

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

Институт: Физико-технический
 Специальность: 240601 Химическая технология материалов современной энергетики
 Кафедра: «Химическая технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов»

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ/РАБОТА

Тема работы
Проект цеха электролитического получения титанового порошка производительностью 9 т/год

УДК _____

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0401	Сорокина Екатерина Викторовна	<i>Сорокина</i>	23.12.15

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Карелин Владимир Александрович	д.х.н.	<i>Карелин</i>	12.01.16

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Тухватулина Лилия Равильевна	к.ф.н	<i>Тухватулина</i>	29.12.2015

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Усов Владимир Федорович	к.т.н.	<i>Усов</i>	24.12.15

По разделу «Автоматизация процесса»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Вильнина Анна Владимировна	к.т.н.	<i>Вильнина</i>	1.01.16

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Крайденко Роман Иванович	к.т.н.		

Томск – 2016 г.

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

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

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
 Р.И. Крайденко
 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

дипломного проекта

Студенту:

Группа	ФИО
0401	Сорокина Екатерина Викторовна

Тема работы:

Проект цеха электролитического получения титанового порошка производительностью 9 тонн в год	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 13 ноября 2015 года, № 8928/с

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Цех электролитического получения титанового порошка производительностью 9 тонн в год. Основной аппарат цеха – электролизер, работает в непрерывном режиме. Данные о элементном составе сырья: TiO ₂ – 84,75%, FeO – 2,8%, SiO ₂ – 3,2%, CaO – 0,65%, Al ₂ O ₃ – 3%, MgO – 3,3%, MnO – 1,2%, V ₂ O ₅ – 0,15%, Cr ₂ O ₃ – 0,95%.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Введение. ТЭО. 2. Аналитический обзор существующих методов. 3. Теория выбранного процесса. Разработка и описание аппаратурно-технологической схемы. 4. Расчетная часть. <ol style="list-style-type: none"> 4.1. Расчет материального баланса. 4.2. Расчет теплового баланса. 4.3. Аппаратный расчет. Расчет геометрии и габаритов аппаратов технологической схемы.

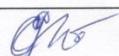
	4.4. Механический расчет основного аппарата. 4.5. Гидравлический расчет. 4.6. Энергетический расчет. 5. Автоматизация процесса. 6. Строительная часть. 7. Охрана труда и техника безопасности. 8. Расчет периода окупаемости предприятия.
Перечень графического материала	1. Блок-схема с материальными потоками. 2. Аппаратурно-технологическая схема. 3. План размещения оборудования. 4. Разрез цеха. 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	Доцент, к.ф.н., Тухватулина Л.Р.
Социальная ответственность	Доцент, к.т.н., Усов В.Ф.
Автоматизация процесса	Доцент, к.т.н. Вильнина А.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Все разделы ВКР написаны на русском языке	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	12 октября 2015 года
---	----------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ХТРЭ	Карелин Владимир Александрович	д.т.н, доцент		12.10.2015

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0401	Сорокина Екатерина Викторовна		12.10.2015

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

1 Определения

Электролиз – физико-химический процесс, состоящий в выделении на электродах составных частей растворенных веществ или других веществ, являющихся результатом вторичных реакций на электродах, который возникает при прохождении электрического тока через раствор, либо расплав электролита.

Электрод – электрический проводник, имеющий электронную проводимость и находящийся в контакте с ионным проводником – электролитом. Положительно заряженный электрод принято называть – анодом, отрицательно заряженный электрод – катодом.

Электролит – вещество, которое проводит электрический ток вследствие диссоциации на ионы, что происходит в растворах и расплавах, или движения ионов в кристаллических решетках твердых электролитов.

Ион – электрически заряженная неэлементарная частица (атом, молекула, свободный радикал), получаемая в процессе ионизации. Имеет положительный или отрицательный заряд, кратный заряду электрона. Положительно заряженный ион принято называть – катионом, отрицательно заряженный ион – анионом.

Сублимация – физический процесс перехода вещества из твердого состояния в газообразное без пребывания в жидком состоянии.

Десублимация – физический процесс перехода вещества из газообразного состояния в твердое, минуя жидкое.

Измельчение – процесс уменьшения размеров частиц твердого тела до требуемых размеров путем механического воздействия.

Окислительно-восстановительная реакция (реакции окисления-восстановления) – реакции, сопровождающиеся изменением степени окисления

атомов, входящих в состав реагирующих веществ. Одновременно происходит окисление (отдача электронов) и восстановление (присоединение электронов).

Фильтрация – движение жидкости в пористой среде под действием гравитации или градиента напора.

2 Обозначения и сокращения

ШЭП – шахтные электропечи;

АСУТП – автоматизированная система управления технологическими процессами;

ППР – плановый предупредительный ремонт;

ЗП – заработная плата;

МОП – младший обслуживающий персонал;

ИТР – инженерно-технический работник;

ФСА – функциональная схема автоматизации;

МФК – микропроцессорный контроллер;

АРМ – автоматизированное рабочее место;

ПЭВМ – персональная электронная вычислительная машина.

3 Нормативные ссылки

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

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

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

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

ГОСТ 2.301 - 68 Единая система конструкторской документации. Форматы.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ГОСТ 24.301 - 80 Система технической документации на АСУ. Общие требования к текстовым документам.

ГОСТ 24.302 - 80 Система технической документации на АСУ. Общие требования к выполнению схем.

Реферат

Ключевые слова: фторидный расплав, процесс электролиза, фтор, тетрафторид титана, фториды примесей, электролизер, процессы на катоде и аноде.

Объектом исследования является технологическая схема цеха электролитического получения титанового порошка.

Цель работы – спроектировать цех для электролитического получения титанового порошка.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: Количество ванн для проведения процесса электролиза – 1, количество анодов – 8, количество катодов – 2, внутренний объем ванны = 6648000 см³. Выход по порошку титана = 9 тонн в год.

Степень внедрения: проект находится на стадии разработки.

Область применения: Химическая технология редких металлов.

Экономическая эффективность/значимость работы: Капитальные затраты на строительство и организацию производства составили 742129927 руб, условно-постоянные затраты – 170 рублей/кг, условно-переменные затраты – 266 рублей/ кг титана при мощности производства 9000 кг титана в год. Критический объем производства 5087,3 кг титана в год. Таким образом, проект является выгодным и перспективным.

Планируется улучшение технологической схемы в будущем, всевозможные усовершенствования проекта по электролитическому получению титана, которые могут увеличить эффективность получения порошка титана и снизить себестоимость конечного продукта.

