

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

---

Институт: Физико-технический

Специальность: 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики

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

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

Тема диплома
<b>Проект цеха сушки хлорида лития в аппарате кипящего слоя, производительностью 2000 т/год по хлориду лития</b>

УДК 661.834.096.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0422	Фишер О.В.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ХТРЭ	Кантаев А.С.	к.т.н., доцент		

**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
	Петлин И.В.	к.т.н		
Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. Кафедрой ХТРЭ	Крайденко Р.И.	д.х.н., доцент		

Томск – 2017 г.

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

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р1	Демонстрировать глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания и детальное понимание научных принципов профессиональной деятельности
Р2	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
Р3	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
Р4	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
Р5	Уметь планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования в области изучения свойств и технологии материалов современной энергетики с использованием новейших достижений 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
Р6	Разрабатывать новые технологические схемы, рассчитывать и выбирать оборудование, применять средства автоматизации, анализировать технические задания и проекты с учетом ядерного законодательства
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р7	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
Р8	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»**

---

Институт: Физико-технический

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

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

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Р.И. Крайденко  
(Подпись) (Дата)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

\_\_\_\_\_ дипломного проекта

Студенту:

Группа	ФИО
0422	Фишер Олег Владимирович

Тема работы:

Проект цеха сушки хлорида лития в аппарате кипящего слоя, производительностью 2000 т/год по хлориду лития.

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы: 8 января 2017 года

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Спроектировать цех сушки хлорида лития, основным аппаратом в котором является печь кипящего слоя, производительностью 2000 т/год по хлориду лития. Данные об исходном составе и влажности хлорида взять из литературных источников и технических условий.
---------------------------------	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p>	<p><b>1. Введение</b>  <b>2. Обзор литературы</b>  <b>3. Расчеты и аналитика</b>  3.1. Теория процесса (термодинамика, кинетика)  3.2. Приборы и методы анализа  3.3. Разработка и описание аппаратурно-технологической схемы.  3.4. Расчет материального баланса технологической схемы  3.5. Расчет теплового баланса технологической схемы  3.6. Расчет основного аппарата.  3.6.1. Расчет геометрии и габаритов основного аппарата  3.6.2. Механический расчет основного аппарата  3.6.3. Гидравлический расчет основного аппарата  3.6.4. Энергетический расчет основного аппарата  <b>4. Результаты расчетов</b>  <b>5. План размещения оборудования</b>  5.1. Подбор основного технологического оборудования  5.2. Расчет геометрии и габаритов оборудования  5.3. Энергетический расчет технологической схемы  5.4. План размещения оборудования  <b>6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b>  <b>7. Социальная ответственность</b>  <b>8. Автоматизация процесса</b>  <b>9. Заключение</b>  <b>10. Список использованных источников</b></p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p>	<p>Сборочный чертеж основного аппарата А1 (ГОСТ 2.001-93...2.034-83).  Аппаратурно-технологическая схема  План размещения оборудования  Презентация Power Point Presentation</p>

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Тухватулина Л. Р.
Социальная ответственность	Акимов Д. В.
Автоматизация процесса	Вильнина А. В.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	16 октября 2017 года

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ХТРЭ	Кантаев А.С.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0422	Фишер Олег Владимирович		

## Оглавление

Введение.....	11
1 Техничко – экономическое обоснование.....	13
2 Обзор литературы .....	14
2.1 Сырьевая база .....	14
2.2 Получение хлорида лития .....	16
2.3 Краткий обзор существующего аппаратурного оформлениа процесса ....	19
2.3.1 Классификация сушильных аппаратов .....	19
2.3.2 Сушилки прямого действия .....	21
2.3.3 Сушилки непрямого действия .....	23
2.3.4 Сушилки других типа .....	24
2.3.5 Аппараты с псевдоожиженным слоем .....	25
3 Технологическая схема получения хлорида лития.....	28
3.1 Аппаратурно технологическая схема .....	29
4 Расчет материального баланса.....	32
4.2 Расчет теплового баланса.....	34
4.3 Аппаратурный расчет сушилки кипящего слоя.....	37
5 План размещения оборудования .....	47
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	53
6.1 Планирование потребности в человеческих ресурсах .....	53
6.2 Разработка плана и графика формирования и внедрения инженерного решения .....	54
6.3 Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения инженерных решений .....	57
6.4 Расчет годового фонда заработной платы .....	62
6.4.1 Расчет заработной платы основных рабочих .....	62
6.4.2 Расчет заработной платы вспомогательных рабочих.....	63
6.4.3 Расчет заработной платы служащих, руководителей и специалистов.....	64
6.5 Расчет амортизационных отчислений.....	66
7 Социальная ответственность .....	69
7.1 Общая характеристика производства .....	69

7.2 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.....	71
7.2.1 Опасность поражения дыхательных путей и кожных покровов химическими реагентами .....	71
7.2.2 Мероприятие по защите от производственного шума и вибрации.....	74
7.2.3 Производственное освещение.....	75
7.2.4 Мероприятия по выполнению норм микроклимата .....	76
7.3 Анализ опасных факторов, проектируемой производственной среды .....	78
7.3.1 Электробезопасность .....	78
7.3.2 Пожарная безопасность .....	79
7.4 Охрана окружающей среды .....	81
7.5 Защита в чрезвычайных ситуациях .....	82
7.6 Заключение .....	83
8 Автоматизация процесса .....	84
8.1 Описание функциональной схемы автоматизации.....	85
8.2 Перечень технологических параметров, подлежащих контролю, регулированию и сигнализации.....	86
8.3 Выбор первичных преобразователей .....	87
8.4 Автоматизация процесса с использованием средств ЭВМ .....	88
8.5 Действия оператора при пуске технологического процесса .....	90
Заключение .....	92
Приложение А .....	93

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа: 93 страниц, 6 рисунков, 24 таблиц.

Ключевые слова: Сушилка, кипящий слой, хлорид лития, получение сухого хлорида лития, карбонат лития, хлор.

Дипломный проект посвящен разработке цеха получения сухого хлорида лития производительностью 2000 тонн в год. Был произведен литературный обзор получения хлорида лития и краткий обзор аппаратного оформления процесса. В проекте рассчитаны материальный и тепловой баланс основного аппарата, произведен расчет сушилки кипящего слоя, произведен подбор дополнительного оборудования, спроектировано здание цеха, кроме того, предложена функциональная схема автоматизации производства, рассмотрены основные опасности и вредности, а также рассчитана экономическая эффективность проекта.

Согласно аппаратному расчету диаметр и высота сушилки кипящего слоя равны 1000 мм и 2000 мм.

Область применения: разработанная технология экономически эффективна и может быть внедрена в производство в Новосибирской области.

Экономическая эффективность: в ходе расчёта была определена точка безубыточности, равная 24214 кг лития в год. При производительности 2000 тонн в год проект является рентабельным.



## **Обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

Нормативные ссылки:

ГОСТ Р 1.5-2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.

ГОСТ 12.0.003-2015 Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

ГОСТ 2.316-2008 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Правила нанесения надписей, технических требований и таблиц на графических документах. Технические условия.

ГОСТ 29057–91 Костюмы мужские для защиты от нетоксичной пыли. Технические условия.

ГОСТ 12.4.127–83 ССБТ. Обувь специальная. Номенклатура показателей качества.

ГОСТ 12.0.003–74. ССБТ. Межгосударственный стандарт система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы.

ГОСТ 12.4.153–85 ССБТ. Очки защитные. Номенклатура показателей качества.

ГОСТ 12.4.072–79 ССБТ. Сапоги специальные резиновые формовые, защищающие от воды, нефтяных масел и механических воздействий.

ГОСТ Р 12.4.001–80 ССБТ. Средства индивидуальной защиты рук. Перчатки. Общие технические требования.

ГОСТ 12.4.028–76 ССБТ. Респираторы ШБ–1 «Лепесток». Технические условия.

ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений.

Обозначения и сокращения:

АСУТП – автоматизированная система управления технологическими процессами;

ФСА – функциональная схема автоматизации;

ИТР – инженерно – технический работник;

КИП и А – контрольно измерительные приборы и автоматика;

МОП – младший обслуживающий персонал;

ЗП – заработная плата,

ТБ – техника безопасности;

КПД – коэффициент полезного действия;

ОТ – охрана труда;

СИЗ – средства индивидуальной защиты;

ПДК – предельно допустимая концентрация.

ЧС – чрезвычайные ситуации.

## Введение

Развитие современных технологий и техники оказало большой спрос, на металлы, применение которых ранее было не востребовано. Одним из таких металлов является литий. Особенность свойств лития не позволяло использовать его в полной мере и поэтому развитие использования лития в его основных областях протекало очень медленно.

Литий является самым легким металлом. Имея малый объемный радиус, он обладает прочной кристаллической решеткой, а, следовательно, обладает наибольшей твердостью среди щелочных металлов. Литий очень легко образует сплавы почти со всеми металлами – медью, цинком, алюминием, оловом и другими за исключением железа.

Одним из важнейших соединений лития является хлорид лития. Хлорид лития химическое соединение щелочного металла и хлора с формулой  $\text{LiCl}$ . Хлорид лития имеет белые гигроскопичные кристаллы, кристаллизующиеся в кубической сингонии. Плотность его составляет  $2,07 \text{ г/см}^3$  при  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , температура плавления  $614 \text{ }^\circ\text{C}$ , кипения  $1380 \text{ }^\circ\text{C}$ . Хлорид лития весьма гигроскопичен и расплывается на воздухе. Хлорид лития обладает очень высокой растворимостью, увеличивающиеся с повышением температуры. Растворимость хлорида лития при комнатной температуре составляет  $83 \text{ г/100 мл}$ . Связь в молекуле хлористого лития не является типично ионной, вследствие чего это соединение хорошо растворяется во многих органических растворителях: спиртах, в том числе многоатомных, ацетоне, сложных эфирах, хлороформе. На этом свойстве основано отделение лития от остальных щелочных металлов в аналитической химии.

Способ получения хлорида лития основан на растворении карбоната или гидроксида лития в соляной кислоте. Хлорид лития может быть получен так же прямым хлорированием оксида лития или карбоната лития хлором или хлористым водородом. Хлорид лития можно получить обменной реакцией сульфата лития с хлоридом бария.

Хлорид лития имеет важное техническое значение, так как используется для получения металлического лития электролизом расплава смеси хлорида лития с хлоридом калия. Еще одной областью применения хлорида лития является использование в производстве модифицирующих флюсов для сварки и плавки сплавов цветных металлов. Хлорид лития обладает свойством обратимо поглощать пары воды при изменении температуры и влажности окружающего воздуха и тем самым регулировать влажность. И эта особенность определила применение хлорида лития для кондиционирования воздуха в зданиях и производственных помещениях, где необходимо сохранять постоянную влажность. Кондиционирующее действие хлорида лития определяется также его способностью поглощать из воздуха дымы, многие органические соединения. Хлорид лития имеет и другие области применения: в пиротехнике для придания племени темно – красного оттенка, как твердый электролит в химических источниках тока для имплантированных кардиостимуляторов, служит средством против обледенения самолётов.

В проекте рассматривается цех по производству хлорида лития. Технологический процесс представляет собой производство гранулированного хлорида лития в аппарате кипящего слоя.

## **1 Технико – экономическое обоснование**

Производство гранулированного хлорида лития относится к числу материало – и энергоемких производств, так как основные затраты связаны с расходом электроэнергии и расходом сырья. Затраты на электроэнергию достигают большую часть от себестоимости продукции. Поэтому для проектирования цеха сушки хлорида лития необходимо ориентироваться на максимальное приближение его к источникам дешевой энергии и сырья.

Одним из важнейших критериев в выборе района строительства металлургического предприятия является выбор района с богатыми природными энергоносителями. К таким регионам можно отнести Сибирь, в частности Новосибирскую область. Новосибирская область имеет большие запасы гидроэнергетических ресурсов.

Рассматривая размещения цеха в городе Новосибирск можно выделить следующие экономически важные факторы, которые подтверждают целесообразность строительства завода:

- наличие дешевой электроэнергии в большом количестве, поступающей с Новосибирской ГЭС;
- развитая транспортная сеть, которая включает в себя транссибирскую магистраль, которая значительно облегчает доставку сырья на производства и отправку готовой продукции;
- наличие трудового ресурса, обеспечивающегося университетами города.

Помимо перечисленных факторов так же можно отметить и то, что строительство цеха сушки хлорида лития в городе Новосибирск позволит улучшить материальное состояние населения города за счет создания новых рабочих мест и тем самым повысить уровень конкуренции на рынке труда.

## 2 Обзор литературы

### 2.1 Сырьевая база

Основная часть минералов лития предоставляет собой силикаты и другие соли кислородных кислот. Геохимические свойства лития позволяют отнести его к крупноионным литофильным элементам. Литий широко распространен в земной коре (его содержание  $6,5 \cdot 10^{-3}\%$  по массе). Кроме того, литий содержится в почвах, морской воде, соляных рассолах, углях, растительных и животных организмах. Лития находится в природе только в виде соединений, самородный литий неизвестен. [1].

В настоящее время известно около 150 минералов, содержащих литий. Основной частью являются силикаты и в меньшей степени фосфаты. Промышленное значение имеют пять минералов:

1) Сподумен  $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$  или  $\text{Li}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$ . Сподумен является основным промышленным сырьем для получения лития. Сподумен – содержит от 6,5 до 8,1 %  $\text{Li}_2\text{O}$ . Цвет серый, зеленовато – серый, желтовато – серый, розоватый, бледно – фиолетово – розовый, желтовато – зеленый; очень редко можно встретить сподумен – прозрачный, бесцветный, голубой. Твердость по Моосу от 6,5 до 7; плотность от  $3,1 \text{ г/см}^3$  до  $3,2 \text{ г/см}^3$ ; температура плавления  $1380^\circ\text{C}$  –  $1430^\circ\text{C}$ ; в интервале от  $900^\circ\text{C}$  до  $1050^\circ\text{C}$  моноклинная форма ( $\alpha$ -сподумен) переходит в тетрагональную ( $\beta$ -сподумен).

2) Лепидолит  $\text{KLi}_{1,5}[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{F},\text{OH})_2$  – алюмосиликат из группы литиевых слюд. Цвет розовато – красный, бледно – фиолетовый, также встречается белый и персиково – красный. Лепидолит – содержит от 1,25 до 5,9 %  $\text{Li}_2\text{O}$ . В виде примесей содержатся  $\text{MgO}$  (может находится до 2 %),  $\text{FeO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{Cs}_2\text{O}$  (до 1,5 %),  $\text{Rb}_2\text{O}$  (до 3,7 %). Кристаллическая решетка моноклинная; твердость от 2,5 до 4; плотность от  $2,8$  до  $3,3 \text{ г/см}^3$ .

3) Циннвальдит  $\text{KLiFeAl}[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{F},\text{OH})_2$  – литиевая слюда, промежуточный член изоморфного ряда биотит-лепидолит. Химический состав очень изменчив. Цвет серый, светло – фиолетовый, темно – зеленый. Содержит

от 3 до 3,5 %  $\text{Li}_2\text{O}$ . Решетка циннвальдита моноклинная; твердость в интервале от 2 до 3; плотность от 2,9 до 3,2 г/см<sup>3</sup>.

4) Петалит  $(\text{Li}, \text{Na}) \text{AlSi}_4\text{O}_{10}$  – алюмосиликат лития. В виде примесей содержатся  $\text{SiO}_2$  (75,67 – 78,4 %),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (14,82 – 17,05 %),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (1,42 %),  $\text{FeO}$  (0,13 – 0,28),  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  (2,1 %),  $\text{CaO}$  (0,20 – 0,80 %),  $\text{MgO}$  (0,3 %), следы  $\text{MnO}$  и  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Содержит от 1 до 4,5 %  $\text{Li}_2\text{O}$ . Решетка петалита моноклинная; твердость от 6 до 6,5; плотность от 2,4 до 2,47 г/см<sup>3</sup>.

5) Амблигонит  $\text{LiAl}[\text{PO}_4] \cdot (\text{F}, \text{OH})$  - фосфат лития и алюминия, содержащий фтор. В виде примесей содержатся  $\text{SiO}_2$  (1,05 %),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (34,3 %),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (0,58 %),  $\text{FeO}$  (0,06 %),  $\text{Na}_2\text{O}$  (1,53 %),  $\text{K}_2\text{O}$  (0,22 %),  $\text{CaO}$  (0,89 %),  $\text{MgO}$  (0,3 %),  $\text{MnO}$  (0,35 %),  $\text{P}_2\text{O}_5$  (46,6 %),  $\text{F}$  (0,95%). Содержит от 7 до 10,1 %  $\text{Li}_2\text{O}$ , Твердость 6,0; плотность в интервале от 2,99 до 3,15 г/см<sup>3</sup>. Промышленное значение невелико вследствие ограниченности запасов руд.

Наибольшие концентрации лития, имеющие промышленное значение, связаны с типами месторождений:

1. Гранитные пегматиты имеют наибольшее промышленное значение. В их состав входят минералы: петалит, сподумен, лепидолит, амблигонит. Пегматиты по составу делятся на две группы: сподумен – лепидолитовые и сподуменовые. Характеристика сподуменовой группы обосновывается наличием кварца, сподумена, полевых шпатов, мусковита и других минералов. Сподумен – лепидолитовая группа характеризуется по мимо выше перечисленных минералов, содержанием лепидолита, поллуцитом, кукеитом, полихромными турмалинами.

2. Пневматолито – гидротермальные месторождения представляют собой жилы оловянно – вольфрамовой группы, сопровождаемыми грейзенами из агрегатов кварца и циннвальтида. Распространённость таких месторождений лития невелико и большого промышленного значения они не имеют.

3. Осадочные месторождения – представлены рассолами и минеральными источниками. Концентрации  $\text{Li}_2\text{O}$  в рассолах колеблется от 0,01 до 0,4 % редко

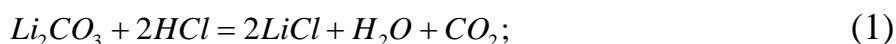
более. Помимо лития минеральные источники и рассолы содержат соединения натрия, калия, кальция, бора и др.

Месторождения литийсодержащих рассолов встречаются в соляных озерах континентальных бассейнов или мелководных бассейнах пустынных областей. Залегают на глубине до 200 метров от поверхности и простираются на несколько десятков квадратных километров. Промышленное извлечения лития целесообразно только в случае комплексной переработке сырья, что и реализуется на практике [2].

Рассол или рапу обычно концентрируют бассейновым (солнечным) выпариванием, кристаллизующиеся при этом соли являются товарными продуктами. Литий при выпаривании концентрируется в конечной рапе (маточнике от 10 до 14 кг/м<sup>3</sup>), откуда и производится его выделение по сложной схеме. Выпаривание обычно длится около года. Извлечение лития из рапы сопряжено с меньшими производственными издержками, чем добыча и переработка горнорудного сырья [3].

