

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

Институт: Физико-технический

Специальность: 240501 Химическая технология материалов современной энергетики

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

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование процесса получения гранулированного хлорида лития на печи кипящего слоя

УДК 661.83.096.5.099

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0411	Максименков Евгений Михайлович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ХТРЭ	Страшко Александр Николаевич	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ХТРЭ	Акимов Дмитрий Васильевич			

По разделу «Автоматизация процесса»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭАФУ	Вильнина Анна Владимировна	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ХТРЭ	Крайденко Роман Иванович	д.х.н.		

Томск – 2017 г.

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

Институт: Физико-технический

Направление подготовки (специальность): 240601 Химическая технология материалов современной энергетики

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

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) Р.И. Крайденко

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

дипломной работы

Студенту:

Группа	ФИО
0411	Максименков Евгений Михайлович

Тема работы:

Исследование процесса получения гранулированного хлорида лития на печи кипящего слоя	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	15.11.2015 9738/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	18 января 2016 года
--	---------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Исследование процесса получения гранулированного хлорида лития на двухступенчатой печи кипящего слоя. На первой ступени происходит образование гранул хлорида лития, на второй сушка гранул. Нагрев производится с помощью сжигания природного газа.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1 Введение 2 Аналитический обзор литературных данных. 3 Объект и методы исследования 3.1 Теория процесса 3.2 Термодинамика процесса 3.3 Методика проведения исследований 3.4 Порядок проведения эксперимента 4 Результаты проведенного исследования 5 Расчет и аналитика 5.1 Разработка и описание аппаратурно-технологической схемы

	5.2 Расчет материального баланса 5.3 Расчет основного аппарата 5.3.1 Материальный баланс печи кипящего слоя 5.3.2 Тепловой расчет печи кипящего слоя 5.3.3 Гидродинамический расчет сушилки 5.3.3 Гидравлический расчет сушилки 6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 7 Социальная ответственность 8 Автоматизация процесса
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1 Физико-химические основы процесса 2 Результаты исследований 3 Блок схема с материальными потоками 4 Аппаратурно-технологическая схема 5 Сборочный чертеж основного аппарата А1 (ГОСТ 2.001-93.2.034-83) 6 Техничко-экономические показатели

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Тухватулина Лилия Равильевна
Социальная ответственность	Акимов Дмитрий Васильевич
Автоматизация процесса	Вильнина Анна Владимировна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	03 октября 2016 года
---	----------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ХТРЭ	Страшко Александр Николаевич	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0411	Максименков Евгений Михайлович		

ПЛАНИРУЕМЫ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ООП 240501

«Химическая технология материалов современной энергетики»,
специалитет

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Демонстрировать глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания и детальное понимание научных принципов профессиональной деятельности
P2	Ставить и решать инновационные задачи, связанные с получением и переработкой материалов и изделий ядерного топливного цикла, с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии материалов современной энергетики
P3	Эксплуатировать и совершенствовать действующие, разрабатывать и внедрять новые современные высокотехнологичные процессы и линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, контролировать расходование сырья, материалов, энергетических затрат
P4	Обеспечивать радиационную безопасность, соблюдать правила охраны здоровья и труда при проведении работ, выполнять требования по защите окружающей среды; оценивать радиационную обстановку; осуществлять контроль за сбором, хранением и переработкой радиоактивных отходов различного уровня активности с использованием передовых методов обращения с РАО
P5	Уметь планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования в области изучения свойств и технологии материалов современной энергетики с использованием новейших 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

P6	Разрабатывать новые технологические схемы, рассчитывать и выбирать оборудование, применять средства автоматизации, анализировать технические задания и проекты с учетом ядерного законодательства
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Представлять современную картину мира на основе целостной системы естественнонаучных и математических знаний, ориентироваться в ценностях бытия, жизни, культуры; иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем
P8	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области изучения свойств, методов и технологий получения и переработки материалов современной энергетики
P9	Применять иностранный язык в сфере коммуникаций и профессиональной деятельности, представлять результаты научных исследований и разработок в виде отчетов, публикаций, публичных обсуждений
P10	Уметь эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, руководить командой, быть способным оценивать, принимать организационно-управленческие решения и нести за них ответственность; следовать корпоративной культуре организации, кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 103 страниц, 10 рисунков, 18 таблиц, 47 источников, 2 приложений, 6 листов графического материала.

Ключевые слова: хлорид лития, дегидратация, кипящий слой, печь кипящего слоя, природный газ, гранулятор, кристаллическая вода, карбонат лития.

Объектом исследования является процесс получения гранулированного хлорида лития в двухступенчатой печи кипящего слоя, работающей на нагреве продуктами сгорания природного газа. Получаемый хлорид лития используется для получения металлического хлорида лития на ПАО «НЗХК», методом электролитического разложения расплава.

Исследование проводилось для определения оптимального режима получения гранулированного хлорида лития. При повышении температуры газового потока во второй ступени, предназначенной для удаления остаточной влажности, в хлориде лития накапливается карбонат лития. Увлечение содержания карбоната лития в готовом продукте приводит к понижению доли хлорида лития ниже установленных техническим условием пределов. При понижении температуры газового потока во второй ступени, гранулятор в достаточной степени не разрушается.

В результате исследования показан механизм дегидратации хлорида лития, рассчитаны материальный и тепловой балансы получения гранулированного хлорида лития.

Область применения: установленные оптимальные технологические параметры процесса внедрены на ПАО «НЗХК».

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: производительность по гранулированному хлориду лития – 5000 кг в сутки.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В данной работе использовались следующие сокращения:

КС - печь кипящего слоя;

ПДК - предельно допустимая концентрация;

СИЗ - средства индивидуальной защиты;

АСУТП – автоматизированная система управления технологическими процессами;

ЗП – заработная плата;

ТЗ – техническое задание;

ТУ – технические условия;

ФСА – функциональная схема автоматизации.

В данной работе использовались ссылки на следующие стандарты:

1 ГОСТ Р 1.5 - 2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. 1 (правила построения, изложения, оформления и обозначения.

2 ГОСТ 2.104 - 2006 Единая система конструкторской документации. Основные надписи.

3 ГОСТ 2.105 - 95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.

4 ГОСТ 2.106 - 96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы.

5 ГОСТ 2.301 - 68 Единая система конструкторской документации. Форматы.

6 ГОСТ 2.316 - 2008 Единая система конструкторской документации. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц.

7 ГОСТ 2.721 - 74 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.

8 ГОСТ 3.1102 - 2011 Единая система технологической документации. Стадии разработки и виды документов.

9 ГОСТ 3.1105 - 2011 Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов общего назначения.

10 ГОСТ 7.0.5 - 2008 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка.

11 ГОСТ 7.1 - 2003 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание.

12 ГОСТ 7.9 - 95 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация.

13 ГОСТ 7.32 - 2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

14 ГОСТ 8.417 - 2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы величин.

15 ГОСТ 19.106 - 78 Единая система программной документации. Требования к программным документам, выполненным печатным способом.

16 ГОСТ 5632 - 73 Стали высоколегированные и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки.

17 ГОСТ 12831 - 67 Фланцы с выступом или впадиной стальные приварные встык. Конструкция, размеры и технические требования.

18 ГОСТ 12.4.085 - 80 ОСБТ. Костюмы мужские для защиты от нетоксичных веществ.

19 ГОСТ 12.4.072 - 79 ОСБТ. Сапоги специальные резиновые форменные, защищающие от соды, минеральных масел и механических воздействий.

20 ГОСТ 12.4.036 - 78 ОСБТ. Костюмы мужские для защиты от кислот. ТУ.

21 ГОСТ 12.4.127 - 83 ОСБТ. Обувь специальная кожаная.

22 ГОСТ 12.4.028 - 76 ОСБТ. Респираторы ШБ 200 "Лепесток".

23 ГОСТ 12.4.003 - 76 ОСБТ. Очки защитные, тип ЭЛ или ЭН.

24 ГОСТ 12.4.010 - 75 ОСБТ. Средства индивидуальной защиты.

Рукавицы специальные. ТУ.

25 ТУ 12.4.028 - 76 Респираторы У2К.

