ЭМИ – электромагнитное излучение;

ОУ – огнетушитель углекислотный;

ОПС – огнетушитель порошковый специальный;

СанПин – санитарно-эпидемиологические правила и нормативы;

КИПиА – контрольно измерительные приборы и автоматизация;

ТБ – техника безопасности;

ОТ – охрана труда;

ИТР – инженерно-технический работник;

МОП – моющий обслуживающий персонал;

ГОСТ – Государственный стандарт;

3 Нормативные ссылки:

1. ГОСТ 2479-79. Поправка ИУС 2-90. Машины электрические вращающиеся. Условные обозначения конструктивных исполнений по способу монтажа.

2. ГОСТ Р 8.726-2010. Датчики весоизмерительные. Общие технические требования. Методы испытаний.

3. ГОСТ 5632-2014. Легированные нержавеющие стали и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки.
4. ГОСТ 33259-2015. Фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов на номинальное давление до PN 250. Конструкция, размеры и общие технические требования.
5. ГОСТ Р 20680-2002. Аппараты с перемешивающими устройствами. Общие технические требования.
6. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы.
7. ГОСТ 12.4.011-89. Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
8. ГН 2.2.5.1313–03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
9. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.
10. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
11. ГОСТ Р 12.4.255-2011. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования.
12. ГОСТ 12.1.012-90. Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования.
13. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
14. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
15. ГОСТ 12.4.127-83. Система стандартов безопасности труда. Обувь специальная.
16. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.

17. ГОСТ 12.1.040-83. Система стандартов безопасности труда. Лазерная безопасность. Общие положения.
18. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность.
19. ГОСТ 2-2013. Селитра аммиачная. Технические условия (с Изменением №1, с поправкой).
20. ГОСТ 701-89. Кислота азотная концентрированная. Технические условия.
21. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
22. ГОСТ 12.4.011-89. Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.
23. ГОСТ 17.2.3.02-2014. Правила установления допустимых выбросов загрязняющих веществ промышленными предприятиями.
24. ГОСТ 22247-96. Насосы центробежные консольные для воды. Основные параметры и размеры. Требования безопасности. Методы контроля.

Оглавление

Введение.....	15
1 Обзор литературы	17
1.1 Способы хлорирования РЗМ.....	17
1.1.1 Нагревание РЗМ в токе HCl при 400 °С и 60 мм рт.ст.	17
1.1.2 Нагревание оксидов РЗМ с NH ₄ Cl и отгонкой избытка NH ₄ Cl.....	17
1.1.3 Хлорирование оксида тетрахлоридом углерода при 500 °С	18
1.1.4 Применение хлоридов РЗМ.....	18
1.2 Краткий обзор аппаратурного оформления процесса хлорирования РЗМ ...	19
2 Объект и методы исследования	23
3 Расчёты и аналитика	24
3.1 Термодинамические основы проведения процесса хлорирования	24
3.1.1 Химизм хлорирования РЗМ HCl.....	25
3.1.2 Химизм хлорирования РЗМ хлоридом аммония	26
3.2 Аппаратурно-технологическая схема	28
3.3 Материальный расчет	30
3.4 Тепловой расчёт	37
3.4.1 Тепловой баланс процесса хлорирования	37
4 Аппаратурный расчет	46
4.1 Расчет габаритов печи	46
4.2 Расчет шнека перемешивания печи.....	46
4.3 Расчет бункера загрузки реагентов	47
4.4 Расчёт патрубка загрузки реагентов.....	49
4.5 Расчет патрубка вывода паров воды и аммиака.....	50
4.6 Расчет патрубка разгрузки хлоридов	51

4.7 Расчет бункера загрузки реагентов	51
4.8 Расчёт фланцев основных камер	52
4.9 Расчет габаритов десублиматора.....	53
4.10 Расчет приемной емкости зоны охлаждения.....	54
4.11 Подбор фланцевых соединений десублиматора	54
5 Механический расчет.....	56
5.1 Расчет массы аппарата.....	56
5.2 Расчет опор печи хлорирования	58
6. План размещения оборудования	60
6.1 Подбор основного технологического оборудования.....	60
6.2 Строительная часть	62
6.2.1 Основание здания.....	63
6.2.2 Наружные стены.....	63
6.2.3 Покрытие.....	64
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	65
7.1 SWOT-анализ.....	65
7.2 Расчёт полных капитальных затрат на здание и оборудование	66
7.3 Расчёт стоимости продуктов и сырья	69
7.4 Расчёт численности работающих	70
7.5 Расчет годового фонда заработной платы основных рабочих	73
7.6 Расчет годового фонда заработной платы ИТР, служащих и прочего персонала.....	75
7.7 Расчёт размера отчислений на социальные нужды	78
7.8 Общепроизводственные расходы	78
7.8.1 Расходы на содержание оборудования	78

7.9 Расчет технологических затрат.....	79
7.9.1 Затраты на электроэнергию.....	79
7.9.2 Затраты на освещение.....	80
7.9.3 Затраты на вентиляцию.....	80
7.9.4 Затраты на отопление.....	80
7.10 Затраты на ОТ и ТБ.....	81
7.11 Калькуляция себестоимости передела.....	81
7.12 Заключение по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».....	82
8 Социальная ответственность.....	84
8.1 Описание технического процесса.....	84
8.2 Анализ выявленных вредных факторов.....	85
8.2.1 Химическое воздействие.....	85
8.2.2 Производственный шум.....	86
8.2.3 Вибрация.....	87
8.2.4 Микроклимат.....	89
8.2.5 Производственное освещение.....	90
8.2.6 Электромагнитное воздействие переменного характера.....	91
8.3 Анализ опасных производственных факторов.....	91
8.3.1 Электробезопасность.....	91
8.3.2 Пожарная безопасность.....	92
8.4 Охрана окружающей среды.....	94
8.5 Чрезвычайные ситуации.....	95
8.6 Заключение по разделу «Социальная ответственность».....	95
9 Автоматизация процесса.....	97

9.1 Введение.....	97
9.2 Описание функциональной схемы автоматизации.....	98
9.3 Перечень технологических параметров, подлежащих контролю, регулированию, сигнализации.....	99
9.4 Подбор контрольно-измерительных приборов.....	100
9.5 Заключение по разделу «Автоматизация процесса».....	102
Заключение.....	103
Список публикаций студента.....	105
Список использованных источников:.....	106
Приложение А.....	109

Графический материал на отдельных листах:

ДП ФЮРА 066353.001 Сборочный чертёж

ДП ФЮРА 066353.002 Аппаратурно-технологическая схема

ДП ФЮРА 066535.003 План размещения оборудования

ДП ФЮРА 066535.004 Спецификация

Введение

Семейство редкоземельных элементов – это группа f-элементов 6-го периода периодической системы Д.И. Менделеева, включающая в себя лантаноиды, лантан, иттрий, скандий. Редкоземельные элементы по своей структуре – металлы. В природе находятся в рассеянном состоянии.