Abstract

Tags: fluoride melt, the process of electrolysis, fluorine, titanium tetrafluoride, fluoride impurities, electrolytic processes at the cathode and anode.

The object of the study is flowsheet workshop electrolytic production of titanium powder.

The purpose of work - to design a plant for the electrolytic production of titanium powder.

Basic design, technological, technical and operational characteristics: Number of baths for electrolysis process - 1, the number of anodes - 8, the number of cathodes - 2, the internal volume of the bath = 6648000 cm³. Out of titanium powder = 9 tons per year.

Degree of implementation: The project is under development.

Scope: Chemical technology of rare metals.

Cost-effectiveness / value of the work: The capital cost for the construction and organization of production amounted to 742129927 rubles, semi-fixed costs - 170 rubles / kg, semi-variable costs - 266 rubles / kg titanium production capacity of 9000 kg titanium per year. A critical output of 5087.3 kg titanium per year. Thus, the project is profitable and promising.

Flowsheet is planned to improve in the future, various improvements project for electrolytic production of titanium, which can increase efficiency in obtaining titanium powder and reduce the cost of the final product.

Оглавление

Введение	12
1. Обзор литературы	14
1.1 Общие сведения о минералах титана и существующие способы их переработки	14
1.1.1 Сернокислотный метод	15
1.1.2 Хлорный метод	18
1.2 Теория процесса электролиза	19
1.2.1 Фторидная переработка титансодержащих концентратов	19
1.2.2 Получение титана методом электролиза	27
2. Объекты и методы исследования	28
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение	29
3.1 Расчет численности работающих	29
3.2 Расчет годового фонда заработной платы основных рабочих	32
3.3 Расчет годового фонда заработной платы ИТР цеха	35
3.4 Расчет капитальных затрат на здание и оборудование	39
3.5 Расчет технологических затрат	43
3.6 Калькуляция себестоимости передела	45
3.7 Анализ безубыточности	46

Введение

Титан – элемент побочной подгруппы четвертой группы четвертого периода Периодической системы Д. И. Менделеева, с атомным номером 22. Простое вещество титан – легкий прочный металл серебристо-белого цвета.

Актуальность. В настоящее время в мире перерабатываются огромные количества титаносодержащих концентратов с выпуском, в основном, пигментного диоксида титана (примерно 4,0 млн. т/год) и незначительного количества металлического титана (50 – 70 тыс. т/год). Необходимо рассмотреть вопрос о повышении экономической эффективности процесса получения титана в виде высокочистого металлического порошка, имеющего низкую стоимость, образующегося при переработке наиболее богатых по содержанию TiO_2 природных и полученных в результате переработки других видов сырья ильменитовых концентратов. При переработке даже богатых ильменитовых концентратов как по сернокислотной, так и по хлоридной технологиям, в окружающую среду сбрасываются огромные количества вредных химических веществ, регенерация которых приводит к серьезным экологическим последствиям и резкому ухудшению технико-экономических показателей производства.

Переработка ильменитовых концентратов с использованием в качестве основного реагента – элементного фтора, являющегося одним из наиболее реакционно способных веществ среди элементов-окислителей, кардинальным образом снижает себестоимость производства и полностью исключает сбросы вредных химических веществ в окружающую среду. Резко возрастает качество товарной продукции – металлический порошкообразный титан, синтезированный электролитическим методом, имеет чистоту не менее 99,99 % мас.

Цель работы: спроектировать цех для электролитического получения порошка титана.

Объектом исследования является технологическая схема цеха электролитического порошка титана.

Предметом исследования является цех, в котором будет осуществляться процесс электролитического получения титана, основной аппарат электролизер.

Научная и практическая новизна заключается в следующем:

– Предложена принципиальная технологическая схема и технологическая схема цепи аппаратов электролитического получения порошка титана, обеспечивающая комплексную переработку ильменитового концентрата с получением конечного продукта – титанового порошка.

Практическая значимость результатов ВКР. Областью применения данного проекта является химическая технология редких металлов. Полученные данные, рассчитанные и приведенные в проекте указывают на перспективность разработанной технологии. Внедрение предлагаемой технологии позволит получать порошок титана. При его дальнейшей переработке можно получать компактные изделия сложной формы, используя при этом минимальное количество титана.

1 Обзор литературы

1.1. Общие сведения о минералах титана и существующие способы их переработки

В настоящее время существуют 2 основных метода переработки титановых концентратов: хлорный и серноокислотный методы. Основные минералы титана это: ильменит FeTiO_3 , рутил TiO_2 , а также титаномагнетиты. Наименьшее промышленное значение имеют сфен $\text{CaTi}[\text{SiO}_4]\text{O}$ и перовскит CaTiO_3 . Добытую руду дробят и подвергают магнитной сепарации, которая основана на различии магнитных свойств минералов, входящих в ее состав. Ильменит концентрируется в немагнитной фракции вместе с пустой породой, которую отделяют затем гравитационным способом или флотацией. В тех случаях, когда руда представляет собой нераспавшиеся титано-магнетиты или чрезвычайно тонкие сростания ильменита и магнетита, наиболее эффективно пирометаллургическое обогащение, в результате которого получают титановые шлаки.

Ильменит сравнительно легко разлагается кислотами, поэтому для его вскрытия в промышленности широко используется серноокислотный способ. Концентраты, содержащие рутил, не могут перерабатываться серноокислотным способом, так как он не растворяется в H_2SO_4 . При переработке концентратов конечный продукт производства – диоксид титана. Второй промышленный метод – хлорирование – нашел широкое применение в связи с необходимостью получения TiCl_4 – полупродукта в производстве металлического титана. Хлорировать можно любые концентраты. Так как титановые концентраты содержат большое количество железа, при их переработке расходуется много серной кислоты или хлора. Чтобы сделать переработку концентратов рациональной, предложены и используются различные методы предварительной подготовки их к вскрытию, целью которых является

максимальное удаление железа и повышение содержания TiO_2 в получающихся продуктах.

1.1.1 Сернокислотный метод переработки минералов титана

Сернокислотным методом перерабатываются перовскитовые, сфеновые, ильменитовые концентраты и титановые шлаки. При разложении серной кислотой перовскитовых и сфеновых минералов образуется большое количество гипса или смеси гипса с кремнеземом (до 9 т на 1т TiO_2), что усложняет процесс и препятствует их использованию. Сернокислотный способ до последнего времени был основным в переработке ильменита и шлаков на пигментный диоксид титана.

Метод сложен и требует многих операций, главными из которых являются:

- 1) вскрытие концентрата;
- 2) очистка сульфатных растворов;
- 3) гидролиз растворов;
- 4) прокаливание гидроксида титана до диоксида.