Оглавление

Введение	13
1 Обзор литературы	15
1.1 Хлорид лития	15
1.1.1 Применение хлорида лития	15
1.1.2 Способы получения хлорида лития	16
1.2 Сушка хлорида лития	21
1.2.1 Дегидратация хлорида лития	21
1.2.2 Сушка хлорида лития на печи кипящего слоя	25
1.2.3 Схемы топочных устройств для сушильных установок	26
1.2.4 Конструкции форсунок для распыления раствора хлорида лития	29
2 Объект и методы исследования	33
2.1 Термодинамика и кинетика процессов	33
2.1.1 Кинетика процесса дегидратации хлорида лития	33
2.1.2 Разложение хлората лития	35
2.1.3 Методы и приборы проведения анализов	36
3 Результаты проведенного исследования	37
4 Расчеты и аналитика	43
4.1 Разработка и описание аппаратурно-технологической схемы	43
4.2 Расчет материальных балансов	44
4.2.1 Расчет материального баланса растворения карбоната лития в соляной кислоте	45
4.2.2 Расчет материального баланса осаждения примесей	47
4.2.3 Расчет массы серной кислоты	48
4.2.4 Расчет массы воды	49
4.2.5 Расчет массы осаждающих реагентов	50
4.2.6 Материальный баланс процесса получения и отчисти раствора хлорида лития	51
4.2.7 Материальный баланс процесса фильтрации	52

4.3	Расчет основного аппарата	53
4.3.1	Материальный баланс печи кипящего слоя	53
4.3.1.1	Материальный баланс первой ступени печи кипящего слоя . . .	53
4.3.1.2	Материальный баланс второй ступени печи кипящего слоя . . .	55
4.3.2	Тепловой расчет печи кипящего слоя	57
4.3.3	Расчет расхода сухого воздуха	58
4.3.4	Гидродинамический расчет сушилки	59
4.3.4.1	Свойства воздуха на выходе из сушилки	59
4.3.4.2	Расчет рабочей скорости воздуха	60
4.3.4.3	Расчет диаметра ступени у газораспределительной решетки . .	61
4.3.4.4	Высота кипящего слоя	61
4.3.4.5	Проверка условия выноса из аппарата мелких частиц	63
4.3.4.6	Проверка условия псевдооживления частиц максимального размера	64
4.3.5	Гидравлический расчет сушилки	66
4.3.5.1	Гидравлическое сопротивление сушильной установки	66
5	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	68
5.1	Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения инженерных решений	68
5.2	Планирование потребности в человеческих ресурсах	71
5.3	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	74
5.4	Заключение по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	75
6	Социальная ответственность	76
6.1	Опасные и вредные производственные фактора производства хлорида лития	77
6.1.1	Промышленная санитария	78
6.1.2	Электробезопасность	81
6.1.3	Пожарная безопасность	82
6.2	Охрана окружающей среды	83

7 Автоматизация процесса получения хлорида лития	86
7.1 Описание функциональной схемы автоматизации процесса получения хлорида лития на печи кипящего слоя	87
7.2 Перечень технологических параметров, подлежащих контролю, регулированию и сигнализации	88
7.3 Список первичных преобразователей	90
7.4 Действия аппаратчика-технолога	95
Список используемых источников	97
Приложение А Функциональная схема автоматизации процесса	102
Приложение Б Структура автоматизации процесса	103
ДР ФЮРА.066374.000 ФХОП Физико-химические основы процесса	
ДР ФЮРА.066374.000 ПТС Принципиальная технологическая схема	
ДР ФЮРА.066374.000 АТС Аппаратурно-технологическая схема	
ДР ФЮРА.066374.000 СБ Сборочный чертеж	
ДР ФЮРА.066374.000 РИ Результаты исследования	
ДР ФЮРА.066374.000 ТЭП Техничко-экономические показатели	

Введение

Хлорид лития выступает в качестве исходного вещества в технологии производства металлического лития методом электролитического разложения расплава хлорида лития в смеси с хлоридом калия. Высокая склонность хлорида лития кристаллического образовывать гидраты, даже с влагой окружающего воздуха, и высокая коррозионная активность раствора хлорида налагают особые требования к производству и хранению хлорида лития. Так избыточная влага в хлориде лития может прореагировать с расплавленным литием металлическим. Ввиду высокой щелочности лития, такое взаимодействие не допускается. Также повышение влажности в товарном хлориде лития приводит к выходу продукта из границ технических условий по содержанию ключевого компонента.

Получение кристаллического хлорида лития на печи кипящего слоя обладает следующими преимуществами: возможность получения гранулированного продукта, интенсивность дегидратации. При переходе нагрева теплоносителя печи кипящего слоя от электрического к нагреву от сжигания природного газа, повышение температуры для сушки хлорида приводит к накоплению карбонатов в нем.

Таким образом переход к более энергоэффективному нагреву привел к необходимости уточнения режимов работы. Нижней границей является температура достаточного разложения применяемого гранулятора. Верхней границей является температура начала реагирования хлорида лития с продуктами сгорания природного газа.

Целью работы является изучение процесса получения гранулированного хлорида лития на печи кипящего слоя, работающей на нагреве топочными газами сгорания природного газа.

Задачи работы:

- анализ способов получения и очистки хлорида лития;
- изучение механизма дегидратации хлорида лития;

- экспериментальное определение оптимального температурного режима работы печи кипящего слоя;
- расчет печи кипящего слоя на основе полученных данных;
- определение основных опасностей и вредных факторов производства хлорида лития;
- расчет экономических показателей производства хлорида лития на печи кипящего слоя;
- разработка автоматической системы управления процесса получения хлорида лития.

Результаты проведенных исследований легли в основу уточнения режимов работы печи кипящего слоя для получения гранулированного хлорида лития на ПАО «НЗХК».

1 Обзор литературы

В данном разделе приведены основные сведения, касающиеся производства гранулированного лития на печи кипящего слоя, работающей на нагреве продуктами сгорания природного газа. Рассмотрены: состав и физико-химические свойства хлорида лития и теплоносителя, принцип работы и основные конструкции реакторов кипящего слоя, типы и характеристики теплоносителей печей кипящего слоя, конструкции форсунок для подачи растворов в реактор. Результатом литературного обзора стало обоснование выбора теплоносителя и типа реактора для получения хлорида лития гранулированного.

1.1 Хлорид лития

1.1.1 Применение хлорида лития

Широта областей применения лития, обусловлена его уникальными физико-химическими свойствами [1]. Так хлорид лития используется как источник лития, имеющий широкое применение в медицине [2]. Хлорид лития нашел применение в стекольной промышленности качестве добавки для уменьшения коэффициента преломления [3]. Также хлорид лития используется как электролит при переработке отработанного ядерного топлива [4–6], как флюс при плавке алюминия и магния [7]. Хлорид лития характеризуясь относительно низкой температурой плавления и высокой ионной проводимостью, что делает его подходящим компонентом для тепловых батарей [8, 9]. При комнатной температуре ионы лития могут находиться в промежуточном слое графита. Это позволяет использовать данную систему в качестве отрицательного электрода в литий-ионных батарей и аккумуляторах [10, 11]. Поздние исследования показали, что ионы лития могут быть включены в структуру графита и при более высоких температурах, достигающих от 625 °C до 900 °C [12–15]. Это формирует основу процесса

возникновения наноструктурированных углеродных материалов, в том числе многослойные углеродные нанотрубки, в которых расплавленный хлорид лития подвергается электролизу с графитовыми электродами [16–18].

Есть, однако, некоторые ограничения использования хлорида лития, накладываемые очень высокой чувствительности к влаге и способностью абсорбировать влагу из атмосферы. Благодаря этим свойствам хлорид лития используется в качестве осушителя газов [19].

Основным направлением применения хлорида лития является получение металлического лития методом электролитического разложения расплава хлорида лития в смеси с хлоридом калия [7, 20]. Так избыточная влажность в хлорида лития может прореагировать с расплавом лития металлического в электролизной установке [1]. Также повышение влажности товарного хлорида лития приводит к выходу содержания ключевого компонента за пределы технических условий.