В конце XVIII века из группы оксидов были извлечены первые редкоземельные металлы (РЗМ). Ввиду того что, оксиды в XVIII веке именовали «Землями», то и полученные металлы называли «редкоземельными».

Лантаноиды включают в себя: церий Ce, празеодим Pr, неодим Nd, прометий Pm, самарий Sm, европий Eu, гадолиний Gd, тербий Tb, диспрозий Dy, гольмий Ho, эрбий Er, тулий Tm, иттербий Yb, лютеций Lu. Лантаноиды разделяются на 2 подгруппы: иттриевая, в неё входят Y, La, Gd-Lu; цериевая, это элементы от Ce до Eu. Элементы цериевой подгруппы называются лёгкими, а иттриевой подгруппы – тяжёлыми лантаноидами.

Как правило, РЗМ в природе находятся совместно в виде оксидов, галоидных соединений, сульфидов. Для лантаноидов, за исключением церия, празеодима, иттербия, наиболее характерны трёхвалентные соединения, для исключений – четырёхвалентные. Для самария европия и иттербия характерны двухвалентные соединения. Физико-химические свойства РЗМ близки между собой, что объясняется строением их электронных оболочек.

Редкоземельные элементы – металлы, имеющие серебристо-белый цвет, у Pr, Nd имеется жёлтый оттенок. Пластичны, электропроводны, хорошо поддаются механической обработке.

У редкоземельных металлов резко отличаются свойства, отражающие переход из связанного состояния в свободное состояние и обратно. Примером может послужить переход из металлического состояния в парообразное, мерой перехода является давление пара металлов. При 25 °С давления паров РЗМ различаются более чем на 40 порядков, а при 1000 °С примерно на 10 порядков (минимальное давление характерно для La, Gd и Lu, максимальное – для Eu и

Yb). Это связано с большой разницей в энергии, необходимой для перехода четвёртого электрона на 5d-уровень. Постоянные свойства для всех РЗМ – молярная концентрация. Вследствие лантаноидного сжатия при переходе от La к Lu ионные радиусы РЗМ и их атомные радиусы (кроме Eu и Yb) плавно уменьшаются, плотность простых веществ увеличивается [1].

РЗМ имеют высокую степень изоморфизма, но несмотря на это, возможна раздельная концентрация лёгких и тяжёлых лантаноидов, к примеру, в скандиевых, марганцевых, циркониевых минералах преимущественно содержатся РЗМ ряда лютеций-диспрозий; в урановых минералах содержатся иттрий, диспрозий, гадолиний; в ториевых минералах в основном содержатся элементы цериевой группы; в стронциевых и бариевых рудах находятся металлы группы Eu-La. Данное явление может быть объяснено различиями в радиусах ионов редкоземельных элементов (радиус иона закономерно уменьшается от La к Lu) [2].

1 Обзор литературы

1.1 Способы хлорирования РЗМ

Хлориды РЗМ получают при растворении металлов РЗМ, гидроксидов РЗМ, карбонатов РЗМ в соляной кислоте (HCl). При упаривании растворов выделяются твёрдые кристаллические вещества – трихлориды РЗМ (РЗМCl_3) с различным числом молекул кристаллизационной воды (от 6 до 7 молекул). Для получения безводных хлоридов РЗМ могут быть использованы способы:

- 1) нагревание кристаллогидратов в токе HCl при 400 °C и 60 мм рт.ст.;
- 2) нагревание кристаллогидратов РЗМ или оксидов РЗМ с NH_4Cl и отгонка избытка NH_4Cl при 380 °C;
- 3) хлорирование оксида тетрахлоридом углерода при 500 °C.

1.1.1 Нагревание РЗМ в токе HCl при 400 °C и 60 мм рт.ст.

Хлориды РЗМ – кристаллы, легко притягивающие воду, расплывающиеся на воздухе. Кристаллизуются из растворов в виде кристаллогидратов с содержанием воды от 6 до 9 молекул. При нагревании переходят в соли типа MeOCl , трудно растворяющиеся в воде. Для получения безводных хлоридов прибегают к нагреванию кристаллогидратов в токе хлористого водорода. Для исследовательских работ безводные хлориды РЗМ получают нагреванием оксидов с парами четыреххлористого углерода при температуре от 500 до 600 °C.

1.1.2 Нагревание оксидов РЗМ с NH_4Cl и отгонкой избытка NH_4Cl

Для процесса хлорирования используется смесь, состоящая из оксидов РЗМ и хлорида аммония (NH_4Cl) в соотношении 1:3. Хлорирование проводится при температуре 300 °C, в печах с механизмом перемешивания. В процессе

хлорирования идёт выход газообразной воды и аммиака, которые удаляются из объёма аппарата.

Избыточный NH_4Cl удаляется процессом возгонки при температуре $380\text{ }^\circ\text{C}$ (процесс возгонки NH_4Cl начинается с $330\text{ }^\circ\text{C}$).

1.1.3 Хлорирование оксида тетрахлоридом углерода при $500\text{ }^\circ\text{C}$

Для хлорирования РЗМ применяют тетрахлорид углерода (CCl_4), фосген (COCl_2) или хлорид серы (SCl_2). Наилучшими хлорирующими свойствами обладает CCl_4 . При его взаимодействии с оксидами РЗМ, углерод восстанавливается до оксида углерода (II), который с избытком хлора дает COCl_2 [3]:



1.1.4 Применение хлоридов РЗМ

Хлориды РЗМ широко применяются во многих отраслях промышленности, в качестве основного компонента, добавки.

Хлорид лантана применяется в качестве получения сцинтилляторов, с высоким световым выходом (веществ, обладающих способностью излучать свет, поглощая ионизирующее излучение). Лантан в виде хлорида используется в производстве высокотемпературной керамики, изготовления специальных стекол и металлургии РЗМ, где он используется в процессах электролиза, восстановления магнием, кальцием.