Схема переработки ильменита сернокислотным способом приведена на рисунке 1.

Разложить концентраты можно 40 – 95 %-ной H_2SO_4 , но лучшие результаты дает 80 – 95 % - ная кислота. Продукты вскрытия в этом случае представляют собой твердую массу, а метод называется твердофазным.

Обычно концентрат разлагают в реакторах периодического действия, футерованных кислотоупорной диабазовой плиткой. Реакционную смесь нагревают острым паром и одновременно перемешивают воздухом. Начавшись (при температуре 120 – 135 °С), реакция развивается бурно, становится неуправляемой, температура поднимается до 180 – 210 °С, наблюдается вспенивание, а иногда и выбросы реакционной массы. Через 2 – 3 мин масса затвердевает в виде плава.

Общее вскрытие ильменита 94 – 97 %. После охлаждения (2 – 3 ч) плав выщелачивают водой при температуре 55 – 65 °С (повышение температуры может вызывать преждевременный гидролиз).

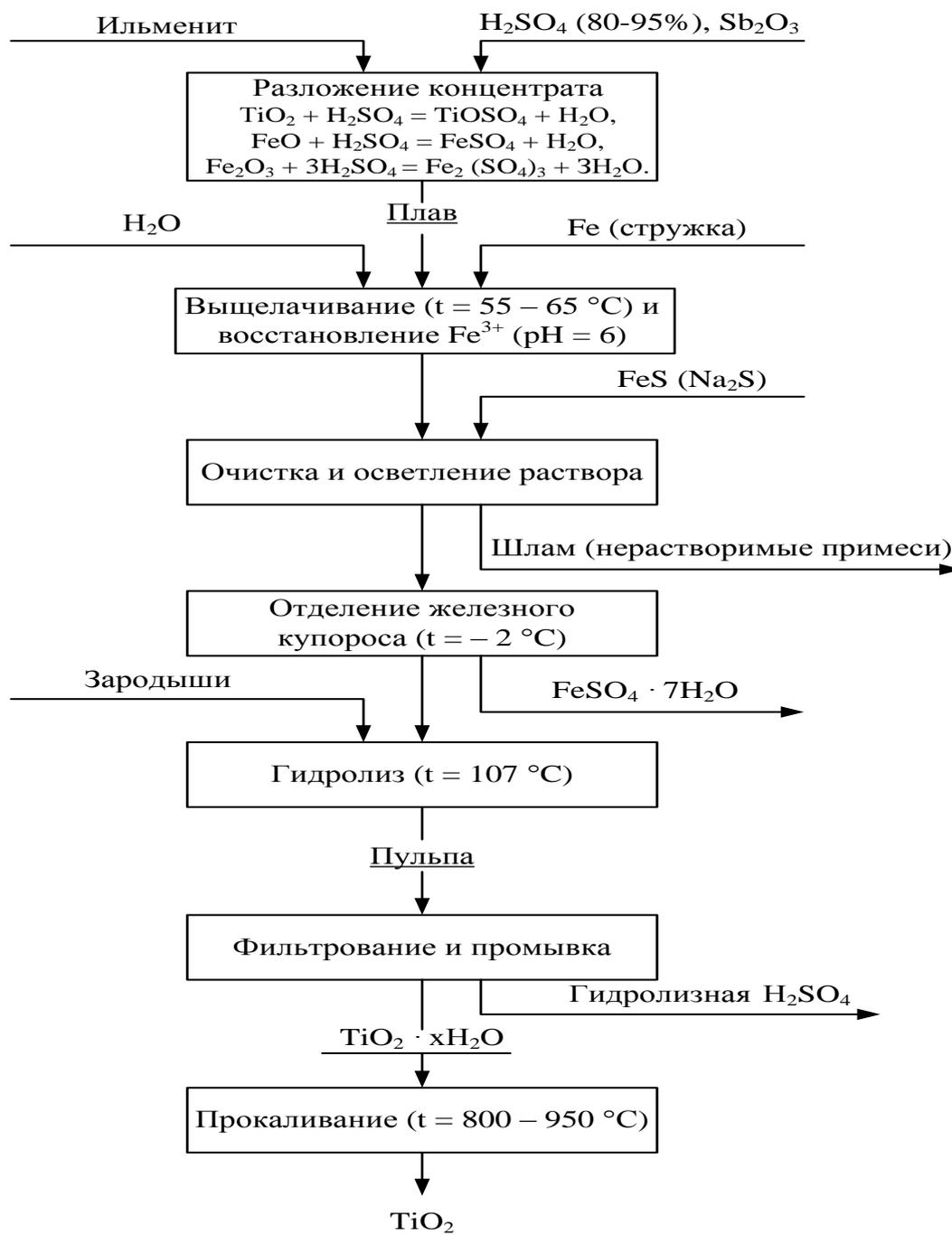


Рисунок 1 – Принципиальная схема переработки ильменита сернокислотным способом

В растворах после выщелачивания присутствует Fe (III), гидролизующееся при pH = 2. Чтобы предотвратить осаждение железа вместе с

гидроксидом титана, его восстанавливают железным скрапом до Fe (II) (pH = 6). Конец реакции контролируют по появлению фиолетовой окраски Te^{3+} . После выщелачивания и восстановления растворы содержат 110 –120 г/л TiO_2 , 90 –100 г/л Fe, 220 – 240 г/л активной кислоты, сульфаты примесей. Часть нерастворимых примесей (кремнезем, неразложившийся ильменит) находится в виде тонкодисперсной взвеси. Ее осаждают различными коагулянтами, лучший из них As_2S_3 , дающий хлопьевидный осадок. Осветленный раствор охлаждают до температуры – 2 °С для кристаллизации железного купороса $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Далее его упаривают в вакуум - выпарных аппаратах при температуре 70 – 75 °С и направляют на гидролиз. Для ускорения гидролиза к раствору добавляют затравку (зародыши) – коллоидные растворы гидроксида титана, получаемые неполным гидролизом сульфатных растворов или гидролизом TiCl_4 .

В результате гидролиза, который проводят при температуре кипения ($t \sim 107$ °С), в осадок выпадает 95 – 96 % Ti; в растворе остаются практически все примеси. Отфильтрованный и промытый на барабанных вакуум – фильтрах осадок гидроксида титана прокаливают (800 – 950 °С). При этом образуются частицы пигмента; их средний размер 1 мкм.