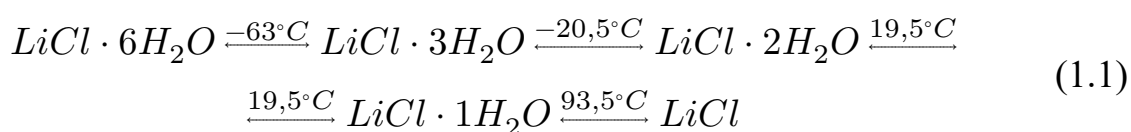
1.1.2 Способы получения хлорида лития

Хлорид лития является исходным продуктом в промышленном производстве металлического лития электролитическим разложением расплава, поэтому получение чистого, безводного хлорида лития является важное значение в технологии лития и его соединений. На рынке товарные формы хлорида лития представлены в виде безводного и одноводного кристаллогидрата, а также 40 % раствора. Ключевые свойства кристаллического хлорида лития приведены в таблице 1.1 [20]. Кристаллический хлорид лития представляет собой бесцветное твердое вещества с молярной массой 42.394 г/моль и плотностью безводного порошка 2.068 г/моль [21]. Хлорид лития поставляется в виде кристаллов, порошка и гранул.

Таблица 1.1 – Свойства хлорида лития кристаллического

Свойство	Значение
Плотность, г/см ³	2.07
Температура плавления, °C	610
Температура кипения, °C	1382
Растворимость, г. в 100 г.	
Вода при 0 °C	69.18
Вода при 25 °C	84.67
Вода при 50 °C	96.31
Вода при 100 °C	109.12

Кристаллический безводный хлорид лития получают из растворов, обезвоживанием кристаллогидратов по реакции [20, с. 33]:



В металлургии лития в качестве основного и наиболее дешевого источника сырья для получения хлорида лития и, соответственно, металлического лития в настоящее время используется карбонат лития. Содержание некоторых примесей в техническом карбонате лития произведённого по техническому условию ТУ 95.1951-89 «Карбонат лития технический», приведено в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Свойства хлорида лития кристаллического

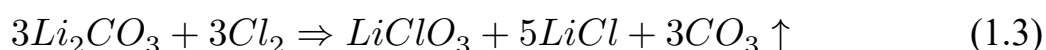
Вещество	Содержание %
Li_2CO_3	99.000
Примеси	
Li_2CO_3	99.000
Na_2O	0.200
Fe_2O_3	0.060
CaO	0.038

Продолжение таблицы 1.2

Вещество	Содержание %
K_2SO_4	0.072
$NaCl$	0.005
Влажность	0.600
Примеси, нерастворимые в соляной кислоте	0.025

В промышленности методы получения хлорида различают по хлорирующему реагенту. В качестве таких реагентов выступают соляная кислота и молекулярный хлор [20, с. 276].

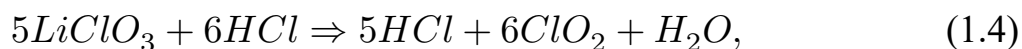
При получении металлического лития электролитическим разложением расплава хлорида, в качестве побочного продукта выделяется газообразный хлорид. Поэтому нашло применение прямое хлорирование твердого карбоната лития хлором или хлористым водородом [20, с. 276]. Недостатком данного способа является трудоемкость, энергозатратность с низким выходом и необходимость вести процесс при температуре 500 °С. При прямом хлорировании суспензии карбоната лития газообразным хлором возможны следующие реакции:



Очистка хлоридных растворов от хлората и перхлората лития возможна взаимодействием их с восстановителями [22]. Однако использование восстановителей загрязняет раствор хлорида лития и экономически нецелесообразно. Известен способ очистки хлоридных растворов от хлората путем подкисления соляной кислотой нагретого до 60 до 100 °С хлоридно-хлоратного рассола с последующим разложением образующейся двуокиси хлора ультрафиолетовым излучением [23].

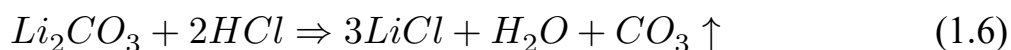
Недостатком данного способа очистки раствора от хлората, применительно к производству хлорида лития методом абсорбции

газообразного хлора гидроокисью лития, является дополнительный расход соляной кислоты для создания кислой среды и газообразный хлор, получаемый в результате разложения двуокиси хлора:



Выделяющийся хлор необходимо утилизировать. К тому же двуокись хлора при определенных условиях разлагается со взрывом [24].

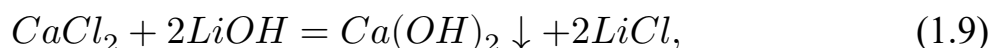
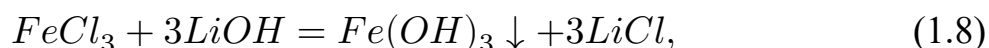
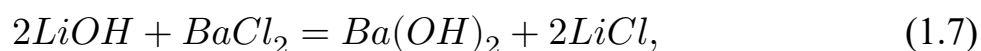
В настоящее время основной промышленный метод получения хлорида лития, основан на растворении карбоната в соляной кислоте:



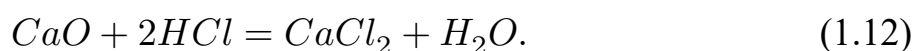
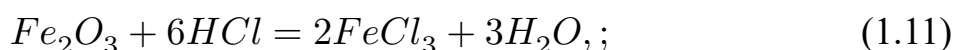
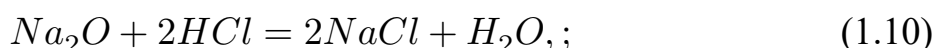
Данный подход позволяет отказаться от использования газообразного хлора. Растворение в кислоте не требует дополнительных технологических узлов для подачи газа в реакционную среду.

Процесс получения хлорида лития условно можно разделить на две стадии. Первая заключается в растворении карбоната в соляной кислоте (1.6). Из-за высокой растворимости значительная часть примесей переходит в раствор, и очистку от них проводят за счет осаждения в виде гидроксидов. Так после часового перемешивания добавляют до 0.01 н концентрации гидроксид лития. При кипячении этого слабощелочного раствора примеси (Ca, Ba, Fe) выделяются в виде гидроксидов, карбонатов или основных карбонатов. Для осаждения сульфатной серы в виде сульфата бария добавляют хлорид бария с 20 % избытком [20, с. 278].

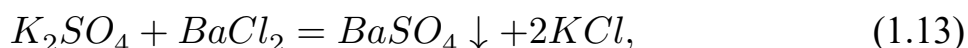
Также при проведении процесса в растворах и суспензиях применяют дополнительные операции по очистке от примесей. При использовании карбоната лития в качестве сырья, возможно использование способа Труста – перекристаллизация карбоната лития, переводом в растворимый бикарбонат лития. Осаждение гидроксидов железа, кальция, магния при кипячении [20, с. 274]:



Примеси приходящие с техническим хлоридом лития (таблица 1.2) растворяются в соляной кислоте по следующим реакциям [24]:



Также в соляной кислоте растворяются некоторые источники следующих ионов: SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , SiO_3^{2-} . Очистка от анионов происходит осаждение по реакциям:



При производственном получении хлорида лития проводят дополнительные технологические операции по очистке от примесей, ввиду повышенного содержания посторонних соединений в карбонате лития. Также налагаются дополнительные требования к чистоте хлорида лития, как к промежуточному соединению в технологии лития. Принципиальная технологическая схема представлена на рисунке 1.1 [25], хлорид лития образуем ряд хорошо определяемых гидратов.