Хлорид церия является добавкой в катализатор, применяемый в каталитическом риформинге. Каталитический риформинг является одной из наиболее важных технологий при переработке нефти, его основная задача состоит в получении бензина с высоким октановым числом.

Хлорид неодима применяется для получения металлического неодима металлотермическим методом в качестве основного сырья.

Хлорид празеодима применяется в крекинге нефти. Каталитический крекинг – термokatалитическая переработка нефтяных фракций с целью получения компонента высокооктанового бензина, легкого газойля и непредельных жирных газов.

1.2 Краткий обзор аппаратурного оформления процесса хлорирования РЗМ

Хлорирование РЗМ NH_4Cl является сложным, многоступенчатым, высокотемпературным процессом. На стадии хлорирования необходимо разогреть смесь реагентов до $300\text{ }^\circ\text{C}$, при этом, будет испаряться вода и аммиак. После процесса хлорирования поднимают температуру до $380\text{ }^\circ\text{C}$ для сублимирования избытка NH_4Cl . Аппарат должен быть герметичным (для улавливания летучих соединений), изготовлен из коррозионностойкого материала и иметь в наличие перемешивающее устройство.

Для осуществления процесса хлорирования в промышленных масштабах применяют следующие аппараты:

1) Барабанно-вращающаяся печь

Барабанная печь –цилиндрическая ёмкость, наклонённая по горизонтали, которая медленно вращается по своей оси. Оксиды РЗМ подаются в верхний конец барабана. В то время как печь вращается, оксиды плавно опускаются в нижний конец и подвергается смешиванию и перемешиванию. Выделяющийся газообразный аммиак и вода проходят по печи, иногда в том же направлении, что и оксиды (параллельно), но обычно в противоположном обратном направлении.

Огнеупорная футеровка служит для того, чтобы изолировать стальную обечайку от коррозионных свойств обрабатываемого вещества. Она может состоять из огнеупорных кирпичей или литого огнеупорного бетона, либо может отсутствовать в зонах печи, где температура ниже $250\text{ }^\circ\text{C}$. Огнеупор выбирается в зависимости от температуры печи и химических свойств

обрабатываемого вещества. Толщина футеровки обычно в пределах от 80 до 300 мм. Обычный огнеупор будет способен поддерживать перепад температуры в 1000 °С. Температуру в обечайке нужно поддерживать ниже 350 °С чтобы сохранить сталь от повреждения. Инфракрасные сканеры непрерывной работы используются, чтобы послать предупреждение о месте прогара негодного огнеупора.

Бандаж крепится на паре стальных роликов, обрабатывается гладкой цилиндрической поверхностью, и устанавливается почти на половину диаметра печи. Ролики должны поддерживать печь и обеспечивать износостойкое вращение настолько это возможно. Хорошо спроектированная вращающаяся печь при отключении электроэнергии будет поворачиваться подобно маятнику множество раз перед остановкой. Стандартные печи (6х60 м), включая огнеупоры и устройство подачи, весят около 1100 т и работают на 3 бандажах и комплекте роликовых механизмов, расположенных по всей длине печи. Самые длинные печи могут иметь 8 комплектов роликовых механизмов, в то время как самые короткие всего 2 комплекта. Печи обычно вращаются от 0,5 до 2 оборотов в минуту, но иногда быстрее 5 оборотов в минуту. Подшипники роликов должны быть способны противостоять большим статическим и внешним нагрузкам, а также должны быть тщательно защищены от тепла печи и проникновения пыли. В дополнение к поддерживающим роликам существуют низкие и высокие поддерживающие роликовые подшипники напротив бандажей, что предохраняет печь от соскальзывания поддерживающих роликов.

Печь обычно вращается при помощи единственной венцовой шестерни, окружающей холодильную часть печной трубы. Шестерня соединена через движущийся механизм с электродвигателем с переменным числом оборотов. Для этого должен быть пусковой вращатель для запуска печи с большой эксцентричной нагрузкой. Стандартная печь (6х60 м) требует около 800 кВт для вращения на 3-х оборотах в минуту. Скорость потока материала в печи пропорциональна скорости вращения, а для такого контроля нужен привод с

регулируемой частотой вращения. Гидравлические приводы используются тогда, когда ролики приводятся в движение. У них имеются преимущество в улучшении высокого наддува. Во многих режимах опасно допускать остановку горячей печи при выходе из строя питания привода. Колебания температуры между верхней и нижней частью может вызвать деформацию и повреждение огнеупора. По этой причине предусмотрен дополнительный привод для использования во время отключения электроэнергии. Им может быть небольшой электродвигатель с отдельным электропитанием или дизельным двигателем. Он вращает печь очень медленно, но предотвращает повреждение.

2) Туннельно-шнековая печь

Печь работает следующим образом. В предварительно разогретую печь смесь оксидов и хлорида аммония поступают через питатель в тело печи, по которому, равномерно перемешиваясь, хлорируются. Процессы перемешивания и перемещения повторяются до разгрузочного устройства печи. Простое специальное устройство исключает скопление гранул у стенок печи. Гранулы, перемещаясь, по ходу печи, быстро и равномерно нагреваются до температуры хлорирования, выдерживаются необходимое время при этой температуре и затем выгружаются из печи.

Печь обладает высокой совместимостью с окружающей средой и за счет экономичного использования теплоты отличается лучшими технико-экономическими показателями в сравнении с традиционными вращающимися печами.

Футеровка печи не подвергается абразивному износу и механическому воздействию, что имеет место во вращающихся печах. Соответственно улучшаются условия ее эксплуатации, увеличивается срок службы огнеупоров и печи в целом.

В конструкции печи используются новые конструкционные материалы – огнеупоры, жаростойкие стали и минерало-керамика. В туннельно-шнековой печи новые конструкционные материалы используются для изготовления

транспортирующих шнеков. Известные недостатки шнековых печей – дробление, измельчение реагентов и абразивный износ.

По всем показателям туннельно-шнековая печь имеет лучшие характеристики в сравнении с традиционными вращающимися печами, работающими на природном газе и/или мазуте. Она обладает высокой технологической мобильностью, как по скорости перемешивания и перемещения реагентов, так и в более ровном регулировании температурного режима.