При серноокислотном способе на 1 т TiO_2 получается до 4 т железного купороса и до 5 м³ гидролизной H_2SO_4 , загрязненной примесями. Гидролизную кислоту целесообразно было бы возвращать в производственный цикл, но этому препятствует присутствующая в ней тончайшая взвесь гидроксида титана, которая может стать причиной преждевременного гидролиза растворов. Ее упаривают до 78 % и используют в производстве суперфосфата. Лучший метод утилизации железного купороса – термическое разложение с получением из образующегося при этом SO_2 серной кислоты.

Использование титановых шлаков позволяет упростить технологию, снизить расход серной кислоты. Отпадает необходимость в восстановлении железа и выделении железного купороса. Растворы после выщелачивания направляют на гидролиз без предварительного концентрирования. Но в шлаках

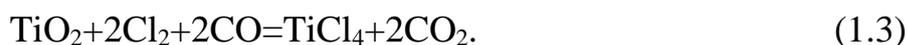
мало железа, поэтому при разложении выделяется недостаточно тепла, – необходим предварительный подогрев до 160 – 180 °С.

Для сортов TiO_2 , применяемых в металлургии, физические и физико-химические требования, определяющие ее качество как пигмента, почти не имеют значения. В связи с этим производство TiO_2 упрощается, отпадает необходимость концентрировать растворы перед гидролизом, облегчается фильтрация крупнодисперсных осадков гидроксида. Но с целью более полного удаления серы ее прокаливают при 1100 °С [1].

1.1.2 Хлорный метод

Хлоридный способ переработки титановых концентратов более новый по сравнению с сернокислотным. Хлор очень реакционноспособен, вследствие чего при его действии на минеральное сырье сравнительно легко образуются хлориды. Разнообразие свойств хлоридов и легкость взаимодействия их с другими химическими соединениями позволяет не только извлекать из сырья, но и эффективно разделять ценные компоненты.

Принципиальная схема переработки титановых концентратов хлорным методом приведена на рисунке 2. Основной вид сырья для $TiCl_4$ это рутил и титановые шлаки, в которых Ti имеет различную степень окисления. При хлорировании TiO_2 в присутствии углерода возможны реакции:



Хлорирование начинается при температуре 400 °С, выше 800 °С степень превращения TiO_2 в $TiCl_4$ близка к 100%. Доминирование той или другой реакции зависит от температуры и во многом определяется равновесиями в системе углерод – кислород. Ниже 700 °С хлорирование протекает в основном с образованием CO_2 , выше – преимущественно с образованием CO .

В присутствии избыточного хлора возможно образование небольших количеств фосгена.

Сопоставление скоростей хлорирования TiO_2 , Ti_2O_3 , TiO и шлака показывает: чем ниже степень окисления Ti , тем выше скорость хлорирования. TiO_2 начинает хлорироваться с заметной скоростью при $t \sim 850$ °С, в то время как TiO – при 225 °С. При температуре 560 °С скорость хлорирования Ti_2O_3 в 25 – 30 раз меньше скорости хлорирования TiO . Титановые шлаки по своей реакционной способности близки к Ti_2O_3 [1].

Рутил, титановые шлаки, лопарит хлорируют в виде брикетов с нефтяным коксом; на скорость хлорирования оказывают влияние состав и помол шихты, размеры брикета, пористость и т. д.

Основные стадии этого сложного гетерогенного процесса:

- 1) подвод хлора к поверхности брикета;
- 2) диффузия хлора внутрь брикета;
- 3) химическая реакция.

1.2 Теория процесса

1.2.1 Фторидная переработка титансодержащих концентратов

Существующие методы переработки титансодержащих концентратов имеют ряд существенных недостатков:

- 1) высокая стоимость конечного продукта;
- 2) большой расход реагентов;
- 3) сложность очистки конечного продукта от используемых реагентов;
- 4) большое количество отходов, загрязняющих окружающую среду.

Переработка титансодержащих концентратов с использованием в качестве основного реагента – элементного фтора, являющегося одним из наиболее реакционно-способных веществ среди элементов-окислителей, помогает устранить эти недостатки. Резко возрастает качество товарной продукции –