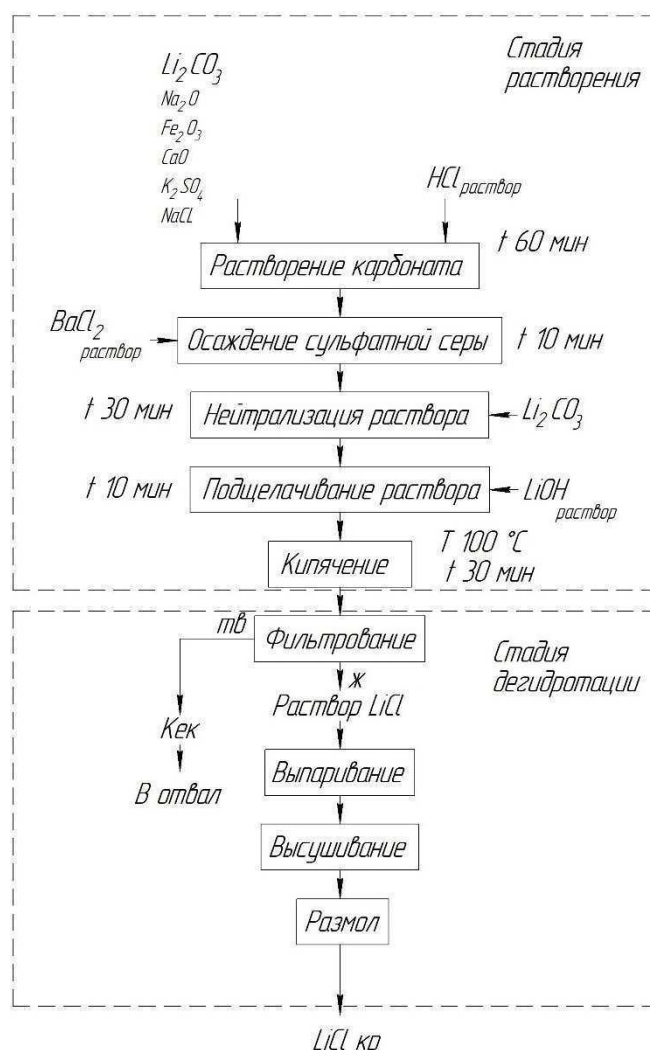


Рисунок 1.1 – Принципиальная технологическая схема получения хлорида из карбоната лития

1.2 Сушка хлорида лития

1.2.1 Дегидратация хлорида лития

Согласно фазовой диаграмме системы хлорид лития-вода представленной на рисунке 1.2 [25], хлорид лития образует ряд хорошо определяемых гидратов в присутствии воды. Например гидратация хлорида лития при температурах между минус 20 и плюс 20 °С может быть представлена на формуле:

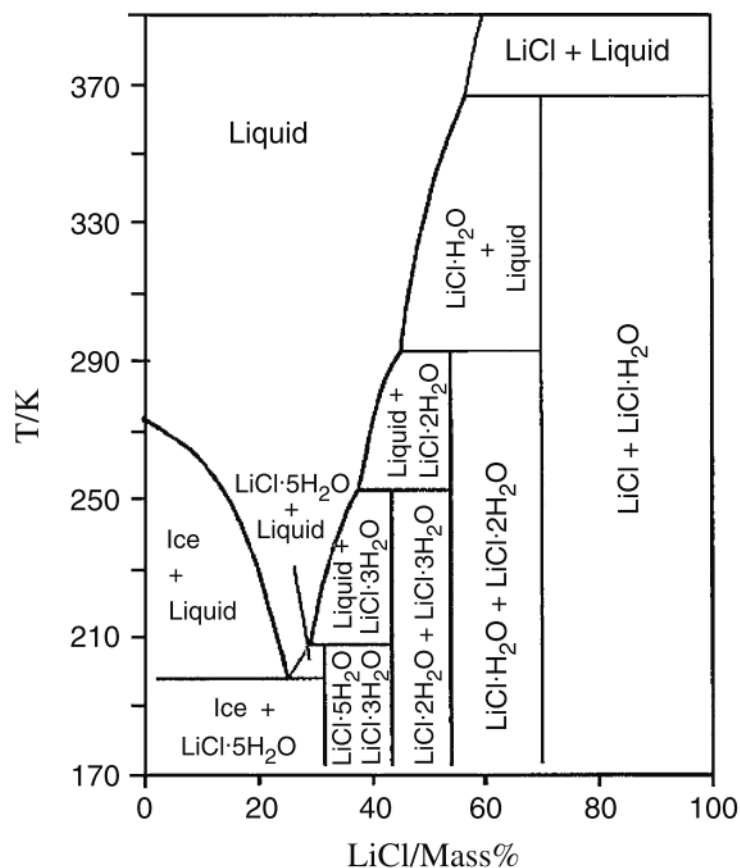
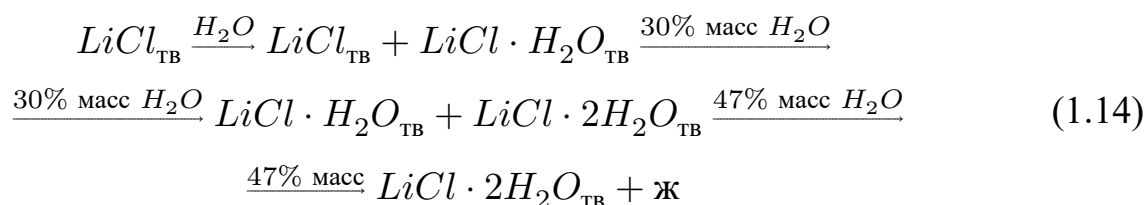
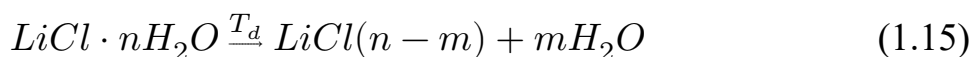


Рисунок 1.2 – Фазовая диаграмма системы $\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$

При нормальных условиях хлорид лития впитывает и удерживает примерно 2.55 % воды после воздействия воздуха окружающей среды, образуя поверхностный слой моногидрата $\text{LiCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$. Около 88 % воды удаляется при нагреве от плюс 93 до плюс 115 °С, содержание меняется в зависимости от температуры [26].

Как правило, обработка солей под воздухом запрещается из-за высокой влажности, которая может адсорбироваться на поверхности соли и образовать гидраты. Кроме того, отклонение температуры сушки приводит к образованию гидроксидов или оксидов, при высоких температурах. Соли хлорида лития с галогенами в том числе с хлором, очень чувствительны к водяному пару и образуют гидраты в соответствии с уравнением:



где T_d – температура дегидратации.

Данные о температуре дегидратации для гидрата $LiCl \cdot H_2O$ расходятся между литературными данными ($LiCl \cdot H_2O$: 110 °C [27], 100,5 °C [28], °C [29], 88 °C [30], и $LiCl \cdot 0.5H_2O$: 162 [31], 152 °C [27]). Такое расхождение в данных о температуре разложения моногидрата может быть объяснено различием условий экспериментов, поскольку данная температура напрямую зависит от давления водяных паров. В работе предпринята оценка стабильности гидратов в инертной атмосфере.

Термогравиметрические измерения проводились при скорости нагрева от плюс 1 до плюс 10 °C мин⁻¹ в инертной атмосфере. Были получены температуры от пиков кривой дифференциально термического анализа. Значения $T_{d,i}$ ($i = 1, 2$ для первой и второй стадий осушки, соответственно) приведены в таблице 1.3. Массовое изменение соответствует массе молекул кристаллической воды теряемых во время нагрева отнесенное к массе гидрата $LiCl \cdot H_2O$. Для каждой скорости нагрева, изменение массы от температуры имеет две хорошо определяемых части. Первая часть соответствует частичной дегидратации $LiCl \cdot H_2O$ в соответствии с уравнением (1.16).