3) Реактор кипящего слоя

Аппарат оборудован внешними и внутренними электронагревателями для подвода большего количества тепла.

Перед пуском в аппарат загружают неподвижный слой смеси реагентов, который далее переводят в псевдосжиженное состояние (кипящий слой) нагретым газообразным хлором. Хлор нагревается ТЕНами, расположенными в нижней части реактора. Затем включают подачу-впрыск реагентов через форсунки в интенсивно перемешиваемый кипящий слой. Хлорирование проходит на поверхности твердых частиц, которые непрерывно разгружаются через переточную трубу. Отлетающие газы выводятся через верхнюю часть реактора. К достоинствам реактора кипящего слоя можно отнести высокую коррозионную стойкость, высокую производительность. К недостаткам – сложность в обслуживании, дороговизна аппарата и хлора как реагента.

В данном курсовом проекте ввиду своих характеристик была выбрана шнековая печь туннельно-шахтного типа. Печи туннельно-шахтного типа, благодаря ее конструкционным особенностям, обладает лучшим коэффициентом перемешивания, имеет меньшие габариты и может работать с твердыми реагентами, что невозможно для реактора кипящего слоя [4].

2 Объект и методы исследования

Цель дипломного проекта: проект участка получения безводных хлоридов РЗМ производительность 100 тонн в год.

Объектом исследования является аппарат, в котором осуществляется хлорирование гидроксидов РЗМ NH_4Cl .

Предметом исследования является участок, в котором будет осуществляться процесс хлорирования гидроксидов РЗМ.

В работе использована совокупность теоретических методов исследований. Теоретические исследования заключались в аналитическом обзоре литературы и ознакомлении с уже проделанными работами в этой области для накопления достаточной теоретической базы, а также в термодинамическом расчете для оценки вероятности протекания исследуемого процесса.

Исходным сырьём для дальнейшей технологической переработки является раствор нитратов РЗМ, с содержанием: La - 30%, Ce - 35%, Pr - 20%, Nd - 10%, Sm - 5%. Концентрация раствора нитрата РЗМ поступающего на осаждение NH_4OH составляет 1,5 моль/л. Степень осаждения – 99,95%. Степень хлорирования гидроксидов РЗМ 99%. Производительность 100 тонн в год по безводным хлоридам РЗМ.

Полученные данные использовались в качестве исходных для проведения необходимых расчетов и последующего конструирования. Основным аппаратом цеха является аппарат с механическим перемешивающим устройством.

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

7.1 SWOT-анализ

SWOT-анализ представлен в таблице 12.

Таблица 12 – SWOT-анализ процесса хлорирования РЗМ

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Уникальность технологического процесса; 2. Уникальность основного аппарата; 3. Возможность адаптации под идентичные производства; 4. Цикличное использование реагентов; 5. Простота оборудования; 6. Получение дополнительного продукта – нитрата аммония (NH_4NO_3). 	<p>Слабые стороны проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Использование оборудования в строго установленных температурных режимах; 2. Степень хлорирования 99%; 3. Степень осаждения 99,95%; 4. Взрывоопасность продуктов и полупродуктов; 5. Сохранение хлоридов РЗМ безводными; 6. Износ оборудования.
<p>Возможности проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Увеличение объёмов производства; 2. Выпуск индивидуальной продукции; 3. Увеличения списка услуг; 4. Запуск дополнительного технологического процесса; 5. Отсутствие конкуренции на внутреннем рынке. 	<ol style="list-style-type: none"> 1 – 3, 1 – 5 Установка дополнительного оборудования; 2 – 2 Увеличение времени работы печи хлорирования влияет на чистоту продукта; 3 – 3 Работа с похожим технологическим процессом; 4 – 6 Внедрение очистки NH_4NO_3. 	<ol style="list-style-type: none"> 1 – 6 Увеличение износа оборудования за счёт более интенсивной эксплуатации; 2 – 1 Возможность только снижения качества; 3 – 1 Необходимость перерегулирования оборудования; 4 – 4 увеличение объёмов взрывоопасных продуктов;
<p>Угрозы проекта :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Нестабильность поставки реагентов; 2. Отсутствие постоянного заказчика; 3. Технический прогресс; 4. Нестабильность экономики; 5. Наличие конкурентов на внешнем рынке. 	<ol style="list-style-type: none"> 1 – 4 Многократное использование реагентов в процессе; 2 – 5, 4 – 5 Адаптация под другие продукты РЗМ; 2 – 6, 4 – 6 Работа с NH_4NO_3; 3 – 5 Возможность установки дополнительного оборудования; 5 – 1 Менее затратное производство 	<ol style="list-style-type: none"> 3 – 1, 3 – 2, 3 – 3 3 – 6 Создание технологического процесса требующего меньше температурные режимы, высокую степень хлорирования, и высокую степень осаждения. Устаревание оборудования; 5 – 2 Высокое качество продукта у конкурентов на внешнем рынке.

7.2 Расчёт полных капитальных затрат на здание и оборудование

Объектом проектирования является участок хлорирования РЗМ.

Поскольку данный технологический процесс является участком цеха по переработке монацитово-руды, то строительства производственного здания не требуется. Требуется аренда части цехового помещения.

Затраты на аренду здания.

Габариты арендуемой площади производственного помещения:

- Длина – 20 м;
- Ширина – 20 м;
- Высота – 10 м;
- Количество этажей – 3;
- Производственная площадь – 432 м²;
- Полный объём – 4320 м³.

Стоимость аренды производственного помещения – 82000 руб. в месяц.

Производственное помещение представляет из себя:

- производственный цех (432 м²);
- этажи в строении 1/1;
- тип аренды – прямая;
- электроснабжение до: не ограничено кВт/ч;
- высота потолков 10 метров;
- высота ворот 4 метра;
- устройство пола – бетон ровный;

Для осуществления технологического процесса здание должно быть оборудовано металлическими конструкциями типа строительных лесов, в три этажа. Стоимость изготовления и монтаж металлоконструкций представлен в таблице 13.