## 2.2 Получение хлорида лития

Хлорид является исходным продуктом в производстве металлического лития электролизом, в связи с этим получение безводной, чистой соли имеет важное значение в технологии лития. Самый распространенный метод получения хлорида лития основан на растворении гидроксида и карбоната лития в соляной кислоте:



Технический карбонат лития или гидроксид лития, используемые для получения хлорида лития, содержат в себе значительное количество примесей, по этой причине для получения хлорида лития, соответствующий нормам электролизера, исходные продукты подвергаются предварительной очистке. При использовании технического карбоната лития, для его очистки можно применить



способ Труста – перекристаллизация карбоната лития путем перевода его в растворимый бикарбонат лития. После перекристаллизации карбоната лития, содержащего  $SO_4^{2-}$  (0,87 %) и 0,5 щелочных металлов (в пересчете на натрий), может быть получен карбонат лития, содержащий следы серы и натрия (0,03 – 0,07%).

Для очистки едкого лития применяются перекристаллизация или осаждение карбоната лития пропусканием углекислого газа через раствор гидроокиси.

Хлористый литий также может быть подвергнут очистке. В процессе кипячения щелочного раствора хлорида лития основная часть примесей (Ca, Fe, Mg, Ba и др.) выпадают из раствора в виде гидратов. Максимальный эффект достигается при кипячении раствора с осадком карбоната лития, при этом примеси осаждаются из раствора в виде нейтральных или основных карбонатов. Сульфат серы удаляют и раствора рассчитанным количеством хлористого бария. Очистку хлорида лития можно проводить перекристаллизацией его или экстракцией органическими растворителями.

Основной трудностью при получении безводного хлорида лития из раствора является его высокая коррозионная способность при нагревании и гигроскопичность безводной соли. При нагревании хлорид лития вызывает коррозию почти всех металлических материалов, кроме тантала и платина, по этой причине упаривание раствора хлорида лития связано с большими трудностями. Упаривание хлорида лития в старых производствах осуществлялась в железных луженых чашах. На современных заводах для упаривания растворов умеренной концентрации применяется оборудование из специальных сплавов, устойчивых к действию хлористого лития. В этих аппаратах установлены кипятильники из тантала. Для окончательного обезвоживания используют керамическую аппаратуру [4].

Подробно производство хлорида лития можно рассмотреть на примере завода в Миннеаполисе (США).

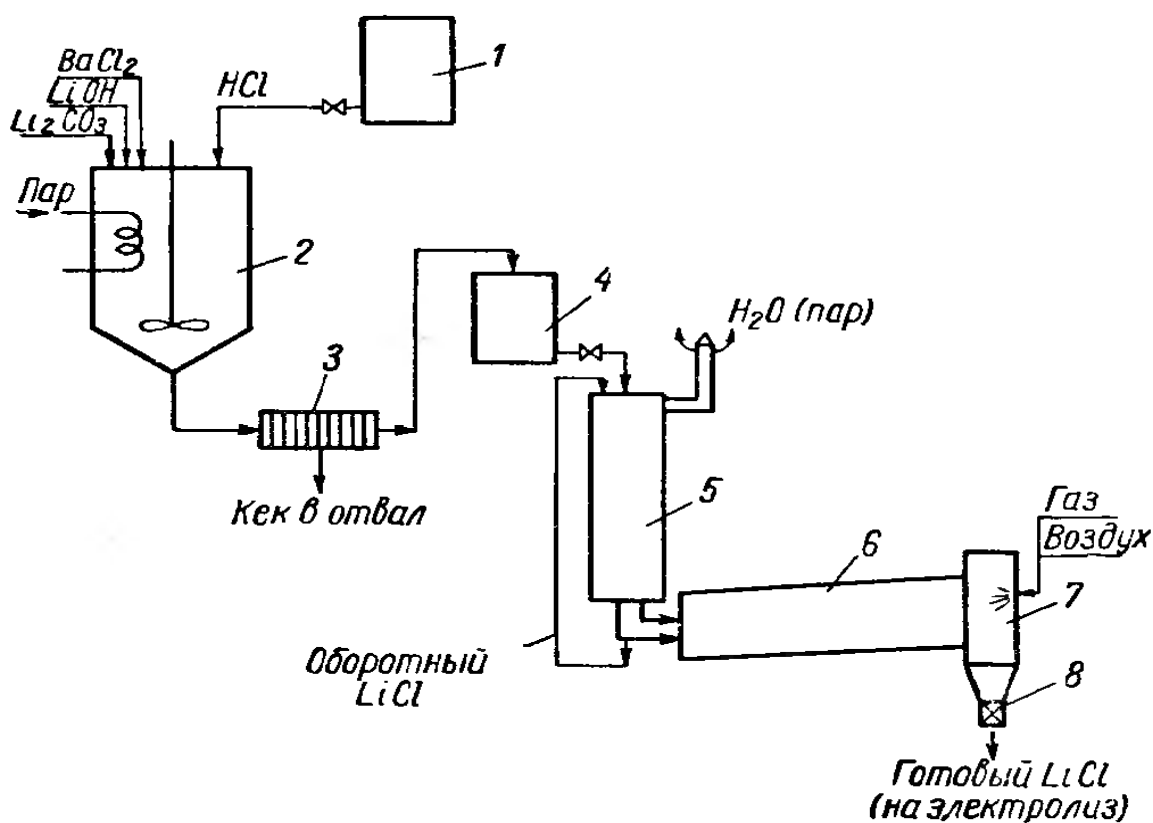


Рисунок 1 – Аппаратная схема получения безводного хлорида лития из карбоната (завод в Миннеаполисе США): 1 – сборник соляной кислоты; 2 – реактор для растворения углекислого лития; 3 – рамный фильтрпресс; 4 – сборник раствора хлористого лития; 5 – выпарная башня; 6 – сушильная печь барабанного типа; 7 – газовая топка; 8 – молотковая дробилка.

Хлорид лития получают на рисунке – 1 из карбоната лития, содержащего 8-12 % влаги. Карбонат лития обрабатывают 30 % соляной кислотой в гуммированном реакторе. Полученный раствор содержит около 360 г/л. После загрузки всего карбоната лития добавляют соляную кислоту с небольшим избытком и перемешивают раствор около тридцати минут. С помощью хлорида бария из кислого раствора осаждают сульфатную серу. Далее раствор нейтрализуют карбонатом лития и добавляют гидроокись лития до получения санинормального раствора щелочи. Полученный раствор фильтруют через гуммированный рамный фильтрпресс и сливают в гуммированный сборник.

Полученный раствор направляют в выпарную башню, облицованную керамикой и заполненную керамической насадкой. Через башню снизу-вверх

продуваются горячие газы, отходящие из сушильного барабана. Упаренный раствор собирается в круглом приемнике внизу башни. Часть раствора обратно поступает наверх башни, а другая часть направляется в питатель сушильного барабана. Процесс сушки должен быть отрегулирован до такой степени, чтобы выпадение твердой соли происходило не в башне, а в сушильном барабане. В той части сушильного барабана, где раствор начинает загустевать, на стенках барабана образуется кольцо сухого хлорида. Пастообразная, загустевшая масса растекается по верхней части этого кольца и отвердевает в виде гранул, продвигаясь к разгрузочному желобу, расположенному в конце сушильного барабана. Хлорид лития и сушильного барабана выходит в виде комков, его отправляют на измельчение в молотковую дробилку до крупности 2,4 мм [5].

## **2.3 Краткий обзор существующего аппаратного оформления процесса**

### **2.3.1 Классификация сушильных аппаратов**

Для первичной оценки того или иного способа сушки служат классификация сушильных аппаратов. Классификация представляет собой руководство, достаточно понятное для любого интересующегося и предназначенное для начального ознакомления с известными способами, их отличиями, недостатками, достоинствами и ограничениями в применении. С целью систематизации создаваемой сушильной техники разработан ряд классификаций, в основу которых положены те или иные признаки. Наиболее полной является классификация П.Д. Лебедева таблица – 1.

Таблица 1 – Классификация сушильных аппаратов П.Д. Лебедева[6]

Признак классификации	Типы сушилок
Давление в рабочем пространстве	Работающее под избыточным, при атмосферном давлении или разрежении (Вакууме)
Режим работы	Периодического или непрерывного действия
Вид теплоносителя	Работающие на воздухе, дымовых или инертных газах, на насыщенном или перегретом паре, на жидких теплоносителях
Направление теплоносителя относительно материала	Прямоточные, противоточные, с перекрестным током или ресивные
Характер циркуляции теплоносителя	С естественной или с принудительная циркуляция
Способ нагревания теплоносителя	С паровыми воздухоподогревателями, топочным и устройствами, электронагревателями или комбинированные
Кратность использования теплоносителя	Прямоточные или рециркуляционные
Способ удаления влаги из сушилки	С отходящим теплоносителем или продувочным воздухом, компенсационные или с химическим поглощением влаги
Способ подвода тепла к материалу	Конвективные, контактные, с лучистым нагревом (радиационные), нагревом токами высокой частоты, с акустическим или ультразвуковым нагреванием
Вид высушиваемого материала	Для крупнодисперсных, тонкодисперсных, пылевидных, ленточных или пастообразных материалов, жидких растворов или суспензий.
Гидродинамический режим	С плотным неподвижным слоем, перемешиваемым слоем, взвешенным слоем, (псевдоожиженный слой, фондирующей слой, закрученные потоки, пневмотранспорт)
Конструктивный тип сушилок	Камерные, шахтные, ленточные, барабанные или трубчатые и т.д.

Оборудование для сушки чаще всего классифицируют по способу передачи тепла к влажному материалу и по характеру обработки влажного материала и его физическим свойствам. По способам теплопередачи сушилки делят на две основные группы: прямого и непрямого действия (с подгруппами непрерывной и периодической работы); в третью группу входят сушилки таких типов, как радиационные и др. В сушилках прямого действия горячий газ – теплоноситель отдает принесенное тепло при непосредственном контакте с влажным материалом и уносит испаренную влагу; основным способом теплопередачи в этом случае (за исключением высоких температур) является конвекция. В сушилках непрямого действия необходимая для сушки теплота передается теплоносителем влажному материалу через разделяющую их стенку. Здесь основной способ теплопередачи – теплопроводность, а испаренная влага уносится потоком газа или испаряется в вакуумное пространство.

### **2.3.2 Сушилки прямого действия**

Основные рабочие характеристики сушилок прямого действия следующие:

1. Процесс сушки находится в прямой зависимости от передачи тепла влажному материалу теплоносителем, причем последний уносит испаренную влагу;
2. Теплоносителем может служить нагретый водяным паром воздух, топочные газы, инертный газ или перегретый пар;
3. Температура сушки может достигать до  $760^{\circ}\text{C}$  – предельной температуры для обычных металлических конструкций. Следует учесть, что при более высоких температурах основным способом теплопередачи становится лучеиспускание;
4. Если температура газа-теплоносителя ниже точки кипения удаляемой из материала жидкости, то пар, содержащийся в газе, влияет на скорость сушки и конечное влагосодержание материала. Когда температура по всему объему газа – теплоносителя выше точки кипения, то содержащийся в нем пар оказывает лишь незначительное замедляющее влияние на скорость сушки и конечное

влажностное содержание. Таким образом, перегретый пар, полученный из удаляемой жидкости, может быть использован для целей сушки;

5. Если теплоносителем является очень влажный воздух, то для сушки при низких температурах из него предварительно должна быть удалена влага;

6. Аппараты прямого действия сушки расходуют больше топлива на килограмм испаренной воды, конечное влажностное содержание материала у них ниже; заметно выше капитальные вложения;

7. С увеличением температуры входящего газа увеличивается производительность сушилки, если температура выходящего газа остается постоянной. Производительность непрерывных сушилок прямого действия обычно находится в пределах 25 – 450 кг сухого продукта в час, и в значительной степени зависит от начального влажностного содержания [7].

Типы непрерывных сушилок прямого действия:

1. Полочные, ленточные, с колеблющимися полками, вертикальные турбо – сушилки, работающие на горячем газе;

2. Петлевые (непрерывный листовый и ленточный материал проходит через сушилку в виде фестонов, петель, либо туго натянутым шпильками на раму);

3. Пневматические (здесь сушка часто совмещается с измельчением; материал с большой скоростью перемещается горячим газом по трубе – сушилке в циклон);

4. Барабанные (материал передвигается, рассыпаясь внутри вращающегося цилиндра, через который проходит горячий газ);

5. Распылительные (поддающийся распылению материал подается через центробежные диски или сопла форсунок в камеру, через которую проходит горячий газ);

6. Со сквозной циркуляцией (материал лежит на непрерывно движущейся сетке, через которую продувается горячий газ);

7. Туннельные (материал передвигается через туннель на вагонетке и контактирует с горячим газом)[8].

Периодические сушилки прямого действия применяются для малотоннажных производств или (в специальных случаях) для сушки дорогостоящих продуктов. Они характеризуются большой продолжительностью процесса сушки (6 – 40 ч) и нестационарным состоянием температуры и влагосодержания воздуха, температуры материала и его влагосодержания (в зависимости от времени и местоположения в сушилке). Если они не имеют равномерного расположения противней и равномерного распределения потока воздуха, то высушивание неравномерно.

### **2.3.3 Сушилки непрямого действия**

Основные характеристики сушилок непрямого действия следующие:

1. Тепло к влажному материалу поступает через стенку (обычно металлическую). Теплоносителями могут служить конденсирующийся водяной пар, горячая вода, топочные газы, расплавленные соли, горячее масло, электрический ток и т. д.;
2. Температура сушки имеет очень широкие пределы – от температур ниже точки замерзания в случаях вымораживания до температур значительно выше 500° С в случае нагрева топочными газами;
3. Возможна сушка под вакуумом и в атмосфере инертного газа. Сушилки этого типа позволяют также регенерировать растворитель и предупреждать образование взрывчатых смесей или окисление легко разлагающихся материалов;
4. Сушилки, в которых теплоноситель конденсируется, экономичны с точки зрения расхода тепла, так как в них поступает столько тепла, сколько нужно его для сушки материала. КПД таких сушилок понижается при повышении конечного влагосодержания;
5. Обработка пылящих материалов происходит гораздо удовлетворительнее и с меньшими потерями в сушилках непрямого действия.

6. Можно использовать перемешивание для усреднения влажности материала и увеличения скорости сушки;

7. Непрерывно работающие сушилки непрямого действия в эксплуатации обычно экономичнее сушилок прямого действия[9].

Непрерывные сушилки непрямого действия иногда работают под давлением ниже атмосферного. При хорошей герметизации загрузочного и разгрузочного отверстий можно поддерживать во время работы разрежение в 680 – 710 мм рт. ст. Это особенно важно при сушке чувствительных к теплу материалов или в тех случаях, когда необходима регенерация растворителя.

К непрерывным сушилкам непрямого действия относятся следующие:

1. Вальцевые (обогреваемые паром или водой);
2. Цилиндрические вращающиеся с паровым обогревом (для сушки длинных полотнищ: бумаги, целлофана, текстиля и др.) и трубчатые вращающиеся с паровым или водяным обогревом (могут работать под вакуумом; возможна регенерация растворителя);
3. Шнековые (также могут работать под вакуумом; возможна регенерация растворителя);
4. С колеблющимися потоками (обогрев паром или горячей водой), специальные (например, высушиваемый материал лежит на непрерывной тканевой ленте, движущейся в контакте с нагреваемой паром пластиной).

Периодические сушилки непрямого действия пригодны для испарения или сушки растворов, или суспензий, паст и зернистых материалов и для сушки в высоком вакууме. В некоторых из них высушиваемый материал остается неподвижным в течение всего цикла, а в других перемешивается[10].

### **2.3.4 Сушилки других типа**

Инфракрасные сушилки испаряют влагу за счет лучистой энергии. Лучистую энергию для сушки получают от электрических инфракрасных ламп, электрических элементов сопротивления или раскаленных огнеупорных плиток, нагреваемых газом. Последний метод имеет дополнительное преимущество –



возникает конвективное нагревание. Инфракрасные сушилки не получили широкого распространения в химической промышленности для удаления влаги. В основном они применяются для горячего отверждения или сушки пигментных пленок (лакокрасочных покрытий), для нагревания тонких слоев материала. Стоимость энергии для инфракрасной сушки в 2 – 4 раза выше стоимости топлива при обычной сушке. Диэлектрические сушилки не нашли пока широкого применения. Их основной особенностью является генерирование тепла внутри твердого тела, что позволяет высушивать массивные объекты, например, древесину, губчатую резину, керамику. Стоимость энергии в 10 раз выше, чем стоимость топлива при обычной сушке[11].

### **2.3.5 Аппараты с псевдооживленным слоем**

Возможность и эффективность сушки того или иного материала с псевдооживленным слоем в большой степени зависит от конструкции аппаратов сушки. Следовательно, аппаратное оформление должно наилучшим образом соответствовать агрегатному состоянию материала, загружаемого в аппарат, его физическим, химическим свойствам, а также требуемой производительности и качеству готового продукта. Известно большое количество конструкций сушильных аппаратов с кипящим слоем, что позволяет сделать выбор аппарата для достижения тех или иных целей.

По конструктивному признаку все сушильные аппараты с кипящим слоем можно разделить на две большие группы: однокамерные и двухкамерные. Для повышения эффективности и расширения свойств сушилок данного типа внутри камер можно использовать инертные тела: греющие элементы, перемешивающие устройства, неподвижные насадки для осуществления, организованного псевдооживления.

Однокамерные сушилки просты в эксплуатации и по устройству, обладают высоким экономическим показателем, легки в автоматизации рисунок 2.

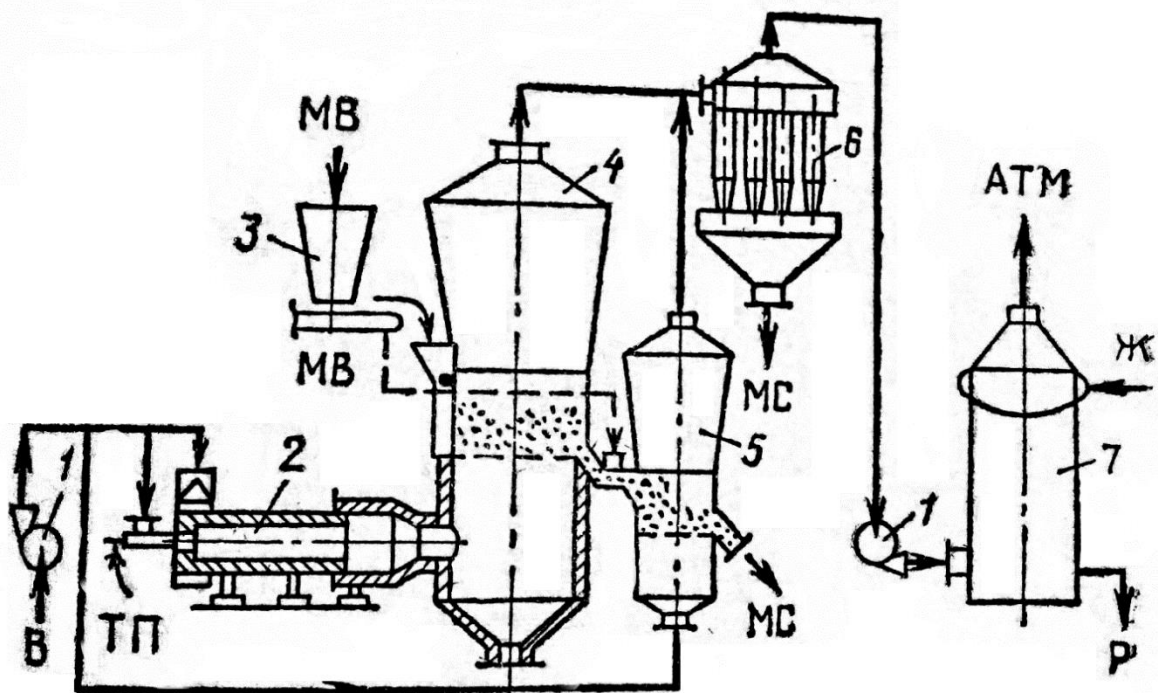


Рисунок 2 – Сушилка однокамерная для сушки хлорида калия:  
 1 – вентилятор, 2 – топка, 3 – питатель, 4,5 – сушильные агрегаты,  
 6 – батарейный циклон, 7 – скруббер.