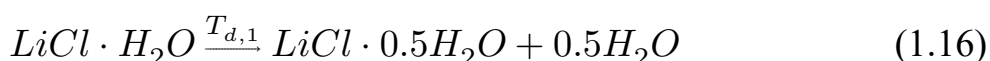


Таблица 1.3 – Температура разложения $T_{d,i(i=1,2)}$ для $LiCl \cdot H_2O$, в зависимости от скорости нагрева

Скорость нагрева °C мин ⁻¹	Температура $T_{d,1}$ °C	Температура $T_{d,2}$ °C
1	99	160
2	102	166
5	106	177
10	110	186

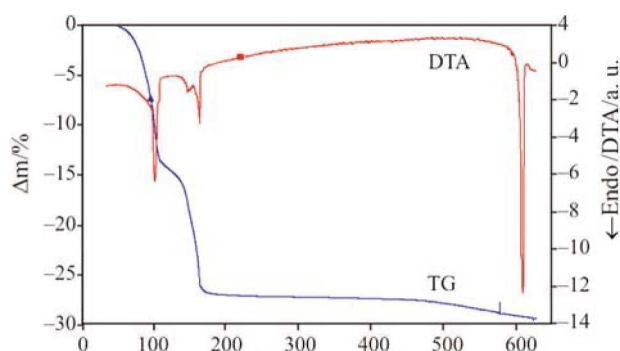
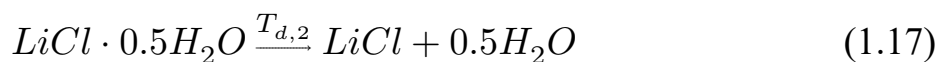


Рисунок 1.3 – Термогравиметрический (TG) и дифференциальный термический анализ разложения $LiCl \cdot H_2O$ со скоростью нагрева $1\text{ }^{\circ}\text{C мин}^{-1}$ в среде гелия

Согласно формуле 1.16 изменение массы должна равным 12.5 % по массе. Измеренная масса для первого шага была близка к 13.5 % по массе, которая находится в согласие с предлагаемым механизмом. Разница могут быть приписаны к исходному молярное отношение $H_2O/LiCl$ немного выше, чем единица. Вторая часть кривой связана с формированием $LiCl$, потеряв половину из кристаллизуется молекулы воды на $LiCl \cdot 0.5H_2O$, в соответствии с уравнением 1.17.



Для каждого изменения массы соответствует определенная стадия разложения, что позволило определить температуры реакций дегидратации хлорида лития моногидрата. Первый и второй этапы обезвоживания происходят между плюс 99 и плюс 110 $^{\circ}\text{C}$ и между плюс 160 и плюч 186 $^{\circ}\text{C}$ соответственно. Температура $T_{d,i}$ смещается в сторону более высокой температуры, при увеличении скорость нагрева. Между плюс 190 и плюс 500 $^{\circ}\text{C}$ массовая вариация не была записан. Выше 500 $^{\circ}\text{C}$ зарегистрирована линейная потеря массы. Это объяснено прогрессивном испарении соли $LiCl$ вблизи точки плавления при пониженном давлении. При температуре выше 610 $^{\circ}\text{C}$ только эндотермический ДТА сигнал был записан без сигнала ТГ.

Это соответствует преобразованию твердое тело - жидкость $LiCl$. Было обнаружено, что температура плавления $LiCl$, что близко к 610 $^{\circ}\text{C}$,

что согласуется с предыдущими определениями сделанный с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии с безводной $LiCl$, [32]. Это означает, что обезвоживание $LiCl \cdot H_2O$ протекала без гидролиза соли $LiCl$ в промежуточных температурах, как это происходит в системе $LiCl - KCl$ при 250 °C в присутствии влаги [33]. В противном случае температура плавления была бы изменена за счет образования гидроксида. В этом случае плавление соответствует температуре ликвидуса смеси $xLiOH \cdot (1 - x)LiCl$.

1.2.2 Сушка хлорида лития на печи кипящего слоя

Для сушки хлорида лития применяется барабанно вращающаяся печь и печи кипящего слоя. Преимуществом применения печи кипящего слоя, является интенсификация процесса дегидратации за счет того, что мелкозернистый мелкозернистый материал, приведённый во взвешенное состояние, приобретает свойства текучести, в результате чего ускоряются явления переноса энергии и вещества внутри самих частиц и в окружающей их среде.

Сушильные установки КС могут различаться следующими особенностями [34]:

- конфигурация аппарата в зоне слоя и соответственно гидродинамический режим процесса. Существуют аппараты цилиндрические, цилиндроконические и конические с обычным режимом псевдоожижения или с фонтанирующим слоем. Сечение аппарата бывает круглым, квадратным, прямоугольным с различным соотношением сторон. Известны аппараты с двумя и более зонами, например, для сушки и охлаждения, со ступенчатым изменением площади сечения по высоте и др.;

- разгрузка влажного материала в аппарат КС. Загрузка производится над слоем с помощью обычных питателей или ниже уровня слоя при использовании специальных устройств. Растворы и пастообразные суспензии подаются в аппарат с помощью различных распылительных форсунок, которые

располагаются над слоем, сбоку или снизу слоя. Используются форсунки механические, пневматические или комбинированные. Существуют также сушилки КС, в которых распыление раствора или суспензии осуществляют в токе теплоносителя над слоем или снизу через сопло, находящееся на уровне решетки;

- выгрузка сухого материала. Выгрузка производится на уровне слоя через переливной порог или на уровне решетки с помощью подпорного регулирующего устройства. В некоторых установках для обезвоживания растворов применяют пневмосепарирование сухого материала по крупности (мелкая фракция возвращается в слой). Известны установки, работающие с полным выносом сухого продукта из слоя инертных частиц и др. [35];

- способ ввода тепла в слой. В подавляющем большинстве установок все тепло, необходимое для сушки, вносится с теплоносителем, являющимся в то же время псевдоожижающим агентом;

- конструкция газораспределительной решетки. Используются плоские перфорированные решетки, беспровальные с газораспределительными колпачками, с соплами для ввода теплоносителя и ряд других конструкций.

1.2.3 Схемы топочных устройств для сушильных установок

Особенностью топок, используемых в сушильных установках КС, является их работа под избыточным давлением, эквивалентным сопротивлению системы, составляющему величину около от 800 до 1000 мм вод.ст. По расположению относительно аппарата со взвешенным слоем различают топки выносные и встроенные [36], которые размещены в подрешёточном пространстве самого аппарата. Однако при встроенных топках высота аппаратов со взвешенным слоем значительно выше, чем для выносных топок. Выносные топки обогреваются мазутом [37], электричеством, природным газом [38]. Принципиальные схемы топочных устройств для сушильных установок приведены на рисунке 1.4. На рисунке 1.5 изображена