Таблица 13 – Стоимость изготовления и монтажа металлоконструкций

Наименование конструкционной единицы	Цена, руб.	Единица измерения	Монтаж	Количество, шт	Стоимость, руб.
Лестница межэтажная	22000	шт	Входит в цену изготовления	3	66000
Балки (45 м)	77000	шт	20800	3	251800
Рифлёный лист (прокат 4 мм, 1500*6000 мм.)	15392	Лист	30000	15	260880
Арматура	53000	т	25000	0,5	51500
Итого:					630180

Расчёт стоимости оборудования представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Расчёт стоимости оборудования

Наименование	Цена, руб.	Количество, шт	Сумма, руб.
Реактор осаждения	300000	3	900000
Ёмкость-осадитель	375000	1	375000
Ёмкость с водой	250000	1	250000
Приёмный бункер для растворов	320000	1	320000
Барабанный фильтр	190000	1	190000
Инфракрасная сушильная камера	125557	1	125557
Бункер загрузки реагентов	15000	1	15000
Бункер разгрузки хлоридов	15000	1	15000
Бункер разгрузки NH ₄ Cl	15000	1	15000
Смеситель	278300	1	278300

Продолжение таблицы 14

Печь хлорирования	59610	1	59610
Сублимационная камера	139090		139090
Трубопровод	60000	1	60000
Центробежные насосы	47410	13	616330
Шаровые краны	12000	13	156000
Итого			3514887

Расходы на наладку и монтаж оборудования представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Расходы на наладку и монтаж оборудования

Наименование нормативов	% от стоимости оборудования	Сумма, руб.
Транспортные расходы	10	351488,7
Монтаж трубопроводов	15	527233,1
Антикоррозионные работы	5	175744,1
Монтаж оборудования	25	878721,8
КИПиА	10	351488,7
Вспомогательное оборудование	5	175744,4
Итого:	70	2460421

Общие капитальные затраты (без стоимости помещения) рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{кап.затр}} = C_{\text{обор}} + \sum C_{\text{затр}} \quad (71)$$

$$C_{\text{кап.затр}} = 630180 + 3514887 + 2460421 = 6605488 \text{ руб.}$$

Полные капитальные затраты на здание и оборудование составляют:

$$C_{\text{полн}} = 6605488 + 82000 = 6687488 \text{ руб.}$$

7.3 Расчёт стоимости продуктов и сырья

Стоимость нитратов РЗМ не учитывается, поскольку идёт расчёт участка. Стоимость передела данного участка составляет 30% от передела всего цеха переработки монацитово́й руды.

Расчёт стоимости продуктов представлен в таблице 16, расчёт сырья представлен в таблице 17.

Таблица 16 – Расчёт стоимости продуктов

Вещество	m, т/год	Цена руб./т	Стоимость руб./год
LaCl ₃	30	2019500	6058500
CeCl ₃	35	577000	20195000
PrCl ₃	20	2596500	51930000
NdCl ₃	10	3606250	36062500
SmCl ₃	5	461600	2308000
NH ₄ NO ₃	98,9942	19618	1942068,216
Итого:			
	100	9280468	173022568,2

Таблица 17 – Расчёт стоимости сырья

Вещество	m, т/год	Цена руб./т	Стоимость руб./год
NH ₄ OH	173,24	21926	3798460,24
NH ₄ Cl	235,0023	8655	2033944,907
Итого:			
	408,2423	30581	5832405,147

7.4 Расчёт численности работающих

Производство безводных хлоридов РЗМ предполагает непрерывные работы. Работа осуществляется в 2 смены по 12 часов.

В одной смене предполагается обязательное наличие 1 начальника смены, 4 аппаратчиков, 1 слесаря, 1 электрослесаря, 1 работника КИПиА.

Для работы данного участка необходимо 3 рабочие бригады, режим работы которых 2 дневные смены, 2 ночные смены, 2 выходных. График работы бригад представлен в таблице 18.

Таблица 18 – График работы бригад

Да- та сме- ны	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
День	А	А	В	В	Б	Б	А	А	В	В	Б	Б	А	А	В	В	Б	Б	А	А	В	В	Б	Б	А	А	В	В	Б	Б	А
Ночь	Б	Б	А	А	В	В	Б	Б	А	А	В	В	Б	Б	А	А	В	В	Б	Б	А	А	В	В	Б	Б	А	А	В	В	Б

Где А,Б,В – бригады.

Таким образом у смен 11 смен в день, 10 смен в ночь и 10 выходных.

Отдых за год:

$$T_{\text{отдых}} = 300 \cdot \frac{10}{31} + 65 = 162 \text{ дня.}$$

Общее число ночных смен составило 120 смен.

На одного рабочего в год приходится 162 дня выходных и 120 ночных смен. Баланс рабочего времени рабочего показан в таблице 19.

Таблица 19 – Баланс рабочего времени рабочего

Элементы времени	Непрерывное производство, 12 часовой рабочий день, кол- во бригад	
	дней	часов
1. Календарное число дней	365	8760
2. Выходные дни	162	3888
3. Номинальный фонд рабочего времени	203	4872
4. Планируемые невыходы:		
– очередные и дополнительные отпуска;	40	960
– невыходы по болезни;	8	96
– выполнение общественных обязанностей;	2	24
5. Итого (планируемые невыходы)	50	1200
6. Эффективный фонд рабочего времени	153	3672

1. Явочное число основных рабочих в сутки:

$$N_{\text{яв}} = \frac{1}{N_{\text{обсл}}} \cdot F \cdot C \quad (72)$$

где $N_{\text{обсл}}$ – норма обслуживания (количество аппаратов, которое может обслужить один аппаратчик), $N = 2$ шт;

F – количество установок, $F = 8$ шт;

C – количество смен в сутки, $C = 2$ сут.

$$N_{\text{яв}} = \frac{1}{2} \cdot 8 \cdot 2 = 8 \text{ чел.}$$

2. Списочное число основных рабочих определяется по формуле:

$$N_{\text{сп}} = N_{\text{яв}} \cdot \frac{T_{\text{эф.обор}}}{T_{\text{эф.раб}}} \quad (73)$$

где $T_{\text{эф.обор}}$ – проектируемое число дней работы оборудования в год, с учетом технического обслуживания,

$T_{\text{эф.обор}} = 300$ дней;

$T_{\text{эф.раб}}$ – проектируемое число дней работы одного рабочего в год,

$T_{\text{эф.раб}} = 153$ дней.

$$N_{\text{сп}} = 8 \cdot \frac{300}{153} = 16 \text{ человек}$$

3. Численность вспомогательного и дежурного персонала: начальник смены – 3, аппаратчик – 12, дежурный слесарь – 3, дежурный электрослесарь – 3, дежурный КИПиА – 3.