Однокамерные сушилки наиболее распространённый тип сушилок. Недостатком некоторых сушилок такого типа является неравномерная обработка материала, это связано с широким спектром времен нахождения отдельных частиц в зоне сушки. Этот недостаток можно устранить, организовав направление движение частиц материала и разделяя камеры на зоны, различающиеся термодинамическим и гидродинамическими условиями проведения процесса [11].

Многокамерные сушилки могут быть с последовательным движением материала и подачей свежего теплоносителя в каждую камеру и ступенчато противоточные, с противоточным движением материала и газа. Многокамерные сушилки являются многозонными, но в то же время в отдельных сушилках камеры могут быть организованы дополнительные зоны. Многокамерные сушилки можно создать, разделяя сушильное пространство перегородками рисунок 3.

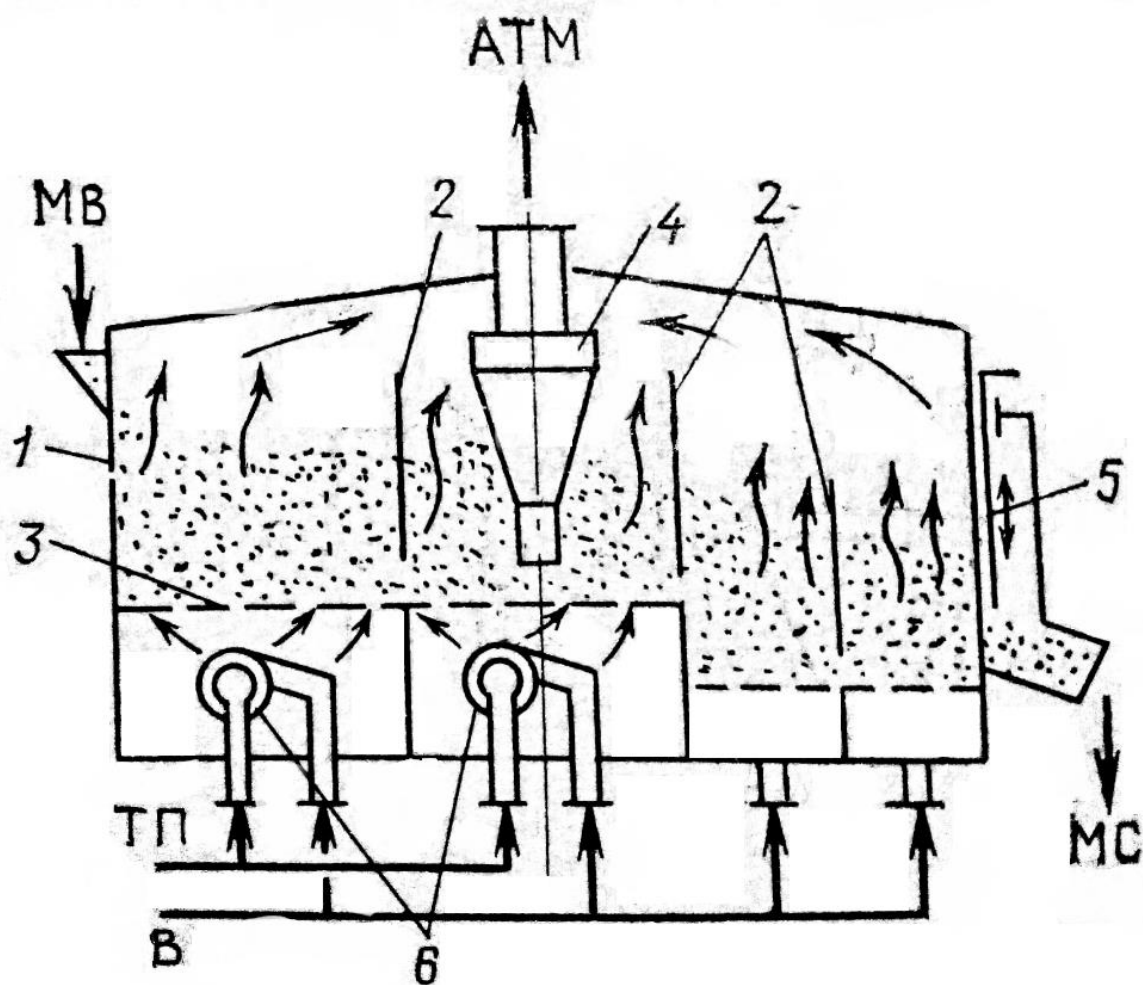


Рисунок 3 – Многокамерная сушилка системы «Тубо Фло»: 1 – камера;  
 2 – перегородка; 3 – решетка; 4 – циклон; 5 - регулирующая заслонка;  
 5 – топка.

### 3 Технологическая схема получения хлорида лития

Технологическая схема цеха процесса сушки хлорида лития представлен на рисунке 4 [12].

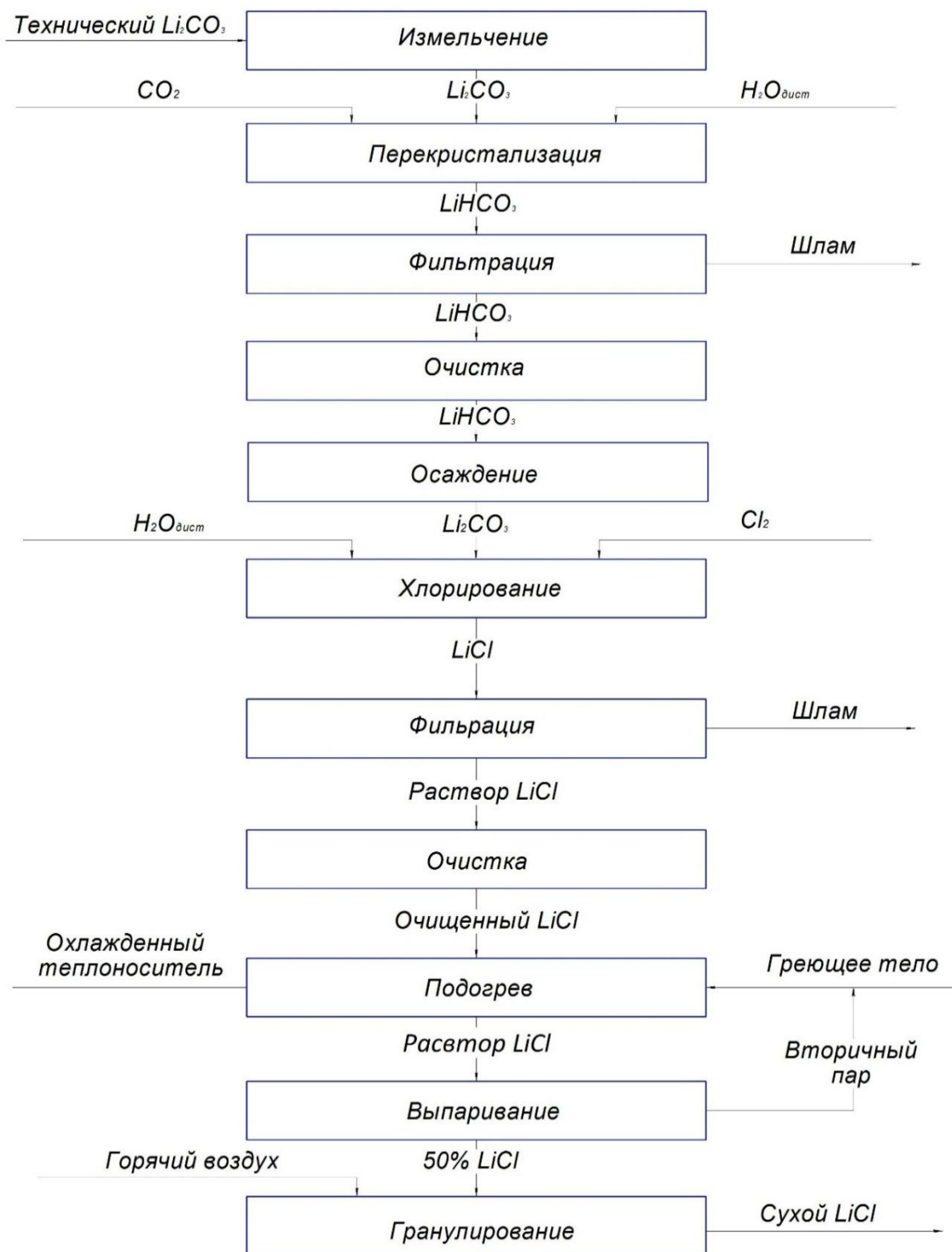


Рисунок 4 – Технологическая схема процесса сушки хлорида лития

### 3.1 Аппаратурно технологическая схема

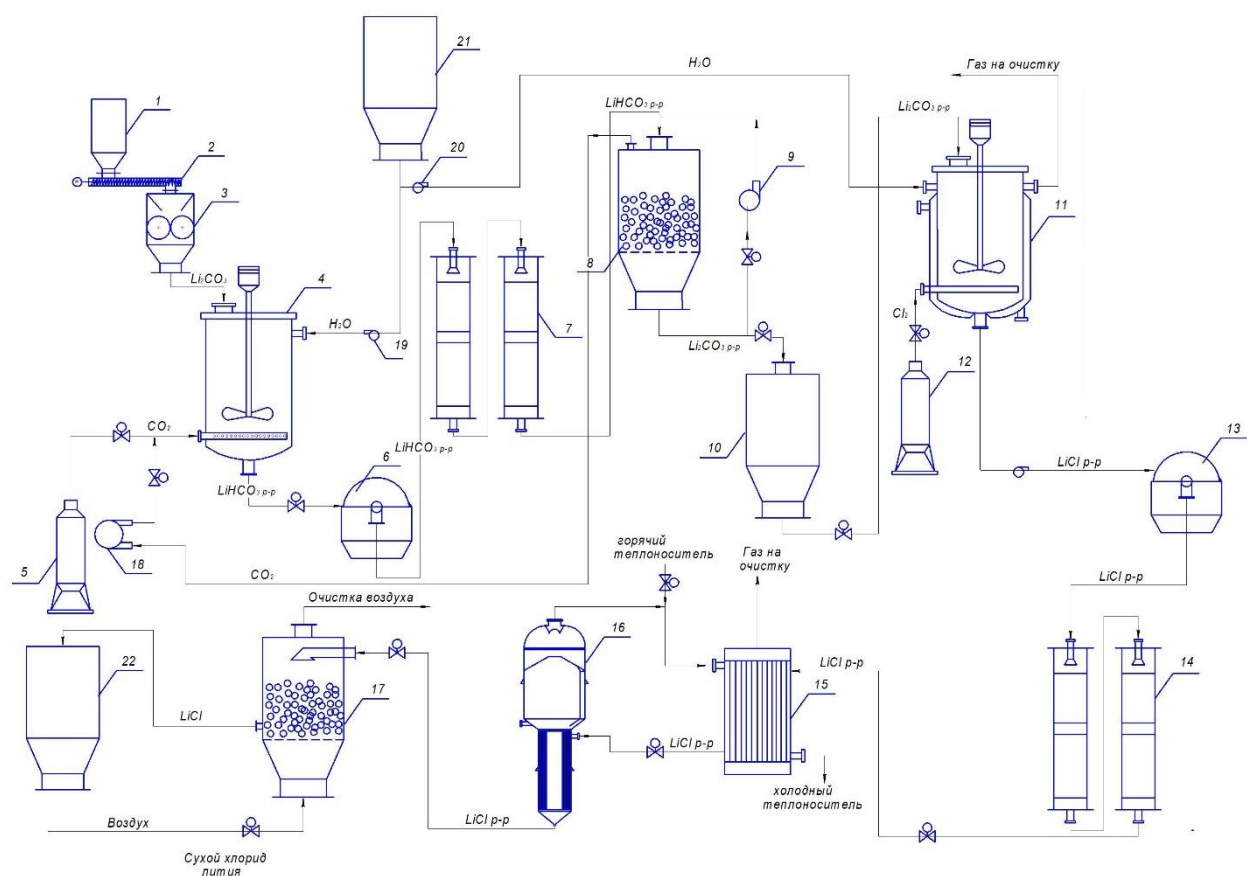


Рисунок 5 – технологическая схема цеха получения сухого хлорида лития:

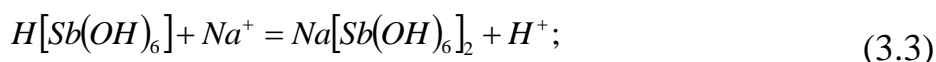
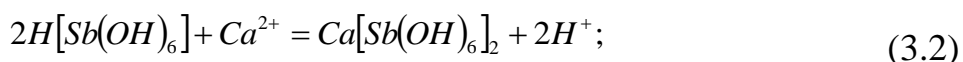
- 1 – бункер хранения технического карбоната лития; 2 – питающий шнек;  
3 – валковая мельница; 4 – реактор получения бикарбоната лития; 5 – баллон с углекислым газом; 6,13 – барабанные вакуум фильтры; 7,14 – сорбционные колонны; 8 – реактор кипящего слоя; 9,20,19 – насосы; 10 – промежуточный бункер хранения; 11 – реактор хлорирования; 12 – баллон с хлором;  
15 – теплообменник; 16 – выпарной аппарат; 17 – сушка кипящего слоя;  
18 – газодувка; 21 – бункер с водой; 22 – промежуточный бункер хранения сухого хлорида лития.

Из бункера 1 технический карбонат лития подают в мельницу 3 при помощи шнекового питателя 2. В валковой мельнице карбонат лития подвергается механической активации, что позволяет ускорить процесс перевода его в растворимую соль гидрокарбоната лития. Затем карбонат лития подают в

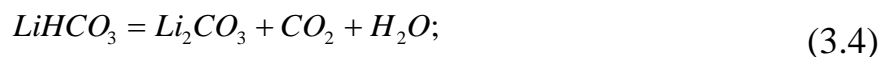
реактор 4, в котором получают гидрокарбонат лития, с помощью подачи в реактор 4 дистиллированной воды из бункера 21 и углекислого газа из баллона 5. Реакция протекает следующим путем:



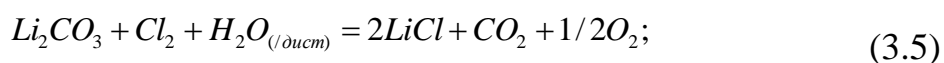
В барабанном вакуум – фильтре 6 идет процесс отделение растворившегося карбоната лития и примесей. В результате фильтрования раствор гидрокарбоната лития отправляют на сорбционные колонны 7 с целью его очистки от примесей кальция и натрия. Сорбционные колонны представляют собой 2 слоя, верхний слой колонны состоит из НУМС – Sb (углерод – углеродный сорбент), а нижний слой колонны их НУМС – О, процесс очистки раствора идет по следующим реакциям:



Очищенный гидрокарбонат лития в аппарате кипящего слоя 8 нагревают до температуры 100 °С. В результате нагрева идет процесс осаждения очищенного карбоната лития. Реакция осаждения;



С помощью насоса 9 раствор циркулируют, что позволяет улучшить процесс осаждения. Осажденный карбонат лития вместе с водой поступает в промежуточный бункер хранения очищенного карбоната лития 10. При помощи газодувки 18 осуществляется откачивание углекислого газа из аппарата кипящего слоя 8 в реактор 4. Карбонат лития из бункера 10 подается в реактор хлорирования 11 в который из баллона 12 подают хлор, также в процессе подается дистиллированная вода из бункера 21. В реакторе 11 происходит хлорирование карбоната лития. В результате процесса хлорирования получают 10% хлорид лития. Процесс протекает по следующей реакции:



После фильтрации в барабанном вакуум – фильтре 13 полученный раствор хлорида лития отправляют на сорбционные колонны 14. В колоннах сорбции избавляются от примесей ионов кальция и натрия.

Полученный раствор поступает в теплообменник где подогревается до температуры 105 °С, для экономичности используют вторичный пар с выпарного аппарата 16 в качестве горячего тела. Подогретый хлорид лития поступает в выпарной аппарат где происходит упаривание хлорида лития до 50%.

После 50% раствор хлорида лития вместе с подогретым воздухом из баллона 19 поступает в реактор кипящего слоя 17 в котором происходит процесс сушки и гранулирования хлорида лития, который собирается бункере 22.

#### 4 Расчет материального баланса

Материальный баланс составляется по уравнениям основных реакций; он базируется на законе сохранения массы. Материальный расчет технологических процессов сводится к определению материальных потоков и составлению материального баланса. Материальный расчет основывается на законе сохранения материи (массы веществ):

$$\sum G_{i_{исх}} = \sum G_{j_{прод}}; \quad (4.1)$$

где  $\sum G_{i_{исх}}$  – количество реагентов, поступающих в аппарат за единицу времени, т/г;

$\sum G_{j_{прод}}$  – количество продуктов, удаляемых из аппарата за единицу времени, т/г.

Определяем часовую производительность электролизёра:

$$G_{LiCl} = \frac{2000}{365 \cdot 24} = 0,23 \text{ т / час} = 230 \text{ кг / час}; \quad (4.2)$$

1. Материальный баланс получения хлорида лития:

В таблице 1 приведены технические условия хлорида лития.