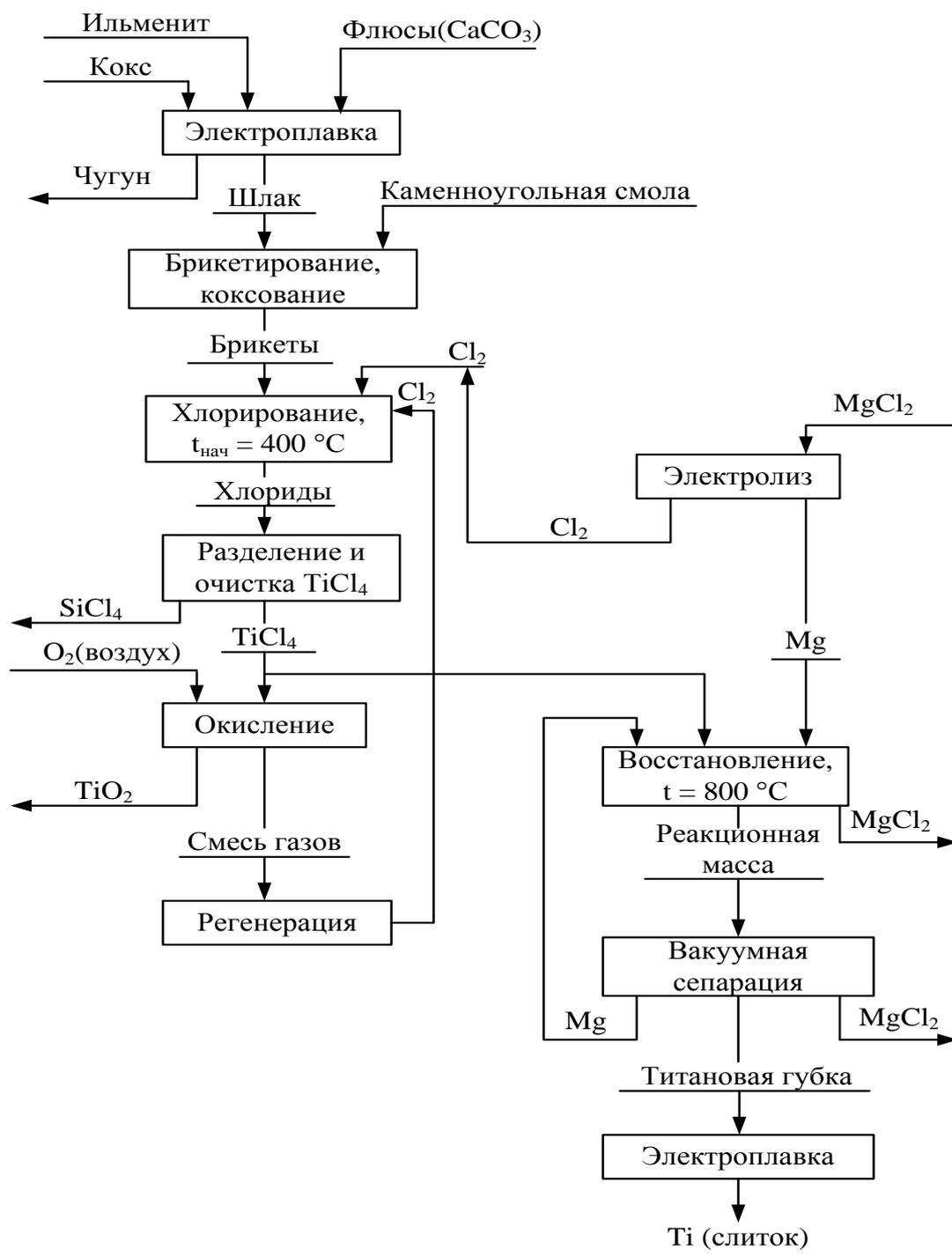


Рисунок 2 – Принципиальная схема переработки титановых концентратов хлорным методом

– металлический порошкообразный титан, синтезированный электролитическим методом, имеет чистоту не менее 99,99 % мас.

В качестве исходного сырья используется ильменитовый концентрат. Его примерный состав приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Примерный состав ильменитового концентрата

Вещество	Содержание, % мас.
TiO ₂	84,75
FeO	2,8
SiO ₂	3,2
CaO	0,65
Al ₂ O ₃	3
MgO	3,3
MnO	1,2
V ₂ O ₅	0,15
Cr ₂ O ₃	0,95
Итого:	100

Наиболее перспективным методом является фторидный способ переработки ильменитовых концентратов.

Процесс фторирования ильменитовых концентратов проводят в две стадии. На первой стадии в пламенный реактор подают избыток элементного фтора относительно стехиометрии.

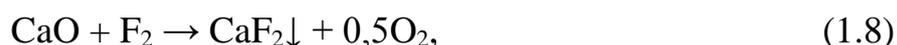
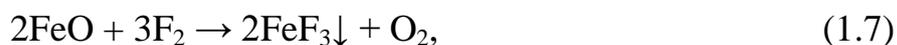
При этом основной компонент ильменитового концентрата – диоксид титана, а также оксифторид титана (TiOF₂), поступающие со второй стадии процесса фторируются по реакциям:



В верхней части трубы пламенного реактора находятся устройства для подачи реагентов – твердой фазы и обратного элементного фтора. В процессе смешивания реагентов за счет высокой экзотермичности процесса в трубе образуется факел, температура в котором превышает 2000 °С. Для предотвращения коррозии вертикальной трубы снаружи ее охлаждают водой. В сальниковые уплотнения устройств подачи твердой фазы и ее распыления для создания инертной среды подают газообразный азот. Высота вертикальной трубы пламенного реактора составляет 5-7 м. В нижней части пламенного

реактора расположен горизонтальный шнековый реактор для выгрузки непрофторированного ильменита и нелетучих фторидов, образующихся при фторировании ильменита, в контейнер.

Примеси, содержащиеся в ильменитовых концентратах, взаимодействуют с элементарным фтором по реакциям:



Газообразные продукты реакций – TiF_4 , SiF_4 , O_2 и избыток F_2 направляют на вторую стадию фторирования в реактор для улавливания избытка F_2 , а нелетучие фториды (нелетучий остаток) – FeF_3 , CaF_2 и AlF_3 выводят из процесса. В нем также может находиться 0,5-1,0 % мас. непрореагировавших TiO_2 и TiOF_2 . Эта твердая фаза является товарной продукцией, которая применяется в цветной и черной металлургии в качестве фторидных флюсов, не содержащих фосфора и серы.

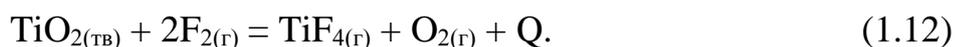
Улавливание избытка F_2 на исходном ильменитовом концентрате протекает при температуре 350 °С по реакции:



Избыток твердой фазы ильменитового концентрата и образовавшийся оксифторид титана выгружают шнеком в бункер и подают на первую стадию фторирования в пламенный реактор.

Производительность пламенного реактора составляет 12058,96 кг/год по диоксиду титана.

Элементарный фтор поступает в верхнюю часть реактора фторирования по кольцевому зазору. За счет соприкосновения твердой и газообразной фаз происходит их почти мгновенное взаимодействие с громадным выделением тепла с образованием факела в верхней части реактора фторирования, температура в котором составляет 1100-1500°С. Этот процесс описывается реакцией:



Превращение диоксида титана в тетрафторид происходит с высокой полнотой, если поддерживается избыток не менее 10 % мас. элементного фтора, а порошок диоксида титана хорошо диспергируется в газовом потоке. Диспергирование порошка осуществляется вибрирующей насадкой с полочками или при помощи вращающегося вала с лопаточками, изображенного на рисунке 3.8, помещенного в верхней части трубы реактора фторирования.

Реактор фторирования работает при очень высокой температуре, однако его стенки охлаждаются с внешней стороны водой с помощью водяной рубашки. Температура воды в рубашке не превышает 80°C, а температура стенок не превышает 135°C. При таком температурном режиме стенок реактора не происходит их коррозия. Реакция фторирования проходит преимущественно в верхней части реактора, на длине 600-900 мм, поэтому эта часть реактора охлаждается с наибольшей интенсивностью. Охлаждающая рубашка разделена на четыре равные зоны. Каждая зона охлаждения автоматически регулируется при помощи термодатчиков, заделанных в стенку.

Из реактора фторирования пылегазовая взвесь поступает в механизм разгрузочный, представляющий собой горизонтальный аппарат с охлаждаемым изнутри водой шнеком. Шнек имеет сальниковые уплотнения и приводится в действие электроприводом. Охлаждающая вода после охлаждения шнека сливается в камеру слива.

В процессе получения тетрафторида титана происходит образование нелетучих фторидов примесей, содержащихся в исходном рутиловом концентрате, которые называются фторидным огарком.

Из-за того, что диаметр разгрузочного механизма примерно в 3 раза больше диаметра реактора фторирования линейная скорость пылегазового потока резко падает и большая часть образовавшихся твердых частиц нелетучих фторидов выделяется из газового потока осаждаясь на поверхности охлаждаемого шнека или на дне разгрузочного механизма. Образовавшийся

фторидный огарок шнеком разгрузочного механизма перегружается в контейнер, находящийся под реактором.