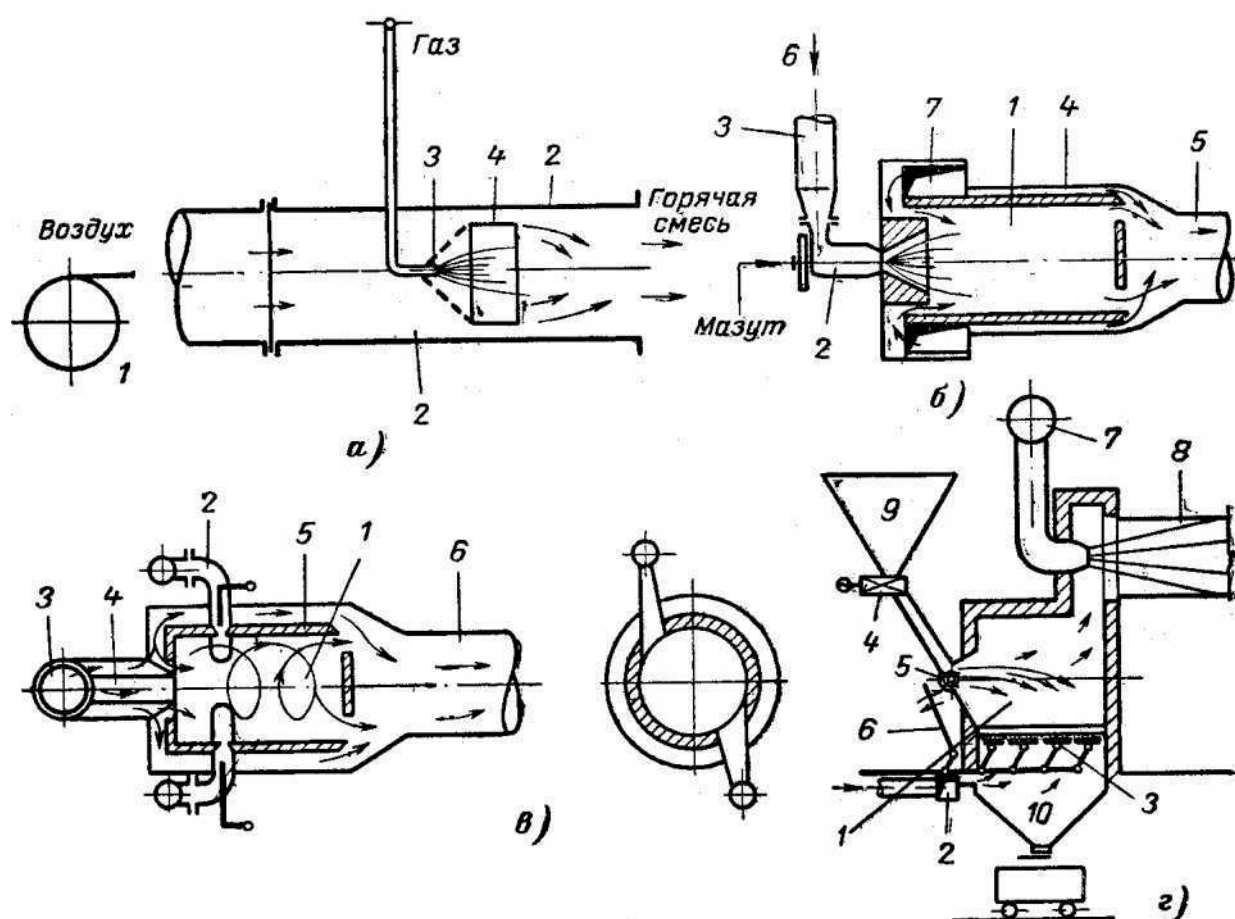


Рисунок 1.4 – Принципиальные схемы топочных устройств для сушильных установок: а – при газообразном топливе: 1 – вентилятор; 2 – калориферный участок; 3 – газовая горелка; 4 – обводной конус; б – при жидком топливе: 1 – топочный объём; 2 – форсунка; 3 – подача вторичного воздуха; 4 – воздух для смешения; 5 – подача смеси в сушилку; 6 – от вентилятора высокого давления; 7 – от вентилятора низкого давления; в – при сжигании мазута в циклонной топке: 1 – топочный объём; 2 – форсунка; 3 – воздух от вентилятора; 4 – подача вторичного воздуха; 5 – рубашка для воздушного охлаждения; 6 – газозвдушная смесь к сушилке; г – при сжигании угольного топлива в полумеханической топке: 1 – топочный объём; 2 – подача воздуха для горения; 3 – решётка с качающимися колосниками; 4 – питатель для угля; 5 – забрасыватель топлива; 6 – привод решётки; 7 – воздух от вентилятора; 8 – газозвдушная смесь к пылеотделителю и далее в сушилку; 9 – топливо; 10 – шлак

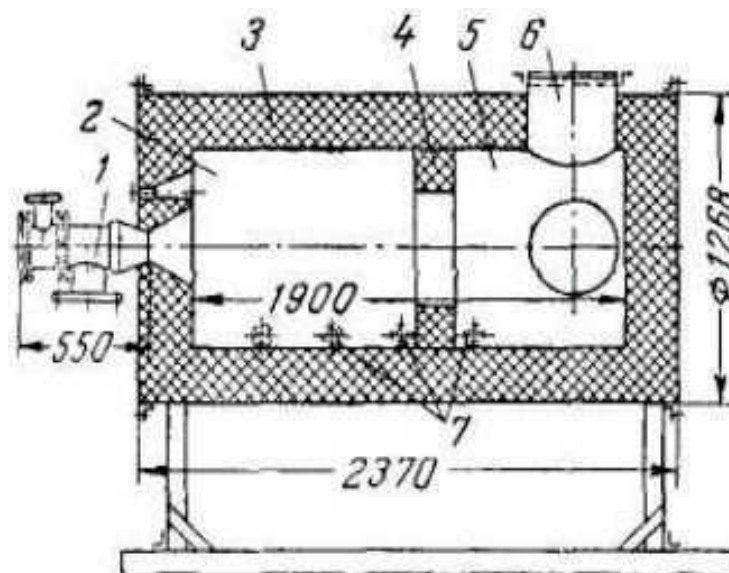


Рисунок 1.5 – Топка для сжигания газа: 1 - газовая горелка низкого давления (100 - 250 мм вод. ст.); 2 - камера сгорания; 3 - кожух; 4 - перегородка; 5 - камера смешения; 6 - взрывной клапан; 7 - сопла

цилиндрическая газовая топка со стальным кожухом толщиной от 8 до 10 мм, изнутри футерованная шамотным кирпичом. Горелки низкого давления установлены на фронте топки. На фронтальной стенке имеются также смотровой люк и отверстие для ввода запальника (ниже горелок). Топка работает при разрежении в пределах от 2 до 5 мм вод. ст.; камера смешения отделена от камеры горения перегородкой. Вторичный воздух подается в камеру горения тангенциально по образующей со скоростью от 20 до 30 м/с. Закручивание потока обеспечивает хорошее перемешивание газа с воздухом, который одновременно охлаждает кладку топки. Температура газов за топкой от 800 до 1000 °С.

Температура газового теплоносителя для сушильных процессов обычно составляет от 300 до 750 °С [39], поэтому в топочных устройствах для сушилок должна иметься специальная камера горения, где при высоких температурах интенсивно сжигается топливо, и отдельная камера смешения, в которой топочные газы разбавляются воздухом до требуемой температуры.

1.2.4 Конструкции форсунок для распыления раствора хлорида лития

Известны два основных способа распыливания: механические и пневматический (или паровой).

Механические форсунки, в свою очередь, можно условно разделить на центробежные и прямого действия.

В центробежной форсунке раствор подается под значительным давлением, закручивается в каналах или в специальной вихревой камере, откуда через суженное сопло выбрасывается в объем, затопленный газом. Форсунки такого типа изготавливаются, в основном, на давление от 6 до 60 атм, в зависимости от необходимой степени диспергирования, от заданной производительности и от требуемой дальнобойности струи. Потребность в форсунках большой единичной производительности и повышенные требования к пределам регулирования заставили прибегнуть к разным конструктивным ухищрениям при использовании центробежного принципа распыливания. Так появились форсунки с обратным сливом жидкого топлива, с регулируемой площадью закручивающих отверстий, многосопельные, ротационные.

Применение больших скоростей в механических форсунках привело к уменьшению выходных отверстий сопел и тангенциальных отверстий вихревых камер. По этой причине форсунки механического распыливания требуют весьма тщательной очистки жидкости. Вместе с тем применение больших скоростей ограничило нижний предел расхода жидкости, так как размер отверстий нельзя делать чрезмерно малым - это мешает нормальной работе форсунки. Что касается верхнего предела, то ряд технических приемов и переход на повышенные давления позволили значительно поднять его: уже созданы форсунки с единичной мощностью в несколько тонн топлива в час.

В форсунках прямого действия топливо, как правило, подается под значительно большим давлением, чем в форсунках центробежного типа.

Пневматические (или паровые) форсунки, где диспергирование в основном производится газовой струей, имеют более сложное хозяйство и более громоздкие коммуникации, чем механические форсунки. Но они выгоднее механических благодаря тому, что менее требовательны к обработке деталей и к очистке топлива [40].

Это объясняется тем, что поскольку объем газа, проходящего через сопло, как правило, в сотни раз превышает объем сжигаемого жидкого топлива, то и диаметр выходного отверстия приходится делать много большим, а стало быть, и менее чувствительным к засорению, чем в механических форсунках. Что касается отверстия для вытекания мазута, то оно имеет также увеличенные размеры, так как жидкое топливо, как правило, вытекает с небольшими скоростями от 1 до 3 м/сек.

Форсунки воздушного распиливания можно условно разбить на две основные группы - низкого и высокого давления. К первой относятся форсунки с давлением распиливающего агента до 1000 мм вод. ст., ко второй - с давлением от одной атмосферы и выше. Имеются и форсунки среднего давления, работающие в диапазоне давлений от 1000 мм вод. ст. до 1 атм.

В форсунках пневматического распыливания дело обстоит иначе. Здесь дробление струи зависит, в основном, от движения газовой среды. Поэтому движению газовой среды и придают большие скорости. В то же время скорость движения жидкости крайне мала. Напор в магистрали подачи жидкости необходим лишь для обеспечения транспортировки требуемого количества жидкости к устью форсунки. Поэтому в некоторых конструкциях газовая струя играет роль подсасывающего фактора и напор жидкости не превышает, как правило, нескольких десятых долей атмосферы. В других конструкциях пневматических форсунок напор в линии подачи жидкости может составить 2 атм и даже более.