Таблица 2 – Технические условия хлорида лития

Примеси	Содержание, %
NaCl	0,05
CaCl <sub>2</sub>	0,03
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,006
MgO	0,0001
H <sub>2</sub> O	0,085

Производительность сушилки по сырому хлориду лития:

$$G_H = G_K \frac{100 - \omega_K}{100 - \omega_H}; \quad (4.3)$$

Где  $G_K$  = производительность сушильного аппарата по высушенному материалу.



$$G_H(LiCl) = 227,7 \frac{100 - 0,85}{100 - 50} = 451,529 \text{ кг/час};$$

$$G_H(NaCl) = 0,115 \frac{100 - 0,85}{100 - 50} = 0,228 \text{ кг/час};$$

$$G_H(CaCl_2) = 0,069 \frac{100 - 0,85}{100 - 50} = 0,137 \text{ кг/час};$$

$$G_H(Fe_2O_3) = 0,014 \frac{100 - 0,85}{100 - 50} = 0,028 \text{ кг/час};$$

$$G_H(MgO) = 0,0002 \frac{100 - 0,85}{100 - 50} = 0,0004 \text{ кг/час};$$

Количество испаряемой влаги определяется по формуле:

$$W = G_H - G_K; \quad (4.4)$$

$$W(LiCl) = 451,529 - 227,7 = 223,829 \text{ кг/час.}$$

$$W(NaCl) = 0,228 - 0,115 = 0,113 \text{ кг/час.}$$

$$W(CaCl_2) = 0,137 - 0,069 = 0,068 \text{ кг/час.}$$

$$W(Fe_2O_3) = 0,028 - 0,014 = 0,014 \text{ кг/час.}$$

$$W(MgO) = 0,0004 - 0,0002 = 0,0002 \text{ кг/час.}$$

Таблица 3 – Материальный баланс стадии сушки хлорида лития

Приход			Расход		
Вещество	Масса кг/ч	% масс	Вещество	Масса кг/ч	% масс
LiCl	451,529	99,913	LiCl	227,7	50,385
NaCl	0,228	0,051	H <sub>2</sub> O	224,024	49,571
CaCl <sub>2</sub>	0,137	0,030	CaCl <sub>2</sub>	0,069	0,015
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,028	0,006	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,014	0,003
MgO	0,0004	0,00009	MgO	0,0002	0,00005
			NaCl	0,115	0,025
Итого	451,922	100	Итого	451,922	100

## 4.2 Расчет теплового баланса

Сопоставление прихода и расхода (полезно использованной и потерянной) теплоты в различных процессах называется тепловым балансом. Тепловой баланс составляют по данным материального баланса с учетом тепловых эффектов химических реакций и физических превращений, протекающих в аппаратах, а также с учетом подвода или отвода теплоты.

Расчет тепловых потоков проводится на основании уравнения теплового баланса, которое в общем виде запишется по формуле [10]:

$$\sum Q_{\text{прих}} = \sum Q_{\text{расх}}, \quad (4.5)$$

где  $\sum Q_{\text{прих}}$  – количество тепла, вносимое в аппарат с исходными веществами и нагревателем, кДж/ч;

$\sum Q_{\text{расх}}$  – количество тепла, уносимое из аппарата продуктами, и теряемое в окружающую среду, кДж/ч.

Таблица 4 – Термодинамические параметры исходных веществ и продуктов реакции

Вещество	$\Delta H_f^0$ , кДж/моль	$C_p^0$ , Дж/(моль·К)
LiCl	-195	33,25
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	- 822,2	103,70
MgO	- 601,24	37,41
Cl <sub>2</sub>	121,1	33,940
H <sub>2</sub> O (г)	-241,84	33,56
H <sub>2</sub> O (ж)	-285,84	75,31
CaCl <sub>2</sub>	-485	59
NaCl	-182,3	35,79

Тепловой расчет стадии гранулирования хлорида лития в печи кипящего слоя.

$$Q_{\text{вн/расх.}} = \sum \frac{C_{p_i} \cdot G_i \cdot T_{\text{исх}}}{M}, \text{ кДж} \quad (4.6)$$

$$Q_{\text{LiCl}} = \frac{227,7 \cdot 33,25 \cdot 373 \cdot 10^3}{42,45} = 66525143,1 \text{кДж},$$

$$Q_{\text{NaCl}} = \frac{0,115 \cdot 35,79 \cdot 373 \cdot 10^3}{58,4} = 26287,9 \text{кДж},$$

$$Q_{\text{CaCl}_2} = \frac{0,069 \cdot 59 \cdot 373 \cdot 10^3}{111} = 13680,1 \text{кДж},$$

$$Q_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{0,014 \cdot 103,6 \cdot 373 \cdot 10^3}{159,6} = 3389,7 \text{кДж},$$

$$Q_{\text{MgO}} = \frac{0,0002 \cdot 37,2 \cdot 373 \cdot 10^3}{40,3} = 68,9 \text{кДж},$$

$$Q_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{224,024 \cdot 75,31 \cdot 373 \cdot 10^3}{18} = 349609738,6 \text{кДж}.$$

$$Q_{\text{вн.}} = 416178308,3 \text{кДж}.$$

Рассчитаем расход тепла:

$$Q_{\text{LiCl}} = \frac{33,25 \cdot 227,7 \cdot 473 \cdot 10^3}{42,45} = 84360302,1 \text{кДж},$$

$$Q_{\text{NaCl}} = \frac{35,79 \cdot 0,115 \cdot 473 \cdot 10^3}{58,4} = 33335,6 \text{кДж},$$

$$Q_{\text{CaCl}_2} = \frac{59 \cdot 0,069 \cdot 473 \cdot 10^3}{111} = 17347,6 \text{кДж},$$

$$Q_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{103,6 \cdot 0,014 \cdot 473 \cdot 10^3}{159,7} = 4295,8 \text{кДж},$$

$$Q_{\text{MgO}} = \frac{37,2 \cdot 0,0002 \cdot 473 \cdot 10^3}{40,3} = 87,3 \text{кДж},$$

$$Q_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{75,31 \cdot 224,024 \cdot 473 \cdot 10^3}{18} = 409596396,2 \text{кДж},$$

$$Q_{\text{расх.}} = 494011764,6 \text{кДж}$$

С электрическим обогревом

$$Q_{\text{нагр.}} = 1,3 \cdot \sum Q_{(\text{расх.})} - \sum Q_{(\text{вн.})} = 101183493,2 \text{кДж} \quad (4.7)$$

$$Q_{\text{потерь.}} = 23350036,9 \text{кДж}$$

Тепловой баланс представлен в таблице 5.

Таблица 5 – Тепловой баланс стадии гранулирования хлорида лития

		Приход Q, кДж/ч				Расход Q, кДж/ч	
№	Статья	Количество, кДж	Содержание, %	№	Статья	Количество, кДж	Содержание, %
1	Q <sub>вн.</sub>	416178308,3	80,4	1	Q <sub>расх.</sub>	494011764,6	95,5
2	Q <sub>нагр.</sub>	101183493,2	19,6	2	Q <sub>потерь</sub>	23350036,9	4,5
<b>ИТОГО:</b>		517361801,5	100	<b>ИТОГО:</b>		517361801,5	100

### 4.3 Аппаратурный расчет сушилки кипящего слоя

1 Расход сухого воздуха

$$L = \frac{Q}{c_B(T_2 - T_1)}; \quad (4.8)$$

$$L = \frac{137225}{1,01 \cdot 10^3(200 - 100)} = 1,35 \text{ кг/с};$$

Где  $c_B = 1,01 \cdot 10^3$  Дж/(кг·К) – теплоемкость сухого воздуха.

Удельный расход сухого воздуха:

$$I = \frac{L}{W}; \quad (4.9)$$

$$I = \frac{1,35}{0,062} = 21,21 \text{ кг/кг};$$

Начальное влагосодержание воздуха:  $x_1 = 0,01$  кг/кг.

Влагосодержание воздуха на выходе из сушилки:

$$x_2 = x_1 + \frac{1}{I}; \quad (4.10)$$

$$x_2 = 0,01 + \frac{1}{21,21} = 0,057 \text{ кг/кг};$$

2. Гидродинамический расчет сушилки

Свойства воздуха на выходе из сушилки

Плотность воздуха на выходе из сушилки:

$$\rho_6 = \frac{1,293 \cdot 273}{273 + 150} = 0,835 \text{ кг/м}^3;$$

Вязкость воздуха при 100 °С:

$$\mu_t = \mu_0 \frac{273 + C}{T + C} \left( \frac{T}{273} \right)^{3/2}; \quad (4.11)$$

$$\mu_t = 17,3 \cdot 10^{-6} \frac{273 + 124}{373 + 124} \left( \frac{373}{273} \right)^{3/2} = 22,1 \cdot 10^{-6};$$

Где  $\mu_0 = 17,3 \cdot 10^{-6}$  Па·с – вязкость воздуха при 0° С,  $C = 124$  – вспомогательный коэффициент.

Кинематическая вязкость воздуха:

$$\nu_6 = \frac{\mu_t}{\rho_t};$$

$$\nu_6 = \frac{22,1 \cdot 10^{-6}}{0,853} = 25,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}.$$

3 Рабочая скорость воздуха

Критерий Архимеда:

$$Ar = \frac{gd^3}{\nu^2} \cdot \frac{\rho_M - \rho_t}{\rho_t}; \quad (4.12)$$

$$Ar = \frac{9,8 \cdot 0,005^3}{(2,53 \cdot 10^{-5})^2} \cdot \frac{2068 - 0,853}{0,853} = 475664,1;$$

Где  $\rho_M = 2068 \text{ кг/м}^3$  – плотность материала.

Критерий Рейнольдса для рабочего режима:

$$Re_p = \frac{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}{18 + 0,61 \sqrt{Ar \cdot \varepsilon^{4,75}}}; \quad (4.13)$$

$$Re_p = \frac{475664,1 \cdot 0,70^{4,75}}{18 + 0,61 \sqrt{475664,1 \cdot 0,70^{4,75}}} = 440,7;$$

Где  $\varepsilon = 0,70$  – порозность кипящего слоя.

Рабочая скорость воздуха:

$$v_p = \frac{Re_p \cdot \nu_t}{d_t};$$

$$v_p = \frac{440,7 \cdot 25,3 \cdot 10^{-6}}{0,005} = 2,3 \text{ м/с};$$

Диаметр аппарата и газораспределяющей решетки:

$$S_p = \frac{L \cdot (1 + x_2)}{\rho_t \cdot v_p}; \quad (4.14)$$

$$S_p = \frac{1,35 \cdot (1 + 0,057)}{0,853 \cdot 2,3} = 0,73 \text{ м}^2;$$

Диаметр аппарата:

$$D = \sqrt{S_p / 0,785}; \quad (4.15)$$

$$D = \sqrt{0,73 / 0,835} = 0,92 \text{ м};$$

Принимаем диаметр аппарата 1,0 м.

#### 4. Высота кипящего слоя

Критерий Прандтля

$$\text{Pr} = \frac{c\mu_t}{\lambda_t}; \quad (4.16)$$

$$\text{Pr} = \frac{1010 \cdot 25,3 \cdot 10^{-6}}{0,0269} = 0,95;$$

Где  $\lambda_t = 2,69 \cdot 10^{-2}$  Вт/(м·К) – теплопроводность воздуха.

Критерий Нуссельта:

$$\text{Nu} = 0,4 \cdot \left( \frac{\text{Re}}{\varepsilon} \right)^{0,67} \cdot \text{Pr}^{0,33}; \quad (4.17)$$

$$\text{Nu} = 0,4 \cdot \left( \frac{440,7}{0,70} \right)^{0,67} \cdot 0,95^{0,33} = 29,5;$$

Коэффициент теплообмена:

$$\alpha = \frac{\text{Nu}\lambda_t}{d}; \quad (4.18)$$

$$\alpha = \frac{29,5 \cdot 0,0269}{0,005} = 158,7 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К});$$

Число единиц переноса:

$$m_0 = \ln \frac{t_{e1} - t_{m2}}{t_{e2} - t_{m2}};$$

(3.19)

$$m_0 = \ln \frac{100}{10} = 2,3;$$

Объем кипящего слоя:

$$V_{cl} = \frac{L \cdot c_g \cdot m_0 \cdot (1 + x_2)}{\alpha \cdot S_{y\partial} (1 - \varepsilon)}; \quad (4.20)$$

$$V_{cl} = \frac{1,35 \cdot 1010 \cdot 2,3}{158,7 \cdot 1200 \cdot (1 - 0,70)} = 0,00711 \text{ м}^3;$$

Где  $S_{уд} = 6/d = 6/0,0050 = 1200 \text{ м}^{-1}$  – удельная поверхность.

Высота слоя:

$$H_{cl} = \frac{V_{cl}}{S_p}; \quad (4.21)$$

$$H_{cl} = \frac{0,0071}{0,73} = 0,01 м;$$

По практическим данным обычно принимают высоту слоя в 4 раза больше зоны действия струй из отверстий решетки

$$H_{cmp} = 4 \cdot 20d_0 = 4 \cdot 20 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,4 м;$$

Где  $d_0 = 5$  мм – диаметр отверстий.

Высота сепарационного пространства:

$$H_{cl} = 4H_{cmp} = 4 \cdot 0,4 = 1,6 м;$$

Высота аппарата над газораспределительной решеткой:

$$H = H_{cl} + H_{cen} = 1,6 + 0,4 = 2 м;$$

5. Расчет проверки условий выноса из мелких частиц аппарата

Минимальный диаметр частиц = 1 мм.

Для частиц с минимальным диаметром Критерий Архимеда:

$$Ar_{min} = \frac{gd_{min}^3}{\nu^2} \cdot \frac{\rho_M - \rho_t}{\rho_t}; \quad (4.22)$$

$$Ar_{min} = \frac{9,8 \cdot 0,0010^3}{(2,53 \cdot 10^{-5})^2} \cdot \frac{2068 - 0,853}{0,853} = 37898,4;$$

Критерий Рейнольдса:

$$Re_{cum} = \frac{Ar}{18 + 0,61\sqrt{Ar}}; \quad (4.23)$$

$$Re_{cum} = \frac{37898,4}{18 + 0,61\sqrt{37898,4}} = 277,13;$$

Скорость витания частиц:

$$v_{cum} = \frac{277,13 \cdot 25,3 \cdot 10^{-6}}{0,001} = 7,00 м / с$$



В результате расчета выяснили, что скорость витания частиц больше рабочей скорости воздуха и поэтому можно использовать аппарат цилиндрической формы.

б. Расчет проверки условия псевдооживления максимального размера частиц.

Максимальный диаметр частиц = 6 мм

Скорость воздуха около решетки:

$$v_{\text{реш}} = v_p \frac{273 + t_1}{273 + t_2}; \quad (4.24)$$

$$v_{\text{реш}} = 2,3 \frac{273 + 200}{273 + 110} = 2,84 \text{ м/с};$$

Скорость воздуха в отверстиях решетки:

$$v_{\text{от}} = \frac{v_{\text{реш}}}{\varphi}; \quad (4.25)$$

$$v_{\text{от}} = \frac{2,84}{0,1} = 28,4 \text{ м/с};$$

Где  $\varphi = 0,10$  – доля живого сечения решетки

Скорость псевдооживления максимального размера частиц:

$$v_{\text{кр(от)}} = \frac{v_{\text{от}}}{k};$$

$$(3.26)$$

$$v_{\text{кр(от)}} = \frac{28,4}{2,5} = 11,36 \text{ м/с};$$

Где  $k = 2,5$  – число псевдооживления.

Критерий Архимеда для частиц максимального размера

$$Ar_{\text{max}} = \frac{g d_{\text{max}}^3 \cdot \rho_m - \rho_t}{\nu^2 \cdot \rho_t}; \quad (4.27)$$

$$Ar_{\text{max}} = \frac{9,8 \cdot 0,006^3}{(2,53 \cdot 10^{-5})^2} \cdot \frac{2068 - 0,853}{0,853} = 8186062,5;$$

Параметры воздуха у решетки при 150 °С:

– плотность:

$$\rho_6 = \frac{1,293 \cdot 273}{273 + 150} = 0,835 \text{ кг} / \text{м}^3; \quad (4.28)$$

– вязкость:

$$\mu_t = 17,3 \cdot 10^{-6} \frac{273 + 124}{373 + 124} \left( \frac{373}{273} \right)^{3/2} = 22,1 \cdot 10^{-6};$$

– кинематическая вязкость:

$$\nu_6 = \frac{22,1 \cdot 10^{-6}}{0,853} = 25,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}.$$

Критерий Рейнольдса:

$$\text{Re}_{\max} = \frac{Ar_{\max}}{1400 + 5,22 \cdot \sqrt{Ar_{\max}}}; \quad (4.29)$$

$$\text{Re}_{\max} = \frac{8186062,5}{1400 + 5,22 \cdot \sqrt{8186062,5}} = 501,13;$$

Скорость газа необходимая для оживления частиц максимального размера:

$$v_{\text{кр}(\max)} = \frac{\text{Re}_{\max} \cdot \nu_t}{d_{\max}} = 2,11 \text{ м} / \text{с};$$

Так как  $v_{\text{кр}(\text{от})} > v_{\text{кр}(\max)}$ , то будет иметь место псевдооживление частиц максимального размера.

## 7. Подбор вспомогательного оборудования

$$Q = 3600 \cdot \frac{G}{\rho_H}; \quad (4.30)$$

$$Q = \frac{451,922}{1500} = 0,3 \text{ м}^3 / \text{час};$$

Где  $\rho_H = 1500 \text{ кг} / \text{м}^3$  – насыпная плотность

Для загрузки установки выбираем винтовой питатель типа ПВ-160 со следующими характеристиками.

- производительность – 0,6÷6 м<sup>3</sup>/час,
- диаметр винта – 160 мм,
- диаметр вала – 60 мм,
- мощность привода – 2,2 кВт.

Для разгрузки установки выбираем шлюзовой питатель типа ПШ1-100 со следующими характеристиками:

- производительность – до  $0,54 \div 2,16 \text{ м}^3/\text{час}$ ,
- объем питателя – 1,5 л,
- мощность привода – 0,25 кВт.

Подбор циклона:

Скорость воздуха в циклоне:

$$V = \sqrt{2\Delta P / (\xi \rho)}; \quad (4.31)$$

$$V = \sqrt{2 \cdot 700 / (60 \cdot 1,11)} = 4,6 \text{ м/с};$$

Где  $\xi = 60$  – коэффициент сопротивления циклона типа НЦ-24,

$\Delta P = 700 \text{ Па}$  гидравлическое сопротивление циклона.

Диаметр циклона:

$$D = \sqrt{L / (0,785V\rho)}; \quad (4.32)$$

$$D = \sqrt{1,35 / (0,785 \cdot 4,6 \cdot 0,853)} = 0,71 \text{ м}.$$

Принимаем циклон диаметром 800 мм со следующими размерами:

Таблица 6 – Размеры циклона

диаметр выходной трубы	0,6D	480 мм
ширина выходного патрубка	0,26D	208 мм
высота входного патрубка	0,66D	528 мм
высота цилиндрической части	2,26D	1808 мм
высота конической части	2,0D	1600 мм
общая высота циклона	4,56D	3648 мм

В результате расчет подбираем циклон ЦН15 – 800.