Выходящий из механизма разгрузочного поток газов, содержащий тетрафторид титана, избыток элементного фтора, кислород и фториды летучих примесей направляют в осадительную камеру для более полного удаления мелких частиц твердой фазы. По мере накопления эти частицы поступают в механизм разгрузочный и из него – в контейнер нелетучего остатка. Затем предварительно очищенный пылегазовый поток направляют на охлаждение в теплообменник, в котором происходит охлаждение потока до 120 °С. Охлажденный пылегазовый поток пропускают через никелевый фильтр (из спеченного металлического порошка) для улавливания твердых частиц. Охлаждение необходимо, чтобы избежать повреждения пористого никелевого фильтра. В реакторе фторирования поддерживается давление 127 мм вод. ст. при помощи установленного на трубопроводе отфильтрованного газа автоматического вентиля с пневматическим приводом. Общий вид пламенного реактора представлен на рисунке 3.

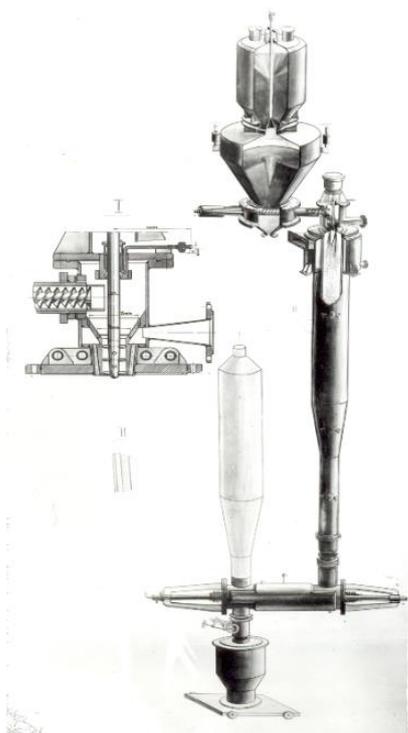


Рисунок 3 – Общий вид пламенного реактора

Конструкции форсунок во многом аналогичны конструкциям горелок для сжигания топлива и, в известной степени, конструкциям некоторых видов реактивных двигателей. Разница заключается лишь в том, что в соплах скорости истечения газов определяет дальность факела и производительность реактора, то для достижения большей производительности можно, по-видимому, использовать опыт конструирования газовых горелок и устанавливать несколько форсунок в одном аппарате. При этом увеличивается лишь диаметр корпуса, а длина реактора практически не меняется. Конструкция форсунок приведена на рисунке 4

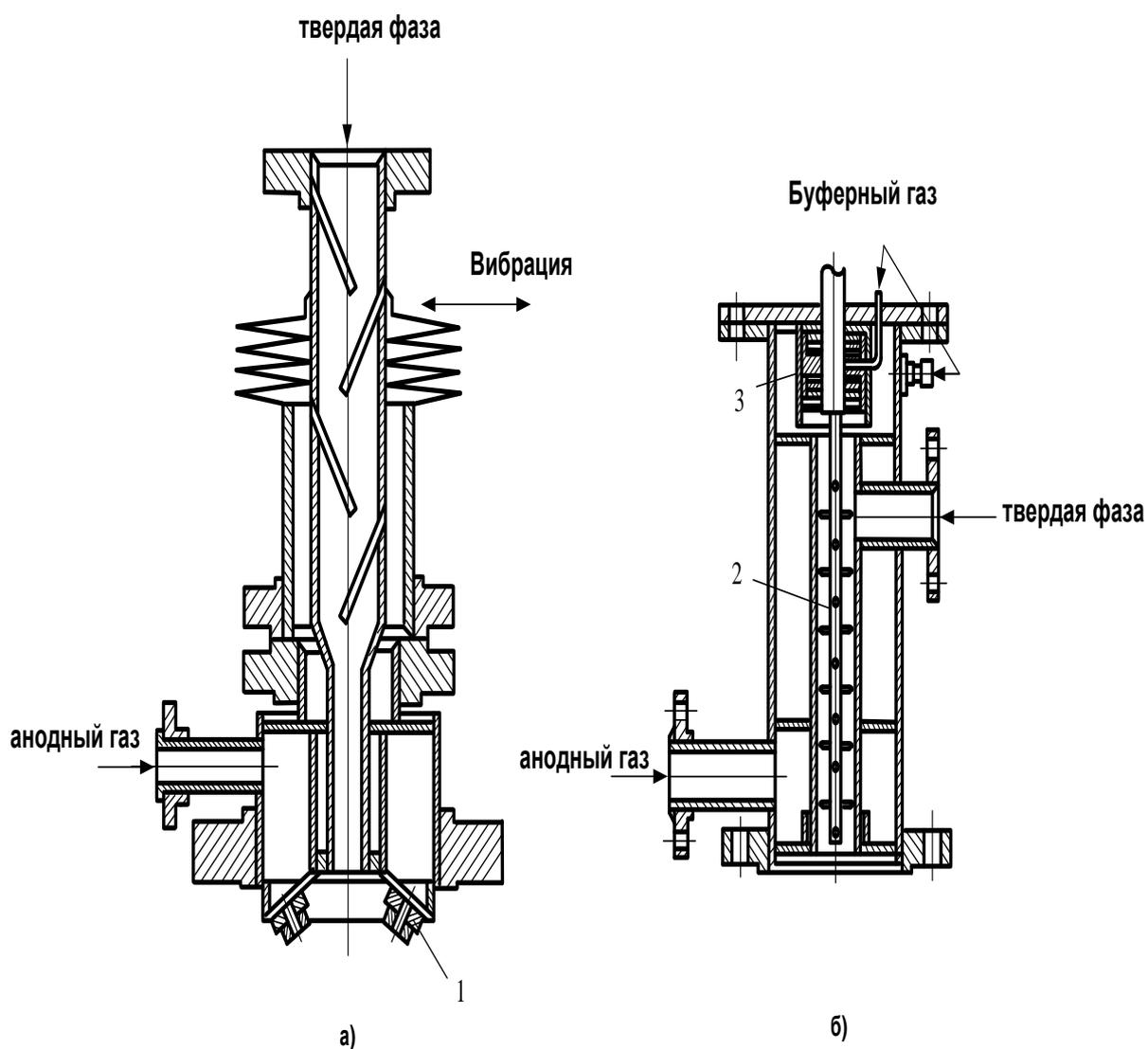


Рисунок 4 – Вибрационный (а) и ротационный (б) диспергаторы

1 – форсунки; 2 – вращающийся вал; 3 – сальник

Скорость процесса в пламени определяется скоростью диффузионного переноса веществ в зону горения, поэтому степень турбулизации – важнейший фактор, влияющий на время завершения процесса. Для интенсификации перемешивания используют форсунки специальных конструкций, закручивающие поток одного или обоих реагентов. От характера перемешивания зависит также и крупность получаемых твердых частиц. Общий вид пламенного реактора для получения TiF_4 представлен на рисунке 5.