Скорость газовой струи в пневматических форсунках высокого напора достигает сотен метров в секунду. Давление газа, как правило, составляет от 3 до 7 атм.

Проведенные исследования [41] показали, что хорошее диспергирование обеспечивается, если на 1 кг топлива расходуется 1 кг распыливающего воздуха или от 0.5 до 0.7 кг распыливающего пара.

Пневматические форсунки высокого напора бывают прямоструйными и центробежными. Среди прямоструйных форсунок следует выделить группу так называемых инжекционных форсунок, нашедших весьма широкое применение в энергетике и промышленных печах. Инжекция обеспечивается либо соплом Лаваля (в круглых форсунках), либо особым расположением щелей (в форсунках плоского типа). Форсунки центробежного типа, в которых воздушный (или паровой) поток закручивается в особых каналах или в объеме, мало используются в энергетике, но в последнее время находят применение при сжигании жидкого топлива в камерах горения газовых турбин.

При малых расходах топлива форсунки высокого напора не дают удовлетворительного распыливания. Поэтому они работают большей частью с расходом не ниже 100 кг/час. Исключением является форсунка Шухова, первые номера которой могут применяться и при очень малых расходах. Что касается максимальной производительности форсунок высокого давления, то она зависит от их конструкции. В энергетике в основном применяют форсунки, расходующие до 2, а на промышленных печах - до 3 т мазута в час.

Форсунки низкого напора применяются, в основном, в печной технике [42]. Как правило, они работают только с воздушным дутьем, но в отдельных конструкциях, предназначенных для сжигания высоковязких мазутов, предусмотрена подача, наряду с воздухом, и небольшого количества пара. Последний играет, по существу, роль подогревателя топлива в пределах самой форсунки. Расход воздуха в этих форсунках составляет примерно 50 – 100 % того количества его, которое необходимо для сжигания топлива. Скорость воздуха в месте распыливания составляет около 50 – 70 м/сек, а иногда достигает и 100 м/сек. Воздух в форсунки низкого напора подают, как правило, незакрученным. Однако имеются и конструкции, в которых осуществлена закрутка потока. Во многих конструкциях применен принцип

двухступенчатого распыливания.

Рассчитаны форсунки низкого напора на работу с малой производительностью [43]. Некоторые из них дают удовлетворительное распыливание при крайне низком расходе, составляющем всего 1.5 кг/час. Этому способствует относительно большой диаметр выходного сопла. Обычно же форсунки низкого напора применяются при расходе топлива до 150 кг/час. В форсунках отдельных типов расход может быть доведен до 200 и даже до 300 кг/час:

На основе представленных характеристик типов форсунок, для распыления раствора хлорида лития на первую ступень печи кипящего слоя выбран пневматический тип. Данный тип не содержит в своей конструкции движущихся частей, и позволяет использовать коррозионностойкие материалы. Форсунка Шухова является наиболее подходящей конструкцией пневматического типа (рисунок ??). Простота и надежность в эксплуатации этой форсунки высокого давления обеспечили ей широкое применение в энергетике и на промышленных предприятиях уже в течение нескольких десятков лет.

Подробное исследование форсунки Шухова было проведено Всесоюзным теплотехническим институтом им. Ф. Э. Дзержинского. Опытами установлено [44], что во избежание засорения высота щели должна быть не менее 1 мм. Большой размер щели также не рекомендуется, так как при этом увеличивается расход пара, качество же распыливания не улучшается. О качестве распыливания авторы судили по прозрачности факела (наблюдения велись через гляделки) и по анализу газов (устанавливалась полнота сгорания топлива). Расход пара рекомендуется в количестве от 0.3 до 0.4 кг/кг расход воздуха - в количестве от 0.5 до 0.8 м³/кг. Чтобы предупредить перекосы и не допустить ухудшения распыливания, высоту щели не рекомендуется изменять в процессе работы. Форсунка дает длинный и узкий факел. Длина факела составляет от 2.5 до 4 м для малых и от 6 до 7 м для больших форсунок.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью экономического расчета является сравнение себестоимости передела технологического процесса от применяемого нагрева для печи кипящего слоя. Во всех расчетах данного раздела производительность 1000 т/год по хлориду лития принимается за годовой объем выпуска продукции. Работа будет вестись по трехсменному графику при восьмичасовом рабочем дне, при эффективном фонде рабочего времени 300 дней.

5.1 Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения инженерных решений

Потребность в основных фондах определяется исходя из стоимости оборудования, транспортных средств и других основных фондов, а также их количества.

В связи с наличием свободных производственных площадей в цехе №7 по производству коммерческих литиевых продуктов на ПАО «НЗХК» затрат на строительство зданий и на аренду производственных площадей не требуется. Затраты на транспортные средства не учитываются, т.к. они имеются в наличие у завода.

Расчет капитальных затрат на приобретение оборудования, его монтаж и пусконаладочные работы представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Расчет стоимости оборудования и работ

Наименование	Тип	Цена, тыс. руб.
Воздухонагреватель	Оборудование	1636.5
АГОС-5	Монтажные работы	7.0
	Пусконаладочные работы	320.0

Продолжение таблицы 5.1

Наименование	Тип	Цена, тыс. руб.
Теплогенератор АГОР	Оборудование	1134.8
	Монтажные работы	6.5
	Пусконаладочные работы	280.0
Воздуходувка ТГ-150-1,12М1	Оборудование	140.3
Пункт газорегулирующий ГРПШ	Оборудование	128.5
	Монтажные работы	376.1
	Пусконаладочные работы	35.2
Техническое перевооружене	Строительные работы	1934.5
	Проектно-изыскательские работы	1169.2
	Пусконаладочные работы	255.4
Вентсистема ПТ-1	Строительные работы	443.9
Вентсистема В-13	Строительные работы	57.9
Энергоснабжение системы автоматизации	Строительные работы	330.1
	Пусконаладочные работы	64.9
Газопровод	Строительные работы	396.4
Площадка обслуживания газопровода	Строительные работы	131.7
Система нагрева печей	Затраты на сертификацию и лицензирование	25.4
Итого		8874.3

Дополнительно необходимо учитываются затраты на монтаж, установку оборудования и дополнительные работы по переходу на газовый нагрев:

- на антикоррозионные работы:

$$C_T = 0.05 \cdot 8874.3 = 443.7; \quad (5.1)$$

- на кабельные разводки:

$$C_{\text{к.р.}} = 0.05 \cdot 8874.3 = 443.7; \quad (5.2)$$

- на вспомогательное оборудование:

$$C_{\text{всп.}} = 0.05 \cdot 8874.3 = 443.7; \quad (5.3)$$

Общие затраты равны сумме затрат на установку и монтаж оборудования:

$$\sum C = 8874.3 + 443.7 + 443.7 + 443.7 = 10205.4 \text{ тыс. руб.} \quad (5.4)$$

Расходы на оборотные средства и их обслуживание связаны с объемом выпуска продукции отличающиеся для нагрева печи на электрическом и газовом нагреве, приведены в таблице 5.2. Максимальная производительность печи кипящего слоя на электрическом нагреве:

$$G_{\text{электр}} = 300 / (21 + 4) \cdot 21 \cdot 6000 = 1512000.0 \quad (5.5)$$

Таблица 5.2 – Расчет стоимости оборотных средств и их обслуживания

Наименование оборотных средств	Норма расхода на единицу продукции, м ³ , кВт	Цена за единицу сырья, материалов, энергии руб.	Кол-во оборотных средств на весь годовой выпуск, м ³ , кВт	Затраты на оборотные средства, тыс. руб.
Потребность для электрического нагрева				
Электро-энергия	5.8	3.14	5800000.0	18212.0
Итого				18212.0
Потребность для газового нагрева				
Природный газ	0.8	5.5	800000.0	4400.0
Транспортировка природного газа				3805.7
Итого				8205.7

Из таблицы видно, что экономический эффект перехода на газовый нагрев, не учитывающий начальные вложения равен $18212.0 - 8205.7 = 10006.3$ тыс. руб..

5.2 Планирование потребности в человеческих ресурсах

В этом разделе определяется потребность в трудовых ресурсах, при переходе на газовый нагрев для печи кипящего слоя, по категории персонала (руководители, специалисты, технические исполнители, рабочие) и выполняемым функциям (технологи, механики, аппаратчики). При переходе на газовый нагрев количество персонала, участвующего в производстве хлорида лития, не изменяется.