## 7. Гидравлический расчет сушилки

Гидравлическое сопротивление сушильной установки:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{сл}} + \Delta P_{\text{реш}} + \Delta P_{\text{ц}}; \quad (4.33)$$

Где  $\Delta P_{\text{сл}}$  – сопротивление псевдоожиженного слоя,

$\Delta P_{\text{реш}}$  – сопротивление решетки,

$\Delta P_{\text{ц}} = 700$  Па – сопротивление циклона.

$$\Delta P_{\text{цл}} = H(1 - \varepsilon) \cdot (\rho_T - \rho)g; \quad (4.34)$$

$$\Delta P_{\text{цл}} = 0,2(1 - 0,70) \cdot (2068 - 0,853)9,81 = 1216,7;$$

$$\Delta P_{\text{реш}} = \xi \left( \frac{V_p}{f} \right)^2 \cdot \frac{\rho_1}{2}; \quad (4.35)$$

$$\Delta P_{\text{реш}} = 1,75 \left( \frac{2,3}{0,10} \right)^2 \cdot \frac{0,853}{2} =;$$

Где  $f = 0,10$  – коэффициент свободное сечение решетки,

$\xi = 1,75$  – коэффициент сопротивления решетки [2с. 310].

$$\Delta P = 1216,7 + 388 + 700 =;$$

$$\Delta P = 1216,7 + 388 + 700 = 2305 \text{ Па.}$$

## 9. Подбор газодувки

Объемный расход воздуха на выходе:

$$Q = \frac{L}{\rho_2} = \frac{1,35}{0,853} = 1,6 \text{ м}^3 / \text{с};$$

По гидравлическому сопротивлению и объемному расходу выбираем газодувку ТВ-80-1,4, производительность 100 м<sup>3</sup>/мин.

## 10. Конструктивный расчет

Толщина обечайки

$$\delta = \frac{DP}{2\sigma\varphi - p} + C_K; \quad (4.36)$$

$$\delta = \frac{1000 \cdot 0,1}{2 \cdot 138 \cdot 0,8 - 0,1} + 1 = 1,5 \text{ мм};$$

Где  $D = 2,0$  м – диаметр греющей камеры аппарата;

$P = 0,1$  МПа – давление греющего пара;

$\sigma = 138$  МН/м<sup>2</sup> – допускаемое напряжение для стали 20 ГОСТ 1050-88;

$\varphi = 0,8$  – коэффициент ослабления из-за сварного шва;

$C_K = 0,001$  м – поправка на коррозию.

Согласно рекомендациям, принимаем толщину обечайки  $\delta = 8$  мм.

## Фланцы

Соединение обечайки с верхним днищем осуществляется с помощью плоских приварных фланцев по ГОСТ 28759-90, размеры которых приводятся на рисунке:

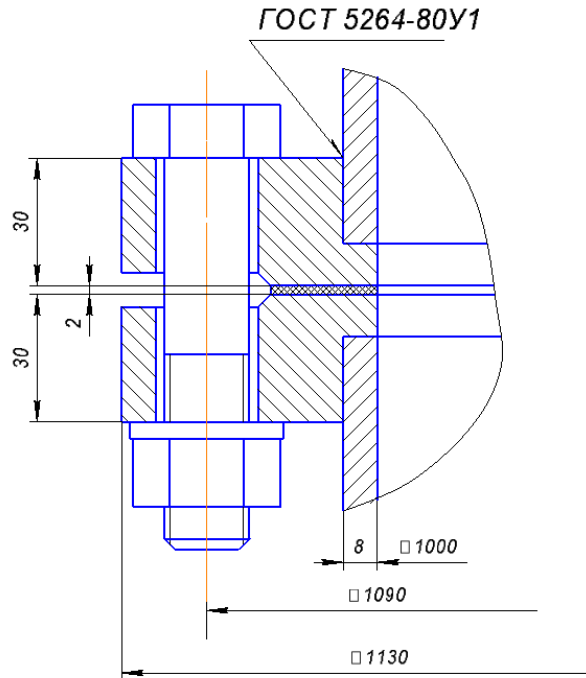


Рисунок 6 – Плоский приваренный фланец

## Днища

Снизу аппарат закрыт плоским стальным неотбортованным днищем по ГОСТ 12622-78, приваренным непосредственно к обечайке, а сверху – коническим отбортованным с углом при вершине 120°

## Штуцера

Диаметр штуцеров рассчитывается по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{G}{0,785w\rho}}; \quad (4.37)$$

Где  $G$  – массовый расход теплоносителя,

$\rho$  – плотность теплоносителя,

$w$  – скорость движения теплоносителя в штуцере.

Принимаем скорость воздуха в штуцере на входе  $w = 20$  м/с, на выходе из сушилки 20 м/с, тогда штуцер для входа воздуха:

$$d = \sqrt{\frac{1,35}{0,785 \cdot 22 \cdot 0,83}} = 0,387 ;$$

Принимаем  $d_1 = 400$  мм;

Диаметр штуцера для выхода воздуха:

$$d = \sqrt{\frac{1,35}{0,785 \cdot 20 \cdot 0,853}} = 0,385 ;$$

$$d_2 = (9,51/0,785 \cdot 25 \cdot 0,853)^{0,5} = 0,384 \text{ м,}$$

Принимаем  $d_2 = 400$  мм;

Все штуцера снабжаются плоскими приварными фланцами по ГОСТ 12820-80, конструкция которых приводятся ниже:

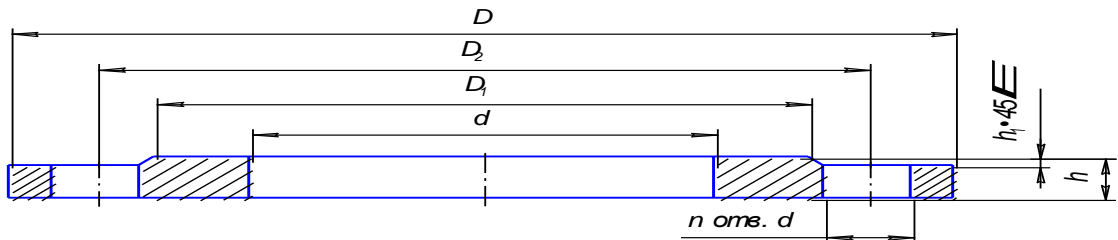


Рисунок 7 – Конструкция штуцера

## 5 План размещения оборудования

Оборудование участка находится на двух отметках: на нулевом уровне и на уровне 4,6 м. Стены здания - железобетонные стеновые панели.

Данное производство относится к категории А по пожаро-взрывобезопасности, т.е. пожары, связанные с горением электроустановок.

Основными габаритными размерами являются длина, ширина и высота оборудования, расположенного в нем.

Необходимые для компоновки здания габаритные размеры аппаратов, приведены в таблице 17.

Таблица 7 – Габаритные размеры основного оборудования

Наименование	Кол-во	Размеры, мм
Печь кипящего слоя	2	D=1000, H=3000
Барабанный вакуумный фильтр	2	D=1600, H= 1800
Сорбционные колоны	4	D=400 ,H=1500
Выпарной аппарат	1	D = 1000; H = 1500
Емкость с H <sub>2</sub> O	1	D = 800; H = 1500
Теплообменник	1	D = 1000; H = 1500
Аппарат получения бикарбоната лития	1	D = 1500; H = 1300
Реактор хлорирования	1	D = 1000; H = 1500
Промежуточный бункер	2	D = 800;H = 1500
Бункер загрузочный	1	H = 1500, L = 1500,

Согласно единым правилам безопасности [14] минимальное расстояние между смежными габаритами машин и аппаратов, и от стен до габаритов оборудования должны составлять:

- 1) на основных проходах не менее 1,5 м;
- 2) на рабочих проходах между стеной и аппаратами не менее 1,5 м;
- 3) на рабочих проходах (между аппаратами) не менее 1,5 м.

Основные элементы здания:

1. Основание.

Устойчивость и прочность любых сооружений зависят от надежности основания и фундамента.

Основанием принято считать слои грунта, которые находятся в сторонах от него и ниже подошвы грунта, берущее нагрузку от сооружения и влияющие на устойчивость фундамента и его перемещения. При проектировании оснований зданий и сооружений надо учитывать множество факторов:

- геологическое и гидрогеологическое строение грунта;
- климатические условия района строительства;
- конструкция сооружаемого здания и фундамента;
- характер нагрузок, действующих на грунт основания, и т.д.

Основания зданий и сооружений под фундаменты делятся на естественными и искусственными.

Естественные основания – называются основания, состоящие из грунта, расположенный ниже уровня относительно фундамента здания и обладающий в своем естественном состоянии требуемой несущей характеристикой для того, чтобы обеспечить допустимую или нужную по равномерности и уровню осадки устойчивость дома.

Искусственные основания – это грунт, который в естественном состоянии не обладает необходимой несущей способностью на данной глубине заложения фундамента здания (примером является, подвижные грунты). Такие основания приходится укреплять искусственным образом. Осадка может быть, как неравномерной, так и равномерной. Когда осадка является равномерной, это означает, что все части здания оседают с одинаковой скоростью и на одинаковом уровне. Наибольшей опасностью для сохранности сооружения или здания является не сама величина осадки, а ее неравномерность.

Фундаментом – это часть сооружения или здания, находящуюся ниже поверхности грунта (на суше) или ниже самого низкого (меженного) уровня воды в водотоке (водоеме) и предназначенную для передачи нагрузок на основание.

Основными требованиями, предъявляемыми к фундаментам, являются:

- прочность;
- устойчивость;



- сопротивляемость влиянию атмосферных условий и отрицательных температур;
- долговечность;
- соответствующая эксплуатационному сроку службы надземной части сооружений и зданий;
- экономичность.

По виду материала фундаменты бывают бетонные, железобетонные, бутобетонные, бутовые, деревянные и кирпичные. Под все стратегические сооружения и здания, строятся железобетонные фундаменты.

При действии на фундаменты неравномерных сжимающих нагрузок наблюдаются наклоны, именуемые кренами. Под воздействием на фундамент вертикальных нагрузок, равномерно сжимающих грунты основания, происходят перемещения зданий и сооружений, называемые осадкой. Воздействие высоких горизонтальных нагрузок может привести к смещениям (сдвиги).

Для предотвращения возможности появления недопустимых кренов, осадок или сдвигов сооружений и зданий фундаменты закладывают на необходимое глубине от поверхности земли, чтобы передать расчетные нагрузки на более прочные грунты.

Глубина заложения фундаментов определяется в зависимости от свойств грунтов, глубины промерзания, уровня грунтовых, капитальности здания и его конструктивных особенностей (наличия подвалов, фундаментов примыкающих зданий и т. п.).

Расчетная глубина заложения фундамента почти всегда больше величины промерзания, свойственной для данной местности, но при этом она не может быть меньше чем 0,5 м.

В качестве фундамента выбираем ленточный сборный фундамент. Он состоит из типовых железобетонных блоков, уложенных на раствор и скрепленных арматурой [15]. Глубина закладки фундамента под несущие стены – 2,5 м. На такую же глубину заложен фундамент стаканного типа под железобетонные балки.

В качестве вертикального каркаса в проектируемом здании используются железобетонные колонны. Основное назначение колонн - поддерживать подкрановые балки и покрытие. Согласно стандарту, железобетонные колонны устанавливаются с шагом кратным 6 м. Поперечное сечение колонн 400х400 мм. Для монтажа колонн применяется фундаментный стакан типа 2ФС (с подошвой) размером 1300 х 1300 мм. Материал колонн и фундаментного стакана - бетон марки 300 [15].

## 2. Наружные стены цеха.

Наружные стены представляют собой самонесущие стены, которые защищают внутреннее помещение здания от воздействия внешней среды. Они передают на фундамент нагрузку собственного веса, но не несут нагрузок от покрытия, крана и так далее. Стены монтируются из панелей, которые крепятся к каркасу. Длина панелей 6 м, ширина 3 м. Материал панелей – пенобетон [14].

## 3. Покрытия.

Покрытие состоит из двух основных частей: несущей и ограждающей.

В качестве настила чаще всего используют крупнопанельные железобетонные плиты, которые опираются непосредственно на несущие конструкции. Утеплитель настилается непосредственно поверх настила. В качестве утеплителя применяется неорганический пенобетон.

Кровля - водоизоляционный слой, который совмещает ограждающие и несущие функции, и служит для защиты здания и покрытия от атмосферных осадков. В качестве настила применяют ребристые крупнопанельные плиты 6 × 3 м. В качестве утеплителя применяют керамзит. Кровля выполняется из рубероида 3 слоев, проклеивается битумной мастикой. Основанием рубероидной кровли служит выравнивающий слой - стяжка из бетона марки М – 300.

## 4. Полы.

Все полы промышленных зданий, в силу специфики производства, должны обладать определёнными качествами. Такие требования диктуются тем, что на полы в производственных зданиях действуют большие нагрузки разного

плана – от движения автотранспорта, людей, а также различные ударные нагрузки, химическое и термическое воздействие и др. Поэтому первое требование к полам промышленных зданий – это повышенная износостойчивость и большая прочность.

Следовательно, в цехе используется бетонная стяжка.

В бытовых и вспомогательных помещениях полы линолеумные (в сухих), в мокрых (душевые и др.) - выкладывается керамической плиткой [14].

#### 5. Окна, двери и ворота.

Освещение естественным светом вспомогательных помещений было осуществлено с помощью отдельных оконных проемов размером 2360×1760 мм под типовые оконные переплеты с двойным остеклением. Размещение и форма окон приняты согласно нормам освещения [14]. Здание освещается искусственными и естественным путями.

Дверь внутренняя принята типовая, состоящая из деревянной коробки и деревянного полотна размером 0,8 × 2 м. Двери между цехом и другими помещениями 1 × 2,5 м.

В здании предусмотрено наличие двойных ворот для въезда и выезда автопогрузчика в цех. Ворота имеют размеры 1,5 × 4 м. Ворота распашные, сделаны из тонкой стали.

Во избежание больших теплотерь отапливаемых зданий и появления в них сквозняков ворота оборудованы воздушно-тепловыми навесами [14].

#### 6. Водоснабжение.

Система водоснабжения промышленного предприятия предназначена для обеспечения его водой для производственных, хозяйственно-питьевых и противопожарных нужд.

Производственный водопровод обеспечивает подачу воды, необходимой для обеспечения улавливания отходящих газов. Качество воды для производственных надобностей определяется соответствующими технологическими требованиями.

Хозяйственно-питьевая вода подается к умывальникам, для уборки помещений. Для обеспечения хозяйственно-бытовых нужд предусмотрен горячий водопровод ( $t \geq 60 \text{ }^\circ\text{C}$ ).

Так же предусмотрен пожарный водопровод. К воде, используемой для пожаротушения не предъявляется ни каких требований и, поэтому пожарный водопровод объединяется с хозяйственным [14].

#### 7. Канализация.

В цехе предусматривается два вида канализаций – бытовая и производственная.

Внутренние сети бытовой канализации (сток из сан. узла, питьевой воды) изготавливают из чугунных труб, сети производственной канализации из керамических труб [14].

Для первичной очистки сточных вод бытовой канализации применяют:

- решетки для задержки крупного мусора;
- песколовки для улавливания песка;
- отстойники.

Затем сточные воды поступают на биологическую очистку.

## **6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

В данной работе рассматривается проект цеха хлорида лития производительностью 2000 тонн в год.

### **6.1 Планирование потребности в человеческих ресурсах**

В этом разделе определяется потребность в трудовых ресурсах по категории персонала и выполняемым функциям. Весь персонал выполняет свою работу в соответствии с должностными инструкциями. В таблице 8 представлен перечень должностей и их характеристики.

Таблица 8 – Перечень должностей и их характеристики

Должность	Кол-во работников	Образование	Стаж работы	Возраст
Руководители				
Начальник цеха	1	Высшее	10	35
Начальник смены	4	Высшее	7	30
Специалисты				
Технолог	1	Высшее	3	30
Основные рабочие				
Аппаратчик	12	Среднее профессиональное образование	2	25
Вспомогательные рабочие				
Электрик	5	Среднее профессиональное образование	2	24
Слесарь по КИПиА	5	Среднее профессиональное образование	2	24
Слесарь	5	Среднее профессиональное образование	2	24
Младший обслуживающий персонал				
Уборщик	2	Не имеет значения	-	-
Табельщик	1	Не имеет значения	-	-

## 6.2 Разработка плана и графика формирования и внедрения инженерного решения

В данном разделе находится производственная программа предприятия, выкладывается подробное описание производственного процесса. Данный раздел должен отражать этапы подготовки, которые представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Этапы подготовки производства

№ п/п	Наименование этапа	Содержание работ
1	Предпроизводственный	- Строительство сооружений и зданий (возможна аренда) - Закупка оборудования и его установка - Обустройство помещений производства - Заключение договоров-намерений на закупку материалов и сырья, энергии, топлива - Проведение переговоров с потребителями на поставку готовой продукции
2	Освоение производственных мощностей на 50%	Отладка технологии производства продукции и внедрение товара на рынок
3	Освоение производственных мощностей на 75%	Расширение рынка сбыта
4	Освоение производственных мощностей на 100%	Освоение новых рынков сбыта Возврат кредитных средств

На основании данных этапов составляем календарный план график мероприятий, который представлен в таблице 10.

Таблица 10 – График производственных мероприятий

Мероприятия	0-ой год	1-ый год	2-ой год	3-ий год
1. Защита проекта перед инвесторами	+			
2. Кредитование	+			
3. Заключение договоров с подрядчиками и поставщиками	+			
4. Поставка оборудования, техники	+			
5. Монтаж и наладка оборудования		+		
6. Заключение договоров с поставщиками сырья, материалов, топлива, энергии		+		
7. Поставка сырья и материалов на склад		+		
8. Заключение договоров на поставки готовой продукции		+		
9. Выход на 50%-ную мощность			+	
10. Освоение мощности на 75%			+	

11. 100%-ное освоение мощности				+
12. Реализация готовой продукции				+
13. Расчеты с кредиторами				+

Требуемые производственные мощности для непрерывного производства рассчитываются следующим образом:

$$M = P_{\text{час}} \cdot T_{\text{эфф}} \cdot n; \quad (6.1)$$

где:  $P_{\text{час}}$  – часовая производительность ведущего оборудования;

$T_{\text{эфф}}$  – эффективное время оборудования;

$n$  – количество однотипного оборудования.

$$T_{\text{эфф}} = T_{\text{н}} - T_{\text{ППР}} - T_{\text{ТО}}; \quad (6.2)$$

где:  $T_{\text{н}}$  – номинальный фонд работы оборудования;

$T_{\text{ППР}}$  – время простоя в ремонтах за расчетный период;

$T_{\text{ТО}}$  – время технологических остановок.

При непрерывном режиме работы номинальный фонд времени равен календарному:  $T_{\text{н}} = T_{\text{к}} = 365 \text{ дней} = 8760 \text{ часов}$ .