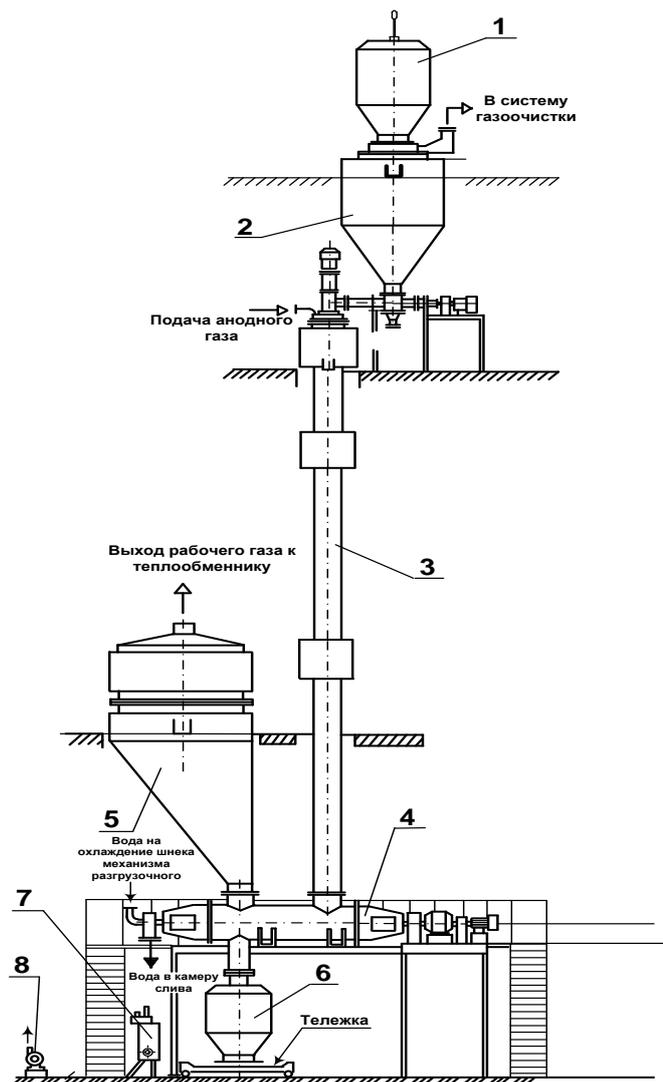


Рисунок 5 – Схема пламенного реактора для получения тетрафторида

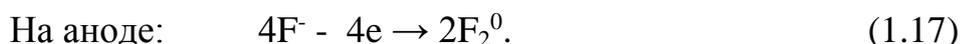
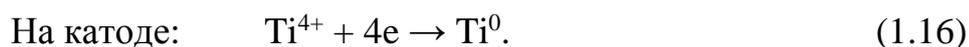
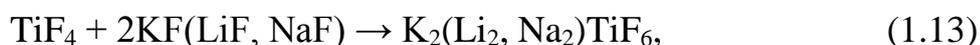
титана

1 – контейнер с исходным сырьем; 2 – бункер загрузочный; 3 – пламенный реактор; 4 – механизм разгрузочный; 5– расширитель; 6 – контейнер для нелетучего остатка; 7 – камера слива охлаждающей воды; 8 – насос водяной.

1.2.2 Получение титана методом электролиза

Порошок титана получают методом электролиза газообразного тетрафторида титана. Нецелесообразно подавать в электролизер твердый тетрафторид титана, так как он очень гигроскопичен и переходит сначала в TiOF_2 , затем в TiO_2 . В качестве электролита используется тройная эвтектическая смесь фторидных солей LiF-KF-NaF состава $0,5\text{M LiF} - 0,44\text{M KF} - 0,03\text{M NaF}$, имеющая $t_{\text{пл}} = 472 \text{ }^\circ\text{C}$.

Электролитическое разложение титана из TiF_4 осуществляется по реакциям:



Оставшиеся два F^- -иона вновь взаимодействуют с ионами фторидного электролита с образованием эвтектической смеси фторидных солей LiF-KF-NaF .

Электролитический способ получения титана более эффективен, чем восстановление тетрафторида титана водородом. Взаимодействие газообразного тетрафторида титана с водородом описывается суммарным уравнением реакции:



Протекание данной реакции происходит лишь при температуре более $1400 \text{ }^\circ\text{C}$. Проведение восстановления TiF_4 водородом при столь высоких температурах связано с сильной коррозией материала реактора во фтористоводородной среде. Поскольку для проведения восстановления необходим как минимум 20-кратный избыток водорода, то газовый поток сильно разбавляется водородом. Следствием этого являются низкий прямой выход титана и низкая производительность реактора.

2 Объект и методы исследования

Объектом исследования является технологическая схема цеха электролитического получения титана.

Предметом исследования является цех, в котором будет осуществляться процесс электролитического получения титанового порошка, основной аппарат электролизер.

В техническом задании была поставлена задача спроектировать цех электролитического получения порошка титана с заданной производительностью 9 тонн в год по ильменитовому концентрату.

Теоретические исследования заключались в аналитическом обзоре литературы и ознакомлении с уже проделанными работами в этой области для накопления достаточной теоретической базы.

Место постройки спроектированного цеха – Российская Федерация, Томская область.

Исходный материал для исследования был представлен в качестве ильменитового концентрат Тарского месторождения, Омской области. Был определен его элементный состав: TiO_2 – 84,75%, FeO – 2,8%, SiO_2 – 3,2%, CaO – 0,65%, Al_2O_3 – 3%, MgO – 3,3%, MnO – 1,2%, V_2O_5 – 0,15%, Cr_2O_3 – 0,95%.

В настоящем проекте приведены технологические расчеты, расчеты экономических показателей, рассмотрены вопросы строительства и организации работы цеха электролитического получения титана.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсообеспечение

3.1 Расчет численности работающих (основных, вспомогательны хработчих, АУП, МОП)

Режим работы предприятия, связанного с процессом электролитического получения титана, непрерывный; работа осуществляется в 5 смен по 6 часов (вредное производство, связанное с использованием фтористых соединений).