Характеристика управленческого и производственного персонала представлена в таблице 20.

Таблица 20 – характеристика персонала

Должность	Кол-во	Образ-е	Стаж работы, лет	Обязанности
Руководители				
Директор	1	Высшее профессиональное	5	Управление производственными процессами
Инженер	1	Высшее профессиональное	1-3	Разработка конструкторской документации, конструирование в машиностроении, не стандартизованном оборудовании
Бухгалтер	1	Высшее профессиональное	3-6	Ведение бухгалтерии
Начальник цеха	1	Высшее профессиональное	1-3	Руководство производственно-хозяйской деятельности, работниками цеха, выписка материалов
Начальник смены	3	Высшее профессиональное	1-3	Руководство работниками в смене, контроль выполнения технического задания, ведение отчётности
Специалисты				
Технолог	2	Высшее профессиональное	1-3	Создание и контроль технологического процесса
Менеджер	2	Высшее профессиональное	1-3	Контроль сбыта и закупок, работа с заказчиком
Основные рабочие				
Аппаратчик	12	Среднее специальное	–	Ведение технологического процесса, контроль и обслуживание оборудования

Продолжение таблицы 20

Вспомогательные рабочие				
Электрослесарь	3	Среднее специальное	–	Обслуживание и ремонт электрооборудования
Слесарь	3	Среднее специальное	-	Обслуживание и ремонт оборудования
КИПиА	3	Среднее специальное	-	Обслуживание и ремонт оборудования автоматизации
Младший обслуживающий персонал				
Уборщица	1	Без образования	Без опыта работы	Уборка
Комплектовщик-кладовщик	1	Средне-специальное	1-3	Ведение документации склада, учёт, списание, контроль движения подотчётных материалов, продукции, ежемесячная инвентаризация

7.5 Расчет годового фонда заработной платы основных рабочих

Для определения годовой заработной платы используется формула:

$$Z_{\text{год}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} \quad (74)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основной фонд;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительный фонд.

Основной фонд заработной платы рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{тар}} + D_{\text{н.вр}} + D_{\text{п.дн}} + D_{\text{пр}} + D_{\text{вред}} \quad (75)$$

где $Z_{\text{тар}}$ – тарифный фонд;

$D_{\text{н.вр}}$ – доплата за работу в ночное время (40 % от $Z_{\text{тар}}$);

$D_{\text{п.дн}}$ – доплата за работу в праздничные дни (100 % от $Z_{\text{тар}}$);

$D_{\text{пр}}$ – доплата премий (30 % от $Z_{\text{тар}}$);

$D_{\text{вред}}$ – доплата за вредность (20 % от $Z_{\text{тар}}$).

Тарифный фонд времени рассчитывается по тарифным ставкам, исходя из отработанного времени:

$$Z_{\text{тар}}^i = H_{\text{сп}}^i \cdot T_{\text{эф.раб}} \cdot T_{\text{ст}}^i \quad (76)$$

где $H_{\text{сп}}^i$ – списочное число рабочих i -ой квалификации, $H_{\text{сп}}^i = 16$;

$T_{эф.раб}$ – эффективное время работы одного среднесписочного рабочего,

$T_{эф.раб} = 12$ ч в день = 4872 ч в год;

$T_{см}^i$ – тарифная часовая ставка, $T_{см}^i = 83$ руб./час.

$$З_{тар}^i = 16 \cdot 4872 \cdot 83 = 6470016 \text{ руб./год}$$

Доплата за вредность:

$$D_{вред} = 0,2 \cdot 6470016 = 1294003 \text{ руб./год}$$

Доплата премий:

$$D_{вред} = 0,3 \cdot 6470016 = 1941005 \text{ руб./год}$$

Доплата за работу в ночное время осуществляется отчислением 40 % от тарифной ставки:

$$D_{н.вр} = H_{сп}^i \cdot n_{н.вр} \cdot T_{ст}^i \cdot t_{см} \cdot П \quad (77)$$

где $n_{н.вр}$ – количество ночных смен в году, $n_{н.вр} = 122$;

$t_{см}$ – продолжительность смены, $t_{см} = 12$ час;

$П$ – процент отчисления, $П = 0,4$.

$$D_{н.вр} = 16 \cdot 122 \cdot 83 \cdot 12 \cdot 0,4 = 777676,8 \text{ руб./год}$$

Доплата за работу в праздничные дни осуществляется по двойным тарифным ставкам:

$$D_{п.дн} = H_{яв}^i \cdot N \cdot T_{ст}^i \cdot t_{см} \quad (78)$$

где $H_{яв}^i$ – явочная численность рабочих i -ой квалификации в сутки, $H_{яв}^i = 8$;

N – количество праздничных дней в году, принято 14 дней по производственному календарю 2017 г.

$$D_{п.дн} = 8 \cdot 14 \cdot 83 \cdot 12 = 111552 \text{ руб./год}$$

Дополнительный фонд заработной платы рассчитывается по формуле:

$$З_{доп} = З_{осн} \cdot П_{д.зп} \quad (79)$$

где $П_{д.зп}$ – процент доплаты (принимается в размере 10%).

$$\begin{aligned} З_{осн} &= 6470016 + 1294003 + 1941005 + 111552 + 777676,8 = \\ &= 10594253 \text{ руб./год} \end{aligned}$$

$$З_{доп} = 10594253 \cdot 0,1 = 1059425,3 \text{ руб./год}$$

Годовой фонд заработной платы основных рабочих представлен в таблице 21.

Таблица 21 – Годовой фонд заработной платы основных рабочих

Категория рабочих	основные		
	Тарифная ставка	T_{CT}^i	руб./час
Численность списочных рабочих	$H_{сп.}$	чел.	16
Фонд рабочего времени	$T_{ЭФ.РАБ.}$	час	4872
Тарифный фонд	$Z_{ТАР}$	руб./год	6470016
Доплата за ночное время	$D_{Н.ВР.}$	руб./год	777676,8
Доплата за праздничные дни	$D_{П.ДН.}$	руб./год	111552
Доплата за вредность	$D_{ВРЕД.}$	руб./год	1294003
Доплата премий	$D_{ПР.}$	руб./год	1941005
Основной фонд заработной платы	$Z_{ОСН.}$	руб./год	10594253
Дополнительный фонд заработной платы	$Z_{ДОП.}$	руб./год	1059425,3
Годовой фонд заработной платы	$Z_{ГОД.}$	руб./год	11653678,3
Средняя заработная плата в месяц	-	руб./мес.	24000

Размер отчислений на социальные нужды составляет 30 % от полного годового фонда заработной платы:

$$Z_{соц} = 11653678 \cdot 0,30 = 3496103 \text{ руб./год.}$$

7.6 Расчет годового фонда заработной платы ИТР, служащих и прочего персонала

Тарифный фонд оплаты ИТР, служащих и прочего персонала рассчитывается по формуле:

$$Z_{тар} = P_{мес} \cdot T_{окл} \quad (80)$$

где $P_{мес}$ – число месяцев, отработанных в год каждым работником;

$T_{окл}$ – штатный месячный оклад, руб.