Определим  $T_{\text{ППР}}$  по основному аппарату данные представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Время работы между ремонтами и время простоя при ремонте

Время работы между ремонтами, час			Время простоя при ремонте, час		
Капитальный	Средний	Текущий	Капитальный	Средний	Текущий
25280 (3 года)	8760 (1 год)	1440 (2 мес.)	2160 (3 мес.)	400	16

Общее количество ремонтов за ремонтный период:

$$R = \frac{R_{\text{ц}}}{T_{\text{т}}}; \quad (6.3)$$

Где  $R_{\text{ц}}$  – длительность ремонтного цикла;  $T_{\text{т}}$  – пробег оборудования между текущими ремонтами.

$$R = \frac{25280}{1440} = 18 \text{ ремонтов за ремонтный цикл}$$

Длительность ремонтного цикла:

$$\frac{R_{ц}}{T_T} = \frac{25280}{8760} = 3 \text{года};$$

Количество средних ремонтов за ремонтный цикл:

$$R_c = \frac{R_{ц}}{T_T} - 1; \quad (6.4)$$

Где  $T_c$  – пробег оборудования между средними ремонтами;

$$R_c = \frac{25280}{1440} - 1 = 2 \text{ средних ремонта за ремонтный цикл}$$

Количество текущих ремонтов:

$$R_c = \frac{R_{ц}}{T_T} - R_c - 1 = \frac{25280}{1440} - 2 - 1 = 15 \text{ текущих ремонтов}$$

Всего ремонтов в течение расчетного времени:

$$\frac{18}{3} = 6;$$

т. е. 1 средний и 5 текущих ремонтов.

Время на ремонт оборудования в расчетный период:

$$T_{ППР} = 5 \cdot T'_T + T'_{CP} = 5 \cdot 16 + 400 = 480;$$

Время технологически неизбежных остановок:

$$T_{ТО} = T_{OT} + T_{П}; \quad (6.5)$$

где  $T_{oc}$  – время остановки (8 ч);  $T_{п}$  – время пуска (8 ч).

$$T_{ТО} = 8 + 8 = 16 \text{ часов};$$

Эффективный фонд работы оборудования:

$$T_{эфф} = 8760 - 480 - 16 = 8264 \text{ часов} = 345 \text{ дней};$$

Производственные мощности:

$$M = 228,3 \cdot 345 \cdot 1 = 788660;$$

Для определения реального выпуска продукции рассчитывается производственная программа  $N_{год}$  по инвестиционным периодам.

$$N_{год} = K_{им} \cdot M; \quad (6.6)$$

где  $K_{им}$  – коэффициент использования мощности.

Данные по объемам продаж представлены в таблице 22, в таблице план производства продукции формируется в главную очередь исходя из прогнозов



объемов продаж на фоне продаж конкурирующих фирм и на основе сопоставления результатов маркетинговых исследований рынка с производственными возможностями предприятия.

Таблица 12 – Производственная программа выпуска продукции

Наименование показателя	Величина показателей по годам		
	1-ый год	2-ой год	3-ий год
Этапы загрузки мощности, %	10	75	100
Объем производства, тонн в год	1000	1500	2000
Цена за единицу продукции, руб./кг	1800	1800	1800
Объем продаж, тыс.руб.	1800000000	2700000000	3600000000

### 6.3 Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения инженерных решений

Найдем величину капитальных затрат на строительство здания:

$$C_{зд} = (C_{1м^3} \cdot V_{зд}) + C_{от} + C_{вен} + C_{вод} + C_{кан} + C_{осв}; \quad (6.7)$$

где  $C_{зд}$  – стоимость здания;

$C_{1м^3}$  – стоимость одного кубического метра производственного здания составляет примерно 17 тысяч рублей;

$V_{зд}$  – объем здания составляет примерно 11000 м<sup>3</sup>;

Стоимость санитарно-технических работ:

$C_{от}$  – затраты на отопление;

$C_{вен}$  – затраты на вентиляцию;

$C_{вод}$  – затраты на водопровод;

$C_{кан}$  – затраты на канализацию;

$C_{осв}$  – затраты на освещение.

В таблице 23 представлены затраты на санитарно-технические работы.

Таблица 13 – Затраты на санитарно-технические работы

Затраты	Процент от затрат на постройку здания	Цена, руб.
На отопление	5	9350000
На вентиляцию	5	9350000
На водопровод	3	5610000
На канализацию	3	5610000
На освещение	2	3740000
Итого:	18	34020000

$$C_{эд} = 181000000 - 39270000 = 226270000 \text{ рублей};$$

Расходы на оборотные средства представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Потребность в оборотных средствах

Название оборотных средств	Норма расхода на единицу продукции, кг, кВт	Цена за единицу сырья, материалов, энергии, руб.	Кол-во оборотных средств на весь годовой выпуск, кг, кВт	Затраты на оборотные средства, руб.
1) Сырье				
– Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2,5	200	2500000	400000000
– Cl <sub>2</sub>	10,8	64	1080000	1382400000
– H <sub>2</sub> O	8,3	33	164600	6800000
2) Электроэнергия	82	2,7	164000000	442800000
Итого				1872000000

Для организации цеха необходима закупка оборудования, которое представлено в таблице 15.

Таблица 15 – Стоимость оборудования

№	Наименование оборудования	Кол.	Стоимость, тыс.руб.
2	Валковая мельница	1	350
3	Сорбционные колонны	4	250
4	Барабанный вакуум - фильтр	2	200

5	Теплообменник	1	400
6	Выпарной аппарат	1	500
7	Емкость с мешалкой для получения гидрокарбоната лития	1	1000
8	Емкость с мешалкой для хлорирования карбоната лития	1	1000
9	Печь кипящего слоя	2	1200
10	Емкость с H <sub>2</sub> O	2	90
11	Насос	4	36
12	Бункер хранения	3	500
13	Баллон с хлором	2	15
14	Баллон с углекислым газом	1	15
15	Газодувка	1	80

Итого стоимость оборудования составит 8999000 рублей.

Дополнительно нужно учесть затраты на монтаж и установку оборудования. В таблице 16 представлены нормативы на наладку и монтаж оборудования.

Таблица 16 – Расходы на монтаж и наладку производственного оборудования

Наименование нормативов	% от стоимости оборудования	Затраты, руб.
1. На стройку фундаментов	10	899900
2. На технологические трубопроводы	20	1799800
3. На антикоррозионные работы	5	449950
4. На кабельные разводки	5	449950
5. На КИПиА	10	899900
6. На монтаж оборудования	22	1979780
7. На вспомогательное оборудование	5	449950

Итого расходы на монтаж и наладку оборудования составят 6929230 рублей.

Для расчёта численности рабочих необходимо определить и установить годовой фонд времени одного среднесписочного рабочего. В непрерывных производствах с 8-часовым рабочим днем работа осуществляется четырьмя производственными бригадами. Сменность бригад отображена в таблице 17.

Таблица 17 – График сменности бригад

№ смены	Часы работы	Дни месяца															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0-8	А	А	А	А	Б	Б	Б	Б	В	В	В	В	Г	Г	Г	Г
2	8-16	В	Г	Г	Г	Г	А	А	А	А	Б	Б	Б	Б	В	В	В
3	16-24	Б	Б	В	В	В	В	Г	Г	Г	Г	А	А	А	А	Б	Б
Отдых:		Г	В	Б	Б	А	Г	В	В	Б	А	Г	Г	В	Б	А	А

Где А,Б,В,Г – бригады.

Длительность сменоборота:

$$T_{CM} = n_b \cdot T_M; \quad (6.8)$$

Где  $n_b$  – число бригад;

$T_M$  – число дней, когда бригада ходит в смену (4 дня).

$$T_{CM,OB} = 4 \cdot 4 = 16 \text{ дней};$$

За длительность сменоборота бригада отдыхает 4 дня, за год 91 день. Таким образом, на одного среднесуточного рабочего приходится 91 выходной день. Составим баланс рабочего времени среднесуточного рабочего, с целью определения фонда рабочего времени.

В таблице 18 представлен баланс эффективного времени одного среднесписочного работника.

Таблица 18 – Баланс рабочего времени среднесписочного работника

№ п/п	Показатель	Дни	Часы
1	Календарное число дней	365	8760
2	Нерабочие дни, выходные	91	2184
3	Номинальный фонд рабочего времени	274	6576
4	Планируемые выходные:		
	А) очередные и дополнительные отпуска	24	576
	Б) по болезни	12	288
	В) выполнение общественных обязанностей	1	24
	Г) отпуск в связи с учебой	14	336
	ИТОГО:	51	1224
6	Эффективный фонд рабочего времени	223	5352

Эффективный фонд рабочего времени составит:

$$T_{\phi} = 228 \cdot 8 = 1784 \text{ часа};$$

Численность производственных рабочих определяется исходя из прогрессивных норм обслуживания при полном обеспечении рабочими всех мест. Число рабочих мест определяется исходя из необходимых точек наблюдения и операций обслуживания процесса, а также объёма работы на управление каждым участком.

Определим явочное число основных рабочих в сутки:

$$N_{ЯВ} = \frac{1}{N_{ОБС}} \cdot n \cdot S; \quad (6.9)$$

Где  $N_{ОБС}$  – норма обслуживания, т.е. количество оборудования, которое обслуживает один человек;

$n$  – количество установок;

$S$  – количество смен в сутки.

$$N_{ЯВ} = \frac{1}{3} \cdot 5 \cdot 3 = 5 \text{ чел}; \quad (6.10)$$

Для определения списочной численности рабочих воспользуемся следующим соотношением:

$$N_{СП} = N_{ЯВ} \cdot \frac{T_{ЭФ.РАБ}}{T_{ЭФ.РАБ}}; \quad (6.11)$$

$T_{ЭФ.об}$  – эффективный фонд времени работы оборудования;

$T_{ЭФ.раб}$  – эффективный фонд рабочего времени персонала.

$$N_{СП} = 5 \cdot \frac{337}{223} = 8 \text{ чел};$$

С учётом специфики цеха и приборного оформления к вспомогательным рабочим будет отнесён дежурный персонал в составе дежурного слесаря, дежурного электрика и дежурного работника КИПиА. Списочное число рабочих дежурного персонала:

$$K_{ПЕР} = \frac{T_{РАБ.ОБ}}{T_{РАБ.ДН}} = 1,51 \text{ чел};$$

$$N_{ЯВ} = \frac{1}{5} \cdot 5 \cdot 3 = 3 \text{ чел / су};$$

$$H_{СП} = H_{ЯВ} \cdot K = 3 \cdot 1,51 = 5 \text{ чел};$$

Расчет численности специалистов, руководителей и служащих производится в связи с потребностью цеха в каждой группе работников. Обобщим все полученные значения в таблице 19.

Таблица 19 – Численность руководителей, специалистов и служащих

Категория персонала	Норма обслуживания, $H_{обс}$	Число смен в сутки, $S$	Явочная численность, $H_{ЯВ}$	Списочная численность, $H_{СП}$
Основные рабочие	3	3	5	8
Вспомогательные рабочие	4	3	3	5
ИТР	-	-	1	1
Служащие	-	-	1	1
МОП	-	-	1	1
Руководители	-	-	1	1

## 6.4 Расчет годового фонда заработной платы

### 6.4.1 Расчет заработной платы основных рабочих

Расчетный фонд заработной платы (ЗП) складывается из основной и дополнительной заработной платы.

Основной фонд (ЗП):

$$Z_{осн} = Z_{тар} \cdot D_{прем} \cdot D_{нв} \cdot D_{пр}; \quad (6.12)$$

Где  $Z_{тар}$  – тарифный фонд;

$D_{прем}$  – доплата премий;

$D_{нв}$  – доплаты за ночные смены;

$D_{пр}$  – доплата за работу в праздничные дни.

Тарифный фонд:

$$Z_{тар} = H_{сн} \cdot T_{ст} \cdot T_{эф}; \quad (6.13)$$

Где  $T_{ст}$  – тарифная ставка соответствующего разряда рабочего

$T_{ст}$  для 6 – го разряда – 75 руб./час;

$$Z_{тар} = 8 \cdot 1780 \cdot 75 = 1070400;$$

В ночное время доплата за работу осуществляется отчислением 40% от тарифной ЗП:

$$D_{\text{НВ}} = H_{\text{СП}} \cdot 0,4 \cdot (T_{\text{СТ}} \cdot t_{\text{НВ}});$$

Где  $t_{\text{НВ}}$  – время ночной работы (определяется по графику сменности).

$$D_{\text{НВ}} = 8 \cdot 0,4 \cdot (75 \cdot 81 \cdot 8) = 155520;$$

Доплата премий – 30% от тарифной ЗП:

$$D_{\text{прем}} = 0,3 \cdot Z_{\text{тар}} = 0,3 \cdot 1070400 = 321120 \text{ руб};$$

Доплата за работу в праздничные дни.

Принято 12 праздничных дней в году. Доплата в праздничные дни осуществляется по двойным тарифным ставкам:

$$D_{\text{пр}} = H_{\text{яв}} \cdot T_{\text{ст}} \cdot T_{\text{пр}}; \quad (6.14)$$

Где  $T_{\text{пр}}$  – количество праздников в году;

$$D_{\text{пр}} = 12 \cdot 24 \cdot 150 \cdot 8 = 345600;$$

$$Z_{\text{осн}} = 1070400 + 31120 + 155520 + 321120 = 1868160 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{доп}} = \dots \frac{D_{\text{Н}} \cdot Z_{\text{осн}}}{T_{\text{эф}}} = \frac{36 \cdot 18681160}{1784} = 37698 \text{ руб};$$

Где  $D_{\text{Н}}$  – количество дней невыхода на работу по планируемыми причинам (отпуск, ученические и т.д)

Годовой фонд заработной платы основных рабочих:

$$Z_{\text{общ}} = 1,3 \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 2477615.$$

#### 6.4.2 Расчет заработной платы вспомогательных рабочих

Расчет фонда заработной платы вспомогательных рабочих находится, как и фонд заработной платы основных рабочих по формуле 5.13.

Тарифный фонд:

$$Z_{\text{ТАР}} = H_{\text{СП}} \cdot T_{\text{СТ}} \cdot T_{\text{ЭФ}}; \quad (6.15)$$

где  $T_{\text{СТ}}$  – тарифная ставка соответствующего разряда рабочего

$T_{\text{СТ}}$  для 5 – го разряда – 70 руб./час;

Зарплата по тарифным ставкам рабочих 5 разряда:

$$Z_{ТАР} = 5 \cdot 1780 \cdot 70 = 624400;$$

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

$$D_{НВ} = H_{СП} \cdot 0,4 \cdot T_{СТ} \cdot t_{НВ}; \quad (6.16)$$

Где  $t_{НВ}$  – время ночной работы (определяется по графику сменности)

$$D_{НВ} = 5,0,4 \cdot (70 \cdot 81 \cdot 8) = 90720;$$

Доплата премий – 30% от тарифной ЗП:

$$D_{ПРЕМ} = 0,3 \cdot Z_{ТАР} = 0,3 \cdot 624400 = 187320;$$

Доплата за работу в праздничные дни.

Принято 12 праздничных дней в году. Доплата в праздничные дни осуществляется по двойным тарифным ставкам:

$$D_{ПР} = T_{ПР} \cdot T_{СТ} \cdot H_{ЯВ}; \quad (6.17)$$

Где  $T_{ПР}$  – количество праздников в году;

$$D_{ПР} = 12 \cdot 24 \cdot 140 \cdot 5 = 201600 \text{ руб};$$

$$Z_{ОСН} = 624400 \cdot 90720 \cdot 187320 \cdot 201600 = 1104040 \text{ руб};$$

Рассчитаем дополнительную зарплату.

$$Z_{ДОП} = \frac{D_{Н} \cdot Z_{ОСН}}{T_{ЭФ}} = \frac{36 \cdot 1104040}{1784} = 22279 \text{ руб};$$

Где  $D_{Н}$  – количество дней невыхода на работу по планируемыми причинам (отпуск, ученические и т.д).

Годовой фонд заработной платы вспомогательных рабочих:

$$Z_{ОБЩ} = 1,3 \cdot (Z_{ОСН} + Z_{ДОП}) = 1,3 \cdot (1104040 + 22279) = 1464215.$$

### **6.4.3 Расчет заработной платы служащих, руководителей и специалистов**

Оклады служащих, руководителей и специалистов устанавливаются в зависимости от категории цеха.

- 1) Технолог – 38000 руб.
- 2) Начальник цеха – 50000 руб.



- 3) Начальник смены – 35000 руб.
- 4) Табельщик – 15000 руб.
- 5) Уборщица – 9000 руб.

Фонд ЗП вычисляем путем умножения числа штатных единиц на их месячный оклад и на число месяцев работы в году. Число месяцев работы в году для руководителей и специалистов принимаем равным 11 месяцев, для служащих принимаем 11,3 месяца.

$$\Phi_{осн} = 1 \cdot 11 \cdot 38000 + 1 \cdot 11 \cdot 50000 + 4 \cdot 11 \cdot 35000 + 11,3 \cdot 15000 + 11,3 \cdot 9000 = 2779200.$$

Основная заработная плата вычисляется по формуле:

$$З_{осн} = З_{тар} + Д_{пр}; \quad (6.18)$$

Найдем основные зарплаты для служащих, руководителей и специалистов:

$$Д_{пр} = Н_{яв} \cdot \frac{T_{отк}}{26,5} \cdot T_{пр}; \quad (6.19)$$

где  $T_{пр}$  - количество праздничных дней в году 12;

$$З_{осн} = 2779200 + 17207,55 + 22641,51 + 63396,226 + 6792,453 + 4075,472 = 2893313,2;$$

Дополнительная заработная плата принимается в размере 10 – 12% от основной ЗП:

$$З_{доп} = 2893313,2 \cdot 0,1 = 289331,32;$$

Годовой фонд заработной платы:

$$\Phi_{ЗП} = 1,3 \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 1,3 \cdot (2893313,2 + 289331,32) = 3182644,5 \text{ руб.}$$

Общий фонд заработной платы:

$$\Phi_{общ} = З_{осн.РАБ} + З_{всп.РАБ} + З_{ИТР.И.МОП} = 2477615 + 1464215 + 3182644,5 = 7124474,5 \text{ руб.}$$

Затраты связанные с организацией труда и техникой безопасности принимаются как 5 % от полного годового фонда заработной платы:

$$З_{отздп} = 7124474,5 \cdot 0,05 = 356223,7 \text{ руб / год};$$

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

$$З_{отсцп} = 7124474,5 \cdot 0,3 = 2137342,35 \text{ руб / год.}$$

## 6.5 Расчет амортизационных отчислений

Сумма амортизационных отчислений (АО) определяется по формуле:

$$AO = C_{\text{оф}} \cdot \frac{H}{100\%}; \quad (6.20)$$

где  $C_{\text{оф}}$  – среднегодовая стоимость основных фондов, руб.;

$H$  – норма амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов, 10 % к их балансовой стоимости.

$$AO = (8999000 + 226270000) \cdot \frac{10}{100\%} = 235269000 \text{ руб} / \text{год};$$

Ремонтный фонд активной части основных средств составляет 15 % от стоимости оборудования:

$$\Phi_{\text{т.р}} = 8999000 \cdot 0,15 = 1349850 \text{ руб} / \text{год};$$

Расходы на содержание составляют 5 % от стоимости оборудования:

$$З_{\text{сод}} = 8999000 \cdot 0,05 = 449950 \text{ руб} / \text{год};$$

Расходы на освещение помещения определяются по формуле:

$$З_{\text{осв}} = \left( \frac{40 \cdot n \cdot M \cdot t}{1000} \right) \cdot Ц; \quad (6.21)$$

где 40 – мощность одной лампы ЛД40 (Вт);

$n$  – количество ламп ЛД40;

$M$  – количество часов искусственного освещения в сутки;

$T$  – число дней работы производства в году.