Также при переходе на газовый нагрев дополнительный руководящий и административно-хозяйственный персонал не требуется. ПАО «НЗХК» имеет достаточное количество высококвалифицированных кадров.

Обслуживание газохода и газового оборудования передано в подрядную организацию.

При переходе на газовый нагрев уменьшается время простоя при зачистке, запуске и остановке оборудования. Эффективность использования рабочего времени произведен расчет числа рабочих и фонда заработной платы.

Для определения числа рабочих участвующих в получении хлорида лития, установлен годовой фонд времени одного среднесписочного рабочего. При круглосуточной работы смен по 8 часов, осуществления осуществляется пятью производственными бригадами.

Для определения фонда рабочего времени Составим баланс рабочего времени среднесуточного рабочего, с целью определения фонда рабочего времени (Таблица 5.3). Эффективное время работы персонала определяется из баланса рабочего времени.

Таблица 5.3 – Баланс эффективного времени одного среднесписочного работника

Элементы времени	Непрерывное производство, 8-ч рабочий день, 1 бригады	
	дней	часов
Календарный фонд рабочего времени	365	2920
Выходные	118	944
Номинальный фонд рабочего времени	247	1971
Планируемые невыходы:		
- очередные и дополнительные отпуска;	56	448
- невыходы по болезни;	12	96
- выполнение государственных и общественных обязанностей;	1	8
- отпуск в связи с учёбой без отрыва от производства;	14	112
Итого (планируемые невыходы):	83	664
Эффективный фонд рабочего времени	164	1312

Используя данные баланса времени одного среднесписочного работника, рассчитан эффективный фонд рабочего времени:

$$T_{\text{эф.раб}} = 164 \cdot 8 = 1312.0 \text{ часов} \quad (5.6)$$

Количество выходных дней в году, ночных смен определяется количеством смен и их длительностью.

Длительность сменоборота:

$$T_{\text{см.об.}} = n_{\delta} \cdot T_n = 4 \cdot 5 = 20 \text{ дней}, \quad (5.7)$$

где n_{δ} – число бригад;

T_n – число дней, в которые бригада ходит в смену.

Численность производственных рабочих определяется исходя из прогрессивных норм обслуживания при полном обеспечении производительности печи кипящего слоя участком. При переходе на газовый нагрев печи кипящего слоя не требуется увеличение количества рабочих участвующих в производстве хлорида лития.

Списочная численность рабочих определена по следующей формуле:

$$H_{\text{сп}} = H_{\text{яв}} \cdot \frac{T_{\text{эф.об}}}{T_{\text{эф.раб}}} \quad (5.8)$$

где $H_{\text{яв}}$ – число основных рабочих;

$T_{\text{эф.об}}$ – эффективный фонд времени работы оборудования;

$T_{\text{эф.раб}}$ – эффективный фонд рабочего времени персонала.

Эффективный фонд времени работы оборудования рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{эф.об}} = \left(1 - \frac{K_{\text{потерь}}}{100} \right) = 260 \cdot 3 \cdot 8 \left(1 - \frac{10}{100} \right) = 5616 \text{ ч.} \quad (5.9)$$

где D – число рабочих дней в году, 260);

t – продолжительность смены, 8 час;

$K_{\text{потерь}}$ – плановые потери рабочего времени на ремонт и наладку оборудования ($K_{\text{потерь}}$ – от 5 до 10 %).

Численности специалистов производится в связи с потребностью цеха в каждой группе работников. Для реализации проекта дополнительный руководящий и административно-хозяйственный персонал не требуется. ПАО «НЗХК» имеет достаточное количество высококвалифицированных кадров. Также при переходе на газовый нагрев не требуется привлечение дополнительного числа работников. Что приводит к сохранению фонда заработной платы на прежнем уровне.

5.3 Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования

Основное оборудование изготовлено и установлено в 1990-х годах, т.о. к настоящему времени не требует амортизационных отчислений (АО), только затраты на ремонт и обслуживание. Поэтому сумма амортизационных отчислений рассчитывается только для оборудования приобретенного для перехода на газовый нагрев представленного в таблице 5.1.

$$АО = \frac{C_{о.ф.} \cdot H}{100} = \frac{3541900 \cdot 10}{100} = 354190 \text{ руб.} \quad (5.10)$$

где $C_{о.ф.}$ – среднегодовая стоимость основных фондов, руб.;

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

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

$$\Phi_{рем} = 3541900 \cdot 15/100 = 531285 \text{ руб.} \quad (5.11)$$

Расходы на содержание составляют 5 % от стоимости оборудования:

$$З_{сод} = 3541900 \cdot 5/100 = 177095 \text{ руб.} \quad (5.12)$$

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

$$З_{ОТиТБ} = 3541900 \cdot 15/100 = 531285 \text{ руб.} \quad (5.13)$$

Прочие затраты составляют 15 % от общих затрат на основные средства:

$$З_{проч} = 3541900 \cdot 15/100 = 531285 \text{ руб.} \quad (5.14)$$

Таким образом, все затраты связанные с содержанием оборудования, приобретенного при переходе на газовый нагрев, равны:

$$З_{общ} = АО + \Phi_{рем} + З_{сод} + З_{ОТиТБ} + З_{проч} = \quad (5.15)$$

$$= 354190 + 531285 + 177095 + 531285 + 531285 = 2125140 \text{ руб.} \quad (5.16)$$

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

На рисунке 5.1 представлены зависимости экономического эффекта от перехода на газовый нагрев.

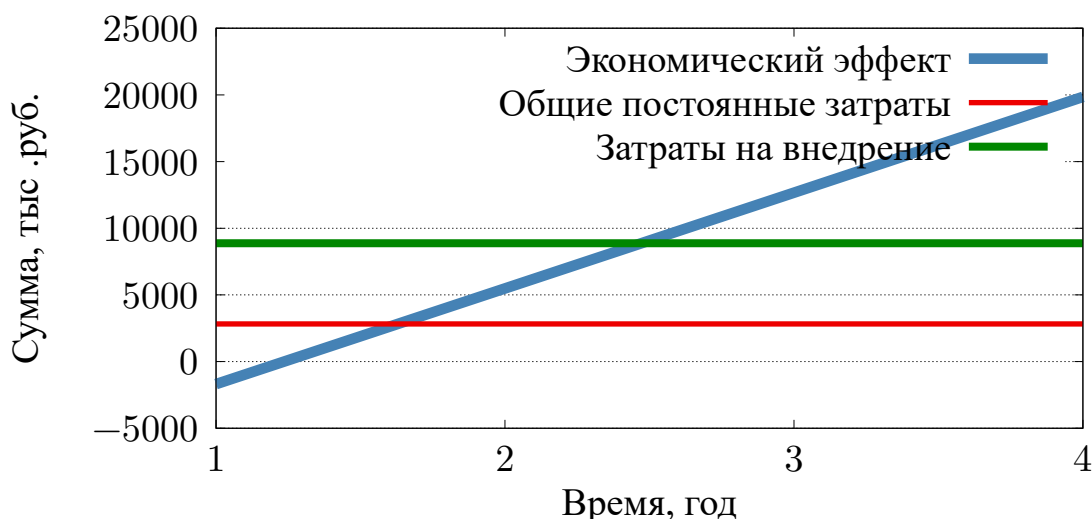


Рисунок 5.1 – Экономический эффект перехода с электрического на газовый нагрев печи кипящего слоя

Согласно расчетам после первого года эксплуатации печи кипящего слоя на газовом нагреве экономический эффект составляет -1693.14 тыс.руб. При этом выгода при переходе на газовый нагрев с учетом постоянных затрат составляет 7181.16 тыс.руб. Уже после второго года использования оборудования экономический эффект перехода на газовый нагрев принимает положительное значение и равен 5488.02 тыс.руб.

Таким образом внедрение инженерных решений, связанных с изменением метода нагрева теплоносителя для печи кипящего слоя с электрического на газового, принимает положительный экономический эффект после второго года внедрения. Рассчитанный экономический эффект учитывает затраты: на закупку, монтаж и пусконаладочные работы для оборудования; на организацию транспортировки природного газа.