Число месяцев в году для ИТР, служащих и прочего персонала принимаем равным – 11 месяцам.

Штатный месячный оклад ИТР, служащих и прочего персонала представлен в таблице 22.

Таблица 22 – Состав инженерно-технического персонала, служащих и вспомогательных рабочих

Наименование должности	Месячный оклад, руб.
Директор	70000
Инженер	30000
Бухгалтер	30000
Начальник цеха	40000
Начальник смены	35000
Технолог	30000
Менеджер	25000
Электрослесарь	25000
Слесарь	25000
КИПиА	25000
Уборщица	15000
Комплектовщик-кладовщик	25000

Основная заработная плата ИТР, служащих и пр. персонала рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{тар}} + D_{\text{п.дн}} + D_{\text{вред}} \quad (81)$$

$$D_{\text{п.дн}} = \frac{T_{\text{окл}}}{n} \cdot N \cdot H_{\text{яв}} \quad (82)$$

где $T_{\text{окл}}$ – месячный оклад;

N – количество праздничных дней в году, $N = 14$;

n – среднемесячное число рабочих дней;

$D_{\text{вред}}$ – доплата за вредность (20% от $Z_{\text{тар}}$).

Пример расчета заработной платы для директора:

$$З_{\text{тар}} = 11 \cdot 70000 = 770000 \text{ руб./год}$$

$$Д_{\text{п.дн}} = \frac{70000}{22} \cdot 14 \cdot 1 = 44545,45 \text{ руб./год}$$

$$З_{\text{осн}} = 770000 + 44545,5 + 154000 = 968545,5 \text{ руб./год}$$

Таблица 23 – Результаты расчетов доплаты в праздничные дни и за вредность ИТР, служащих и вспомогательных рабочих

Наименование должности	Категория	Число шт. ед.	Д _{п.дн} , руб./год	Д _{вред} , руб./год
Директор	ИТР	1	44545,5	154000
Инженер		1	19090,91	66000
Бухгалтер		1	19090,91	66000
Начальник цеха		1	25454,55	88000
Начальник смены		3	73500	77000
Технолог		2	38181,82	66000
Менеджер		2	31818,18	55000
Уборщица	МОП	1	9545,455	33000
Комплектовщик-кладовщик		1	15909,09	55000
Слесарь	Вспом. рабоч.	3	52500	55000
Электрик		3	52500	55000
КИПиА		3	52500	55000
Итого		22	434636,4	825000

Дополнительную заработную плату ИТР, служащих и прочего персонала принимаем в размере 10%.

Таблица 24 – Результаты расчетов заработной платы ИТР, служащих и вспомогательных рабочих

Наименование должности	З _{тар} , руб./год	З _{осн} , руб./год	З _{доп} , руб./год	З _{год} , руб./год
Директор	770000	968545,5	9685,455	1065400
Инженер	330000	415090,9	4150,909	456600
бухгалтер	330000	415090,9	4150,909	456600

Продолжение таблицы 24

Начальник цеха	440000	553454,5	5534,545	608800
Начальник смены	385000	535500	5355,00	589050
Технолог	330000	434181,8	4341,818	477600
Менеджер	275000	361818,2	3618,182	398000
Уборщица	165000	207545,5	2075,455	228300
Комплектовщик- кладовщик	275000	345909,1	3459,091	380500
Слесарь	275000	382500	3825	420750
Электрик	275000	382500	3825	420750
КИПиА	275000	382500	3825	420750
Итого	4125000	5384636	538463,6	5923100

Полная заработная плата за год с учётом численности персонала составляет 11375250 руб/год.

7.7 Расчёт размера отчислений на социальные нужды

Размер отчислений на социальные нужды составляет 30 % от полного годового фонда заработной платы:

$$Z_{\text{соц}} = 23028928,3 \cdot 0,30 = 6908678,49 \text{ руб/год.}$$

7.8 Общепроизводственные расходы

7.8.1 Расходы на содержание оборудования

Фонд для ремонта оборудования составляет 5 % от стоимости оборудования:

$$Z_{\text{т.р}} = 3514887 \cdot 0,05 = 175744,35 \text{ руб./год.}$$

Расходы на содержание оборудования составляют 5 % от стоимости оборудования:

$$Z_{\text{сод}} = 3514887 \cdot 0,05 = 175744,35 \text{ руб./год.}$$

Амортизационные отчисления на оборудование составляют 10% от стоимости оборудования:

$$A_{об} = 3514887 \cdot 0,1 = 351488,7 \text{ руб./год.}$$

Сумма расходов на содержание и эксплуатацию оборудования:

$$\sum Z_2 = A_{об} + Z_{сод} + Z_{т.р} \quad (83)$$

$$\sum Z_2 = 175744,35 \cdot 2 + 351488,7 = 702977,4 \text{ руб./год}$$

Общепроизводственные расходы составляют:

$$Z_{общ} = 1743734,2 + 600580 + 82000 = 2426314,2 \text{ руб./год.}$$

7.9 Расчет технологических затрат

7.9.1 Затраты на электроэнергию

Затраты на электроэнергию определяются по следующей формуле:

$$Z_{эл} = C_{эл} \cdot W \cdot T_{р.обор} \quad (84)$$

где $C_{эл}$ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб. (4,2 руб.);

W – потребляемая мощность, кВт;

$T_{р.обор}$ – время работы оборудования в год ($300 \cdot 24 = 7200$ ч).