$Ц$  – стоимость 1 кВт·часа электроэнергии.

$$З_{\text{осв}} = \left( \frac{40 \cdot 101 \cdot 24 \cdot 365}{1000} \right) \cdot 2,6 = 92015 \text{ руб}.$$

Затраты на вентиляцию помещения рассчитываются:

$$З_{\text{осв}} = \left( \frac{0,5 \cdot B \cdot K \cdot T_{\text{кал}}}{1000} \right) \cdot Ц; \quad (6.22)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – календарный фонд времени (час);

$B$  – внутренний объем помещения;

$K$  – кратность обмена воздухом;

0,5 – норма расхода электроэнергии.

$$Z_{OCB} = \left( \frac{,05 \cdot 345 \cdot 3 \cdot 24 \cdot 365}{1000} \right) \cdot 2,6 = 11790 \text{ руб};$$

Затраты на отопление помещения определяются следующим образом:

$$Z_{OT} = (a \cdot T \cdot B) \cdot Ц; \quad (6.23)$$

где  $a$  – количество тепла на 1 м<sup>3</sup> помещения, кВт;

$B$  – объем отапливаемого помещения;

$T$  – продолжительность отапливаемого сезона в Сибири;

$Ц$  – стоимость 1 кВт·час электроэнергии.

$$Z_{OCB} = (0,041 \cdot 345 \cdot 24 \cdot 230) \cdot 2,6 = 203009 \text{ руб};$$

Сведем все полученные затраты в таблицу 30, для определения плановой себестоимости продукции в форме калькуляции себестоимости на единицу продукции и на годовой ее выпуск.

Таблица 20 – Калькуляция себестоимости на 1 кг продукции и годовой выпуск

Наименование статей расхода	Ед. изм.	Затраты, руб.	
		На 1 кг	На N <sub>год</sub>
1	2	3	4
Сырье	кг	714,6	1429200000
Энергия на технологические цели	кВт	221,4	442800000
Заработная плата основных рабочих	Руб.	1,23	2477615
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования (РСЭО)	Руб.	0,25	449950
Амортизация активной части основных фондов (АЧОФ)	Руб.	11,76	23526900
Затраты на ремонт АЧОФ	Руб.	0,68	1349850
Заработная плата вспомогательных рабочих	Руб.	0,73	1464215
Заработная плата ИТР, служащих, МОП	Руб.	1,59	3182644,500
Отчисления на социальные нужды	Руб.	0,356	712447,500
Охрана труда и техника безопасности	Руб.	0,18	356223,700
Вентиляция помещений	Руб.	0,005	11790
Отопление помещений	Руб.	0,101	203009
Освещение помещений	Руб.	0,05	92015
Полная себестоимость	Руб.	403	1084626660
Условно-переменные затраты	Руб.	936	1050800000
Условно-постоянные затраты	Руб.	16,913	33826660

Вычисление точки безубыточности производится по формуле:

$$Q_{ТБ} = \frac{З_{ПОСТ}}{Ц_i - З_{ПЕР}}; \quad (6.24)$$

где:  $З_{ПОСТ}$  – постоянные затраты на весь выпуск продукции, руб.

$З_{ПЕР}$  – переменные затраты на единицу продукции, руб./кг

$Ц_i$  – цена единицы продукции, руб./кг

Таким образом, точка безубыточности равна следующему объему продаж:

$$Q_{ТБ} = \frac{33826660}{1800 - 403} = 24214 \text{ кг / год.}$$

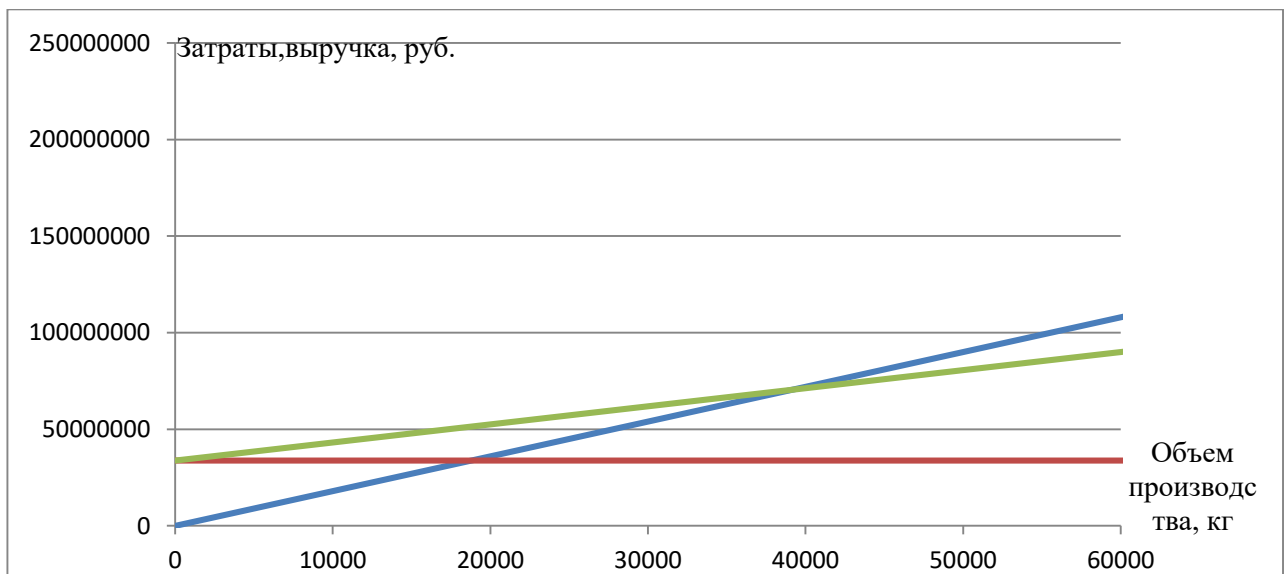


Рисунок 6 - Точка безубыточности

Вывод: Технологическая себестоимость за 1 кг хлорида лития составила 403 руб. Цена продукта на рынке составляет 1800 рублей. На основании анализа безубыточности можно сделать вывод о том, что критический объем производства составляет 24214 кг хлорида лития в год. При производстве металлического лития в количестве 2000 тонн в год прибыль предприятия составит 1694173340 руб.

## **7 Социальная ответственность**

### **7.1 Общая характеристика производства**

В проектируемом цехе получения хлорида лития основными процессами являются: процесс очистки карбоната лития от примесей, хлорирование карбоната лития в реакторе кипящего слоя, процесс упаривание хлорида лития и его последующая сушка в реакторе кипящего слоя.

Согласно ГОСТ 12.0.003 – 2015. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». На производстве хлорида лития возникает ряд факторов, связанных с опасностью для здоровья и жизни человека:

– связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего: температурой и относительной влажностью воздуха, скоростью движения (подвижностью) воздуха относительно тела работающего, а также с тепловым излучением окружающих поверхностей, зон горения, фронта пламени, солнечной инсоляции;

– связанные с чрезмерным загрязнением воздушной среды в зоне дыхания, то есть с аномальным физическим состоянием воздуха (в том числе пониженной или повышенной ионизацией) и (или) аэрозольным составом воздуха.

– связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризуются: повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума;

– связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий, включая действие молнии и высоковольтного разряда в виде дуги, а также электрического разряда живых организмов;

– связанные со световой средой (некогерентными неионизирующими излучениями оптического диапазона электромагнитных полей) и характеризуются чрезмерными (аномальными относительно природных

значений и спектра) характеристиками световой среды, затрудняющими безопасное ведение трудовой и производственной деятельности [1].

Помимо вышеперечисленных вредных и опасных производственных факторов следует рассмотреть вопросы об охране окружающей среды, так как в ходе технологического процесса выделяются газообразные отходы, которые сбрасываются в атмосферу.

Наиболее возможными являются чрезвычайные ситуации техногенного характера. Могут возникнуть чрезвычайные ситуации вследствие нарушения технологического режима, использования неисправного оборудования, а также возникновении местных аварий на определенном участке технологического процесса.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что для учета интересов всех заинтересованных сторон, необходимо руководствоваться законодательными и нормативными документами по описанным выше опасным и вредным факторам.

## 7.2 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды

### 7.2.1 Опасность поражения дыхательных путей и кожных покровов химическими реагентами

В технологическом процессе производства хлорида лития особой чистоты применяются следующие вещества: газообразный хлор, карбонат лития, хлорид лития, углекислый газ. В таблице 1.1 отражены ПДК и класс опасности веществ, участвующих в технологическом процессе получения особо чистого хлорида лития.

Основные свойства сырья и реагентов по токсичности приведены в таблице 1.1[2].

Таблица 1.1 – Основные свойства сырья и реагентов по токсичности

Наименования сырья, реагентов, продукции	Формула	Класс опасности	ПДК рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>
Карбонат лития	Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1	0,02
Хлорид лития	LiCl	1	0,02
Хлор	Cl <sub>2</sub>	2	1,00
Углекислый газ	CO <sub>2</sub>	4	2700/3000
Хлорид натрия	NaCl	1	0,02
Хлорид кальция	CaCl <sub>2</sub>	1	0,02
Оксид железа	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4	6
Оксид магния	MgO	4	4

Высокая химическая активность хлорида лития, его токсичные свойства обязуют принять необходимые меры предосторожности как при работе с гранулированным сухим хлоридом лития, так и с его раствором. Попадание солей лития на кожу или в глаза, вызывает ожоги кожных покровов и слизистой

оболочек глаза. Соли лития попадая в организм человека, могут вызвать ряд неблагоприятных явлений, это связано токсичными действием лития. Признаками хронического отравления литием является общая слабость, потеря аппетита и отвращение к пище, головокружение, боль при глотании, замедление сердечной деятельности, сонливость, дрожь, повышение осязательной и болевой чувствительности, а также мышечной возбудимости. Выше перечисленные симптомы указывают на то, что лития негативно влияет на центральную нервную систему.

При получении хлорида лития исходным материалом является карбонат лития. При попадании карбоната лития на слизистую оболочку глаза может вызвать серьезное раздражение, при попадании на кожные покровы вызывает химические ожоги.

Выделяющийся в процессе получения хлорида лития и гранулирования хлорида лития хлор, является сильным отравляющим веществом, вызывает удушье, отдышку, синюшность кожи, затрудненное дыхание, шумное дыхание, отек глаз и кожи, потерю сознания, вызывает тяжелое отравление, поражение верхних дыхательных путей и поверхности легких, что может привести к смертельному исходу.

Рабочий персонал, в зависимости от класса и вида работ, уровня и характера загрязнения воздуха, использования оборудования, где также возможен непосредственный контакт с опасными реагентами и продуктами производства, обеспечиваются средствами индивидуальной защиты.

К средствам индивидуальной защиты (СИЗ) при работе с соединениями лития и используемыми реагентами (хлор, диоксид углерода) относятся:

– спецодежда повседневного применения (костюмы ГОСТ 29057–91 [3] – защиты от нетоксичной пыли; ГОСТ 27652–88 [4] – для защиты от кислот, ГОСТ 27653–88 [5] – для защиты от механических воздействий, воды и щелочей; халаты, нательное белье) и спецодежда кратковременного использования (из нетканых материалов – комбинезоны и костюмы; из пленочных материалов и



материалов с полимерным покрытием – полухалаты, полукombineзоны, фартуки, чехлы, бахилы и т.д.);

– средства защиты органов дыхания – респираторы – ГОСТ 12.4.028–76 [6]; противогазы промышленные фильтрующие – ГОСТ 12.4.121–83 [7];

– спецобувь – ГОСТ 12.4.127–83 [8](основная дезактивируемая спецобувь, сапоги специальные резиновые формовые, защищающие от воды, нефтяных масел и механических воздействий – ГОСТ 12.4.072–79 [9]);

– средства защиты глаз – ГОСТ 12.4.153–85 [11] (защитные очки).

– средства защиты рук – ГОСТ 12.4.010–75 [10] (резиновые перчатки и хлопчатобумажные перчатки, рукавицы и т.д.)

При работе с токсичными и вредными веществами запрещено допускать персонал к работе без спецодежды и защитных средств.

При проектировании оборудования для работы получения хлорида лития обязательным условием является возможность быстрого удаления растворов лития в случае аварии без применения давления. Для этого система оборудуется сливным резервуаром, смонтированным в ее самой нижней точке так, чтобы раствор мог стекать самотеком. Помимо этого, нужно предусмотреть возможность аварийного сброса избыточного давления в системе.

Чтобы не допустить контакта раствора лития с бетонным полом в случае его выброса, установку оборудуют стальными поддонами. В целях защиты оборудования и обслуживающего персонала установку с раствором хлорида лития и его соединений ограждают или размещают в изолированном бункере. Помещения, в которых производятся работы с литием, оборудуют приточно-вытяжной вентиляцией, которую выключают во время разборки установок [12].

Необходимые меры предосторожности должны быть приняты при чистке оборудования от следов лития. При промывке системы водой или спиртом выделяется газообразный водород, образующий с воздухом взрывоопасные смеси, поэтому в помещении, где производится промывка установки, нельзя проводить никаких работ с открытым огнем.

## 7.2.2 Мероприятие по защите от производственного шума и вибрации

Основными источниками шума в проектируемом цеху являются электродвигатели механических перемешивающих устройств, вентиляционная система, кондиционеры, осветительные приборы [13].

Согласно ГОСТ 12.1.003–2014 уровень звукового давления в данном производственном помещении не должен превышать 80 дБ, а ожидаемый уровень шума от вентиляционной системы здания не должны превышать допустимое значение звукового давления равному 85 дБ [14].

Основными мероприятиями по защите от шума является [15]:

- плавное соединение воздуховодов с вентиляционным агрегатом с помощью переходов и гибких вставок;
- установка вентагрегатов в отдельных выгороженных помещениях – венткамерах, расположенных в удаленных от рабочих мест частях здания;
- подбор диаметров воздуховодов по средним скоростям в магистральных воздуховодах для уменьшения сопротивления сети (4–8) м/с;
- монтаж насосов и химического оборудования беспрокладочным методом с применением установочных винтов, удаляемых после подливки. Исключаются жёсткие связи между виброизолируемым агрегатом и строительными конструкциями. Питание к электродвигателям подведено гибкими кабелепроводами.

Средства индивидуальной защиты от шума [15]:

- применение противозумных наушников, закрывающих ушную раковину снаружи;
- применение противозумных вкладышей, перекрывающих наружный слуховой проход или прилегающие к нему;
- противозумные шлемы и каски;
- противозумные костюмы.

Производственная вибрация может быть местной и общей. Местную вибрацию создают ручные машины ударного, ударно-вращательного действия.

К источникам технологической вибрации в цехе относятся: электрические машины, оборудование, установки, насосы, вентиляторы и другие технологические агрегаты.

Допустимые значения технологической вибрации рабочих мест составляют: виброскорость – 92 дБ; виброускорение – 58 дБ [12].

Для устранения вибрации от устройств, их устанавливают на специальные платформы, снижающие уровень вибрации. Средствами индивидуальной защиты от вредного воздействия вибрации являются специальные перчатки, рукавицы, обувь. Рабочие места расположены вдали от источников вибрации [12]

### **7.2.3 Производственное освещение**

Одним из обязательных условий безаварийной работы на химических предприятиях является непрерывное наблюдение за показаниями контрольно-измерительных приборов, за механизмами и аппаратурой, трубопроводами, что неосуществимо без правильного освещения. Недостаточная или неправильная освещённость территории, дорог, установок, подходов к аппаратам и лестничным пролётам может привести к падениям работающих и к несчастным случаям [16].

Естественное освещение создаётся в производственных помещениях через оконные и другие остеклённые проёмы. Искусственное освещение создаётся светильниками и может быть: общее, предназначенное для освещения всего рабочего помещения, местное, освещающее только рабочее место, и комбинированное, состоящее из общего и местного освещения.

В таблице 1.2 представлены нормы освещённости и класс зрительных работ для разных видов помещений цеха [17].

Таблица 1.2 – Нормы освещенности и класс зрительных работ для разных видов помещений цеха

Вид производственных помещений	Класс зрительных работ	Нормы освещенности, лк
Производственные помещения для постоянной работы на установках	Средней точности	Не менее 300
Склады и кладовые помещения	Очень малой точности	Не менее 100
Гардероб, умывальные и ваннные комнаты, туалеты	Малой точности	Не менее 200
Операторские и помещения для точных измерений	Высокой точности	Не менее 500

В производственных помещениях химических заводов включается аварийное освещение на тот случай, если внезапно прекратится действие основного рабочего освещения. По своему назначению аварийное освещение подразделяется на два вида: для эвакуации людей из помещения и для продолжения работ. Аварийное освещение для эвакуации людей должно обеспечить освещённость на полу по линии основных проходов не менее 30 лк.

#### **7.2.4 Мероприятия по выполнению норм микроклимата**

Вентиляция является важным средством создания оптимальных условий на химических производствах. Для производственных условий в большинстве случаев характерно суммарное действие климатических факторов помещения.

Климатические условия производственных помещений складываются из температуры воздуха, его влажности и скорости движения воздуха. Климатические условия оказывают значительное влияние на самочувствие человека, его работоспособность и здоровье. По тяжести работы, производимые в зоне производственного помещения, относятся к работам средней тяжести.

Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата приведены в таблице 1.3 и таблице 1.4 [18,19].

Таблица 1.3 – Оптимальные параметры микроклимата

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный	22–24	40–60	0,1
Теплый	23–25	40–60	0,1

Таблица 1.4 – Допустимые параметры микроклимата

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный	20,0–21,9	15–75	0,1
Тёплый	20,0–21,9	15–75	0,1

Мероприятия по нормализации параметров микроклимата:

- тепло исходящее от оборудования, установленного на открытых площадках;

- в цехе существуют места для отдыха рабочих;

- для предупреждения простудных заболеваний у входа в цех оборудованы тамбуры и защитные стенки, которые нужны для предохранения от сквозняков, воздушные тепловые завесы устанавливаются для защиты рабочих помещений от проникновения больших масс холодного воздуха [20].

- зимой температура поддерживается за счёт батарей центрального отопления.

Таким образом, микроклимат в проектируемом цеху соответствует всем нормам согласно с ГОСТ 12.1.005-88 [18] и СН 245-71 [19].

## **7.3 Анализ опасных факторов, проектируемой производственной среды**

### **7.3.1 Электробезопасность**

На проектируемом производстве предполагается использование сетей, напряжением 220 и 380 В. В качестве тоководов планируется применение проводов и кабелей с поливинилхлоридной или резиновой изоляцией.

Проектируемый цех относится к первому классу электробезопасности (помещения без повышенной опасности), т.к. соблюдается условия: температура ниже 35 °С, влажность ниже 75 %, наличие заземления [21].

Основные причины поражения электрическим током на производстве:

- случайное прикосновение к токоведущим частям, находящимся под напряжением;
- прикосновение к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением;
- соприкосновение с полом, стенами и другими конструктивными деталями помещений, которые могут оказаться под напряжением;
- поражение через электрическую дугу при приближении к открытым токоведущим частям;
- при коротком замыкании.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности электроустановок заданного цеха:

- недоступность токоведущих частей аппаратуры (заключение токоведущих и электропоражающих частей);
- покрытие металлических поверхностей инструментов надежной изоляцией;
- заземление корпусов всех установок через нулевой провод;
- вывешивание плакатов, указывающих место работы;

– отключение напряжения с токоведущих частей, на которых или вблизи которых будет проводиться работа, и принятие мер по обеспечению невозможности подачи напряжения к месту работы.

В проектируемом цеху к индивидуальным средствам защиты от поражения электрическим током относятся:

а) Основные – оперативные штанги и токоизмерительные клещи, диэлектрические перчатки, инструмент с изолирующими ручками и указателем напряжений;

б) Дополнительные – диэлектрические галоши, коврики. Как дополнительная изоляция используется спецодежда рабочего [22].

Соблюдение представленных требований позволяет не допускать несчастных случаев, связанных с поражением электрическим током, а также уменьшается вероятность преждевременного выхода оборудования из рабочего состояния.

### **7.3.2 Пожарная безопасность**

Пожарная профилактика представляет собой единый комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на предупреждение и локализацию пожаров и взрывов.

Возможные причины возгорания на участке:

- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- работа с открытой электроаппаратурой;
- короткое замыкание в блоке питания;
- наличие горючих материалов: предметы на основе дерева, бумажные изделия, изоляционные материалы.

В проектируемом цехе производства хлорида лития необходимо соблюдать следующие правила пожарной безопасности для предупреждения возгораний вследствие коротких замыканий.

- правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);
- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- надлежащее содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения – предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);
- обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;
  - издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;
  - соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;
  - правильное размещение оборудования;
  - своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования [23].

Первичные средства пожаротушения и их местоположение должны быть согласованы с органом пожарного надзора.

Для того, чтобы не препятствовать эвакуации людей, пожарные щиты с набором необходимого инвентаря, а также ящики для песка  $V=1,0 \text{ м}^3$  расположены на выходе из помещения.

На предприятиях широко применяют установки водяного, пенного, парового, газового и порошкового пожаротушения [24]. В проектируемом цеху к средствам тушения пожаров на начальной стадии относятся огнетушители (углекислотные, порошковые), внутренние пожарные краны, песок, кошмы.

В случае возникновения пожара в проектируемом цехе необходимо немедленно отключить подачу реагентов, электрический ток, охладить место возгорания струей огнетушителя. Необходимо предусмотреть автоматическое отключение подачи компонентов и остановку системы по аварийному режиму [25].



## 7.4 Охрана окружающей среды

В рассматриваемой технологической цепочки в окружающую среду могут выделяться газообразный хлор, углекислый газ, а также твердые отходы: хлорид натрия, оксид магния, хлорид кальция, оксид железа которые в свою очередь утилизируются.

Загрязнение хлором может происходить в процессе хлорирования карбоната лития и сушки полученного хлорида лития. Избыточные газы отправляются на очистку с целью возвращения их в технологический процесс.

Хлор входит в перечень загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды. ПДК в атмосферном воздухе равно 0,03 мг/м<sup>3</sup> [26].

Профилактическими мерами по предупреждению вредных выбросов являются:

- организация технологических процессов с минимальным использованием загрязняющих веществ;
- организация эффективной системы сорбционной очистки выходящих газов и сточных вод в местах специализированного выброса;
- надежная герметизация оборудования;
- повышение общей культуры производства, организация производства на замкнутый технологический цикл [24].

## 7.5 Защита в чрезвычайных ситуациях

Возможные чрезвычайные ситуации (ЧС) и меры по их предупреждению и ликвидации для проектируемого цеха приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – ЧС пути предупреждения и ликвидации

	Предупреждение	Меры по ликвидации
Аварии с выбросом хлора	Проверка вентиляции на герметичность и замена фильтров не реже 1 раза в квартал. Установка газоанализатора для определения содержания хлора в воздухе.	Изолировать зону. Удалить из зоны людей. В зону аварии входить только в полной защитной одежде. Нейтрализовать хлор с помощью следующих растворов: 1) известкового молока 2) 5 % раствор кальцинированной соды 3) 5 % раствор едкого натра [2].
Возникновение пожара	Обучение персонала правила пожарной безопасности. Установка системы противопожарной защиты. Установка пожарной сигнализации. Огнетушители и первичные средства пожаротушения.	Отключить подачу реагентов, электрический ток. Сообщить о пожаре в пожарную службу. Принять меры по эвакуации людей охладить место возгорания струей огнетушителя [27].
Электрические удары	Обучение персонала правилам электробезопасности. Прокладка торцевых полов без гвоздей. Установка хорошей вентиляционной системы	Изолировать пострадавшего от источника опасности. Сообщить о травме в скорую медицинскую помощь. Поместить пострадавшего на токонепроводящую поверхность. Провести ПМП [26].

## 7.6 Заключение

В результате рассмотрения раздела «Социальная ответственность» было рассмотрено оборудование, находящееся в цехе и выявлены опасные и вредные факторы на производстве. Для технологического процесса установлены нормированные параметры по вредным производственным факторам. Были подобраны средства коллективной и индивидуальной защиты для персонала.

Цех по получению гранулированного хлорида лития относится к первому классу электробезопасности – без повышенной опасности и к категории «А» по пожарной и взрывопожарной опасности.

Все мероприятия по ТБ и ОТ разработаны в соответствии с санитарно-гигиеническими нормативами и ГОСТами. Условия труда для рабочего и служащего персонала соответствуют нормам.

## 8 Автоматизация процесса

В химической промышленности автоматизации уделяется большое внимание. Это объясняется сложностью и высокой скоростью протекания технологических процессов, вредностью условий работы и т.д.

Автоматизация приводит к улучшению основных показателей эффективности производства: улучшению качества, увеличению количества, снижению себестоимости выпускаемой продукции и повышению производительности труда. Внедрение автоматических устройств обеспечивает высокое качество продукции, сокращение брака, уменьшение отходов, уменьшение затрат сырья и энергии, уменьшение численности основных рабочих, снижение капитальных затрат на строительство зданий, удлинение сроков межремонтного пробега оборудования и снижение влияния «человеческого» фактора на производство.

Для получения информации о состоянии объекта и условиях работы служат устройства контроля. Они могут быть выполнены либо в виде отдельных приборов, предназначенных для визуального контроля параметров процесса, либо являться составной частью устройств регулирования, сигнализации и защиты [21].

В данной дипломной работе разработана схема автоматизации процесса получения хлорида лития в аппарате кипящего слоя.

Необходимость автоматизации данного процесса обусловлена образованием и переработкой токсичных веществ, представляющих опасность для персонала, контактирующего с оборудованием и обслуживающего технологический процесс. Для обеспечения контроля над переделом будет использована комплексная автоматизация с дистанционным управлением, призванная свести к минимуму всё вредное воздействие производства на работников.

## 8.1 Описание функциональной схемы автоматизации

Для получения хлорида лития в реакторе хлорирования с позицией А – 3, подаются карбонат лития из бункера хранения А – 1, и вода из бункера А – 2 которые смешиваются с помощью мешалки, расходы исходных веществ регулируются контурами (3 – 4, 6 – 7), так же подается газообразный хлор из позиции А – 4, расход которого регулируется контуром (10 – 11). Температура в реакторе хлорирования контролируется термопарой (12 – 1).

Полученный раствор хлорида лития с помощью насоса А – 6 подается на барабанный вакуумный фильтр А – 7, где происходит отделение твердой фазы от жидкой, уровень заполнения которого регулируется контуром (13 – 14). Жидкая фаза раствора хлорида лития насосом А – 8 подается на сорбционные колоны А – 9, расход которого контролируется контуром (15 – 1). Уровень заполнения сорбционной колоны контролируются контуром (17 – 1). Очищенный от примесей хлорид лития направляется в теплообменник А – 10, расход которого контролируется расходомером (19 – 1). В теплообменнике раствор хлорида лития нагревается до температуры 100 – 110 °С, Температура раствора на выходе из теплообменника регулируется контуром (23 – 24). Температура теплоносителя на входе в теплообменник контролируется термопарой (22 – 1)

Подогретый до требуемой температуры раствор хлорида лития контурами (15 – 26) направляется в выпарной аппарат А – 11, расход которого контролируется расходомером (25 – 1). Упаривание ведется при температуре 200 °С, которая регулируется с помощью контура (27 – 28). Упаренный раствор подается в аппарат кипящего слоя А – 12, расход которого контролируется расходомером (16 – 1). В ректоре протекает процесс сушки хлорида лития горячим воздухом, расход которого регулируется контуром (34 – 35). Процесс сушки в реакторе кипящего слоя проводится при поддержании постоянного давления контуром (31 – 32) для образования оптимального размера гранул. Температура в реакторе кипящего контролируется термопарой (33 – 1).

Сухой, гранулированный хлорид лития отправляется в бункер промежуточного хранения А – 13, вес которого контролируется тензометрическим датчиком (36 – 1).

## **8.2 Перечень технологических параметров, подлежащих контролю, регулированию и сигнализации**

Контролю подлежат, прежде всего, те параметры, знание которых облегчает пуск, наладку и нормальное ведение технологического процесса.

В приведенной схеме контролю подлежат следующие параметры:

- температура на входе и выходе из теплообменника (поз 22 – 1, 23 – 1);
- температура в реакторе хлорирования, реакторе кипящего слоя и температура выпарного аппарата (поз 12 – 1, 33 – 1, 27 – 1);
- давление в реакторе кипящего слоя (поз 31 – 1);
- давление в выпарном аппарате (поз 21 – 1);
- уровень в емкостях (поз 1 – 1, 2 – 1, 5 – 1);
- уровень раствора в реакторе хлорирования, барабанном вакуум – фильтре и сорбционной колонне (поз 8 – 1, 13 – 1, 17 – 1);
- расход реагентов и горячего воздуха (поз 3 – 1, 5 – 1, 10 – 1, 34 – 1);
- расход раствора на входе и выходе из сорбционной колонны, на входе в выпарной аппарат и реактор кипящего слоя (поз 15 – 1, 19 – 1, 25 – 1, 16 – 1);
- масса хлорида лития в промежуточном бункере хранения (поз 36 – 1);

Регулированию подлежат:

- расход подачи реагентов и горячего воздуха (поз 3 – 1, 5 – 1, 10 – 1, 34 – 1);
- температура раствора на выходе из теплообменника (поз 32 – 1, 27 – 1);
- давление в реакторе кипящего слоя (поз 33 – 1);
- давление выпарного аппарата (поз 21 – 1);

Сигнализации подлежат:

- Уровни в емкостях (поз 1 – 1, 2 – 1, 5 – 1);
- Уровень раствора в сорбционных колоннах (поз 17 – 1);

- Уровень раствора в ректоре хлорирования (поз 8 – 1);
- Уровень раствора на барабанном вакуум – фильтре (поз 13 – 1);
- Давление в аппарате кипящего слоя (поз 31 – 1);
- Расход подачи реагентов в реактор хлорирования (поз 3 – 1, 5 – 1, 10 – 1);

### 8.3 Выбор первичных преобразователей

1. Измеритель – сигнализатор уровня ИСУ – 100U предназначен для непрерывного измерения уровня различных жидких и сыпучих сред контроля двух заданных предельных уровней в емкостях:

- допустимый максимальный уровень: 1,5 м;
- допустимый минимальный уровень: 0,3 м;
- погрешность:  $\pm 1 \%$ ;
- диапазон измерения: 0,1 – 10 м;
- выходной сигнал: 4 – 20 мА;
- позиция: 1 – 1, 2 – 1, 5 – 1, 8 – 1, 17 – 1.

2. Преобразователь расхода электромагнитный микропроцессорный РОСТ – 13 – 3 – 70/2/05 предназначен для измерения расхода жидкостей (воды, растворов кислот, щелочей, пульп):

- диаметр первичного преобразователя – 70 мм;
- верхний предел измерения: 5 м<sup>3</sup>/ч;
- токовый выходной сигнал: 0,5 мА;
- удельная электрическая проводимость среды:  $10^{-3} \div 10$  См/м
- рабочая температура: от минус 40 до 150 °С
- максимальная погрешность:  $\pm 0,5\%$ ;
- позиция: 3 – 1, 6 – 1, 16 – 1, 19 – 1, 25 – 1, 18 – 1.

3. Преобразователь термоэлектрический хромель-копелевый типа ТХК – 9414 предназначен для измерения температуры газовой, жидкой и сыпучей среды:

- диапазон измерения: от 0 до 500 °С;

- максимальная погрешность: 4,0 °С (при температуре 450 °С);
- выходной сигнал: от 0 до 5 мА;
- материал положительного электрода: хромель, Cr – Ni;
- материал отрицательного электрода: алюмель, Ni – Cu;
- инерционность: 8 с;
- позиция: 12 – 1, 22 – 1, 23 – 1, 27 – 1, 33 – 1.

#### 4. Датчик давления DMP 331 (ДМП331) Bdsensors (Promsat).

- диапазоны давления: абсолютное от 0...0,04; избыточное от 0...40 бар;
- разрежение от 0...-1 бар;
- изготовление датчиков с требуемыми характеристиками под заказ;
- позиция: 16 – 1, 21 – 1, 31 – 1.

5. Тензометрические датчики В6Е предназначены для измерения веса бункера загрузки отхода и выгрузки продуктов реакции, преобразовывать тензо – сигналы в выходные электрические сигналы.

- Наибольший предел измерений (НПИ): 300 кг;
- Вид преобразуемой силы: Сжатие
- Входное сопротивление:  $404 \pm 15$  Ом;
- Выходное сопротивление:  $350 \pm 3$  Ом;
- Сопротивление изоляции:  $\geq 5000$  МОм
- погрешность –  $\pm 1\%$ ;
- позиция: 36.

### 8.4 Автоматизация процесса с использованием средств ЭВМ

Важной составляющей современной автоматизированной системы управления химико – технологическим процессом (АСУТП) является эксплуатация электронных вычислительных машин. В структурной схеме ЭВМ должны быть специальные устройства ввода-вывода, которые связывают ее с технологическим процессом. При этом ЭВМ может быть запрограммирована так, чтобы реагировать на системы согласно заданному алгоритму управления. Ручное управление осуществляется обычно лишь в особых случаях: при ремонте



машин, при отладке программы, при начальном пуске технологической линии. В данном проекте рассматривается схема АСУТП с контроллером, непосредственно связанным с ЭВМ.

Характерная особенность таких систем управления состоит в том, что в них контроллер и ЭВМ включается в замкнутый контур автоматического управления и вырабатывается управляющее воздействие, поступающее как сигналы заданий непосредственно на вход к системам автоматического регулирования.

Поскольку в наших системах контур управления замкнут через контроллер, то функции оператора сводятся к общему наблюдению за ходом процесса. Остается необходимость внести коррективы в процесс при изменениях, например, состава исходных веществ, состава вырабатываемого продукта и т.д.

В щитовой находятся: щит технологического контроля, панель сигнализации, пульт оператора, дисплей с клавиатурой. На щите технологического контроля располагаются контрольно-измерительные приборы, панель регулирования. На пульте оператора находятся показывающие приборы, переключатели режима работы, датчики локальных контуров автоматического регулирования, пусковая аппаратура. Для повышения надежности работы оборудования предусмотрен переход с автоматического регулирования к ручному управлению. С помощью дисплея по запросу оператора можно получить информацию о параметрах аварийного участка и при помощи клавиатуры ввести управляющие воздействия, устраняющие аварийную ситуацию.

## 8.5 Действия оператора при пуске технологического процесса

Действия оператора при запуске процесса:

1. Включается подача очищенного карбоната лития в бункер хранения, по достижению верхнего уровня оператор открывает вентиль для подачи карбоната лития в реактор хлорирования.
2. Включается подача воды насосом из бункера с водой и привод мешалки.
3. Затем оператор открывает вентиль для подачи газообразного хлора.
4. При достижении верхнего уровня раствором оператор включает в первую очередь барабанный вакуум-фильтр и следующим действием насос, который направляет раствор на разделение.
5. При достижении верхнего уровня в барабанном вакуум фильтре оператор включает насос и раствор подается на сорбционные колонны.
6. По достижению нижнего уровня в сорбционной колонне оператор открывает вентиль подачи горячего теплоносителя на теплообменник и открывает вентиль подачи очищенного раствора хлорида лития в теплообменник.
7. Оператор открывает вентиль и подогретый раствор направляется в выпарной аппарат, после включается нагрев выпарного аппарата.
8. После упаривания раствора, оператор открывает вентиль и подается горячий воздух в реактор кипящего слоя.
9. Затем оператор открывает вентиль, с упаренным раствором, который подается в реактор кипящего слоя.

Действия оператора при нормальном режиме технологического процесса:

Процесс является автоматизированным, поэтому оператор только определяет направление потока растворов, следит за показателями, осуществляет операции необходимые при загрузке и разгрузке аппаратов.

Действия оператора при остановке технологического процесса:

Начальным действием является прекращение подачи реагентов в аппарат. Далее следует отключить перемешивание и электрообогрев. После спада температуры в аппарате, при необходимости, производят выгрузку растворов или смеси веществ.

## Заключение

В ходе выполнения дипломного проекта был проведен литературный обзор существующих методов получения хлорида лития, рассмотрена сырьевая база и аппаратурное оформление.

В проекте рассчитаны материальный и тепловой баланс процесса сушки хлорида лития в сушилке кипящего

Разработана аппаратурно – технологическая схема получения хлорида лития. Произведен расчет основного аппарата – сушилка кипящего слоя, спроектировано здание цеха, кроме того, предложена функциональная схема автоматизации цеха с целью повышения производительности и снижения влияния вредных факторов производства на рабочий персонал. Приведены сведения, касающиеся охраны труда и окружающей среды, проведен анализ поражающих факторов производства и способы их предупреждения и ликвидации.

Согласно аппаратному расчету длина, диаметр и высота сушилки кипящего слоя равны 1000 мм, 3000 мм. Основным материал сушилки кипящего слоя – сталь соответствующая ГОСТ 1050-88. Было подобрано дополнительное оборудование:

- для загрузки установки выбираем винтовой питатель типа ПВ-160 со следующими характеристиками;
- для разгрузки установки выбираем шлюзовой питатель типа ПШ1-100 со следующими характеристиками;
- для пыли очистки выбираем циклон ЦН15 – 800.

Технологическая себестоимость за 1 кг хлорида лития составила 403 руб. Цена продукта на рынке составляет 1800 рублей. На основании анализа безубыточности можно сделать вывод о том, что критический объем производства составляет 24214 кг хлорида лития в год. При производстве металлического лития в количестве 2000 тонн в год прибыль предприятия составит 1694173340 руб.

# Приложение А