Потребляемая мощность оборудования: центробежный насос, 13 шт – 97,5 кВт; барабанный фильтр 1 шт – 2,2 кВт; электродвигатель мешалки 9 шт – 135 кВт; инфракрасная печь 1 шт – 5,7 кВт; печь хлорирования 1 шт – 9,62 кВт; дополнительное оборудование – 5% от общего потребления электроэнергии оборудованием.

$$W_{об} = 97,5 + 2,2 + 135 + 5,7 + 9,62 = 250,02 \text{ кВт}$$

$$W = 250,02 + 125,01 = 375,03 \text{ кВт}$$

$$Z_{эл} = 4,2 \cdot 375,03 \cdot 7200 = 11340907,2 \text{ руб./год}$$

7.9.2 Затраты на освещение

Затраты на освещение определяются по следующей формуле:

$$Z_{\text{эл}} = C_{\text{эл}} \cdot W_{\text{осв}} \quad (85)$$

$$W_{\text{осв}} = \frac{W_{S_{\text{п}}} \cdot S_{\text{п}} \cdot M \cdot m}{1000} \quad (86)$$

где $W_{S_{\text{п}}}$ – количество Ватт на 1 м² пола, $W_{S_{\text{п}}} = 15$ Вт;

$S_{\text{п}}$ – площадь пола, $S_{\text{п}} = 432$ м²;

M – количество часов искусственного освещения в сутки, $M = 24$ ч;

m – число дней работы производства в году, $m = 365$ дней.

$$W_{\text{осв}} = \frac{15 \cdot 432 \cdot 24 \cdot 365}{1000} = 56764,8 \text{ кВт/год}$$

$$Z_{\text{эл}} = 4,2 \cdot 56764,8 = 238412,16 \text{ руб./год}$$

7.9.3 Затраты на вентиляцию

Затраты на вентиляцию определяются по следующей формуле:

$$Z_{\text{эл}} = C_{\text{эл}} \cdot W_{\text{вент}} \quad (87)$$

$$W_{\text{вент}} = P_{\text{эд}} \cdot 24 \cdot m \quad (88)$$

где $P_{\text{эд}}$ – мощность электродвигателя, $P_{\text{эд}} = 20$ кВт.

$$W_{\text{вент}} = 20 \cdot 24 \cdot 300 = 144200 \text{ кВт/год}$$

$$Z_{\text{эл}} = 4,2 \cdot 144200 = 605640 \text{ руб./год}$$

7.9.4 Затраты на отопление

Затраты на отопление определяются по следующей формуле:

$$Z_{\text{эл}} = C_{\text{эл}} \cdot P_{\text{от}} \quad (89)$$

$$P_{\text{от}} = \frac{\alpha \cdot T \cdot V}{1000} \quad (90)$$

где α – количество тепла на 1 м³ помещения, $\alpha = 20$ Вт;

T – продолжительность отопительного сезона, $T = 5448$ ч;

V – объем отапливаемого помещения. $V = 4320 \text{ м}^3$.

$$P_{\text{от}} = \frac{20 \cdot 5448 \cdot 4320}{1000} = 470707,2 \text{ кВт/год}$$

$$Z_{\text{эл}} = 4,2 \cdot 470707,2 = 1976970,24 \text{ руб./год}$$

7.10 Затраты на ОТ и ТБ

Затраты, связанные с организацией труда и техникой безопасности, принимаются равными 15 % от полного годового фонда заработной платы:

$$Z_{\text{ОТ и ТБ}} = 23028928 \cdot 0,15 = 3454339 \text{ руб./год.}$$

7.11 Калькуляция себестоимости передела

Себестоимость передела определяется в результате анализа таблицы 25.

Таблица – 25 себестоимость передела

№п/п	Наименование статей расхода	Ед. изм.	Сумма передела на 1 тонну, руб.	Сумма передела в 1 год, руб/год
1	Аренда помещения	Руб.	5065,5303	1008000
2	Изготовление и монтажа металлоконструкций	Руб.	3166,861	630180
3	Оборудования	Руб.	17663,459	3514887
4	Наладка и монтаж оборудования	Руб.	12364,422	2460421
5	Амортизация	Руб.	1766,3459	351488,7
6	Содержание	Руб.	3532,6918	702977,4

Продолжение таблицы 25

	оборудования			
7	Сырьё	Руб.	29309,747	5832405,147
8	Годовой фонд зп основных рабочих	Руб.	58563,552	11653678,3
9	Годовой фонд зп основных рабочих	Руб.	57164,358	11375250
10	Отчисления на соц. нужды	Руб.	34718,373	6908678,49
Общепроизводственные затраты				
11	электроэнергия	Руб.	56991,775	11340907,2
12	Освещение	Руб.	1198,0992	238412,16
13	Вентиляция	Руб.	3043,5394	605640
14	Отопление	Руб.	9934,9232	1976970,24
15	Затраты на ОТ и ТБ	Руб.	17359,185	3454339
Итого условно-постоянные затраты на участок хлорирования				62054234,64
Себестоимость передела, руб./кг				311,8428612
Итого условно-постоянные затраты на цех				206847448,8
Стоимость продукта				173022568,2

7.12 Заключение по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Экономическим превосходством данного метода над другими является то, что данное производство специализируется на узком направлении переработки РЗМ. Основной аппарат – не является стандартным изделием, что говорит о его уникальности. Возможна адаптация. Возможность адаптации под идентичные производства переработки РЗМ и сопутствующих элементов. Продукты используются циклично, что позволяет экономить. На данном

производстве получают дополнительный продукт аммиачную селитру, которая так же является товарным продуктом.

Список публикаций студента

1. Подойников И.Р. Разделение тория и урана при их сорбции из водных растворов / И.Р. Подойников, М.Э. Кондрашин // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых учёных, имени профессора Кулёва, Томск 29 мая-01 июня 2017 г. – Томск : Изд-во ТПУ, 2017. – С. 377.
2. Подойников И.Р. Исследование свойств ${}^7\text{LiClO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ и ${}^6\text{LiClO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ / И.Р. Подойников, М.Э. Кондрашин // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XVIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых учёных, имени профессора Кулёва, Томск 17 мая-20 мая 2016 г. – Томск : Изд-во ТПУ, 2016. – С. 32.
3. Lithium and magnesium isotopes fractionation by zone melting / D. V. Akimov, N. B. Egorov, A. N. Djyachenko, M. P. Pustovalova, I. R. Podoynikov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2016 -Vol. 135, Article number 012001. - p. 1-5.