Длительность сменоборота (в случае, если производство является непрерывным и работа идет в несколько смен):

$$T_{см.об} = N_б \cdot T_б \quad (3.1)$$

где $N_б$ – число бригад;

$T_б$ – количество дней работы бригады за одну смену.

Пример графика сменоборота представлен в табл. 2.

Таблица 2 – Типовой график сменности

Смены	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	
	1	3	5	7	9	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	
1: 0-6ч	А	А	А	А	Д	Д	Д	Д	Г	Г	Г	Г	В	В	В	В	Б	Б	Б	Б	А	А	А	А
2: 6-12ч	Б	Б	Б	Б	А	А	А	А	Д	Д	Д	Д	Г	Г	Г	Г	В	В	В	В	Б	Б	Б	Б
3: 12-18ч	В	В	В	В	Б	Б	Б	Б	А	А	А	А	Д	Д	Д	Д	Г	Г	Г	Г	В	В	В	В
4: 18-24ч	Г	Г	Г	Г	В	В	В	В	Б	Б	Б	Б	А	А	А	А	Д	Д	Д	Д	Г	Г	Г	Г
Выходн	Д	Д	Д	Д	Г	Г	Г	Г	В	В	В	В	Б	Б	Б	Б	А	А	А	А	Д	Д	Д	Д

где А, Б, В, Г, Д – бригады.

После расчета необходимо определить количество выходных дней в год, например:

За 20 дней бригада отдыхает 4 дня, а, следовательно, за год:

$$T_{отдых} = 365 * \frac{4}{20} = 73 \text{ дня.}$$

Количество ночных смен в год – 73. Тогда на одного среднесписочного рабочего приходится 73 день выходных и 73 ночная смена в год.

Следующим этапом рассчитывается баланс рабочего времени (таблица 3).

Таблица 3 – Баланс рабочего времени среднесписочного рабочего

Элементы времени	Непрерывное производство, 6 часовой рабочий день, кол-во бригад 5	
	дней	часов
1. Календарное число дней	365	2190
2. Выходные дни	73	438
3. Номинальный фонд рабочего времени	292	1752
4. Планируемые невыходы:		
– очередные и дополнительные отпуска;	24	144
– невыходы по болезни;	7.5	45
– выполнение общественных обязанностей;	1	6
– отпуск в связи с учебной без отрыва от производства.	2.5	15
5. Итого (планируемые невыходы):	35	210
6. Эффективный фонд рабочего времени	257	1542

а) определить явочное число основных рабочих в сутки:

$$N_{\text{яв}} = \frac{1}{N_{\text{обсл}}} F \cdot C'' \quad (3.2)$$

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

F – количество установок;

C – количество смен в сутки.

Принимаем количество установок 12 штук и количество аппаратов, которое может обслужить один аппаратчик равным 2, тогда:

$$N_{\text{яв}} = \frac{1}{N_{\text{обсл}}} F \cdot C'' = \frac{1}{2} \cdot 12 \cdot 4 = 24 \text{ чел.} \quad (3.3)$$

б) определить списочное число основных рабочих:

$$N_{\text{сп}} = N_{\text{яв}} \cdot \frac{T_{\text{эф.обор}}}{T_{\text{эф.раб}}} \quad (3.4)$$

где $T_{\text{эф.обор}}$ – проектируемое число часов работы оборудования в год;

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

Календарный фонд времени принят во всех технико-экономических расчетах для химических производств равным 360 дням или 8640 часам.

Номинальный фонд времени равен числу дней (часов) работы оборудования в зависимости от установленного режима работы данного производства без учета простоев оборудования из-за ремонта. При работе по непрерывной неделе без остановок производства в праздничные дни T_n является максимальным и совпадает с $T_{кал}$, равным 360 дням.

Эффективный фонд времени работы оборудования равен номинальному времени за вычетом остановок на ремонты $T_{рем}$, производимые в рабочее время в соответствии с установленной системой планово-предупредительного ремонта (ППР), которая включает техническое обслуживание, а также текущие и капитальные ремонты оборудования. То есть

$$T_{эф} = T_n - T_{рем}. \quad (3.5)$$

Принимаем время простоя оборудования в ремонтах равным 5 % номинального фонда рабочего времени. Составляем баланс времени работы оборудования и результаты сводим в таблицу 4.

Таблица 4 – Баланс рабочего времени оборудования

Показатели	Количество часов
Календарный фонд времени	8640
Режимные потери рабочего времени	—
Номинальный фонд рабочего времени	8640
Простои оборудования в ремонтах	432
Эффективное время работы оборудования	8208

$$N_{сп} = N_{яв} \cdot \frac{T_{эф.обор}}{T_{эф.раб}} = 24 \cdot \frac{8208}{257 \cdot 24} = 31,93 \sim 32 \text{ чел} \quad (3.6)$$

Разница между списочным и явочным числом рабочих (32 – 24 = 8 чел) составляет дополнительное количество рабочих для подмены, а также замены, не выходов в связи с болезнями, отпусками и другими планируемыми целодневными потерями рабочего времени.

Штатная численность определяется по следующему уравнению:

$$Ч_{шт} = Ч_{яв} \cdot \frac{T_{кал}}{T_{ном}}, \quad (3.7)$$

где $T_{кал}$ – календарный фонд времени, дн;

$T_{эф.обор}$ – номинальный фонд времени одного рабочего (по балансу), сут.

Тогда

$$Ч_{шт} = 24 \cdot 365 / 292 = 30 \text{ чел}$$

в) рассчитать численность ИТР, служащих и прочего персонала (табл. 5)

Таблица 5 – Численность ИТР, служащих и прочего персонала

Наименование должности	Категория	Число штатных единиц, чел
Начальник цеха	ИТР	1
Зам начальника цеха	ИТР	1
Начальник смены	ИТР	2
Начальник лаборатории	ИТР	1
Инженер-технолог	ИТР	2
Инженер-механик	ИТР	2
Энергетик	ИТР	1
Аппаратчик	Служ.	12
Сварщик	Вспом.	1
Слесарь-ремонтник	Вспом.	2
Электрик	Вспом.	1
Лаборант	Вспом.	2
Уборщик	МОП	2
Итого:		30

3.2 Расчет годового фонда заработной платы основных рабочих

Расчетный фонд складывается из основной и дополнительной заработной платы:

$$З_{год} = З_{осн} + З_{доп} \quad (3.8)$$

Основной фонд заработной платы:

$$З_{осн} = З_{тар} + Д_{н.вр} + Д_{п.дн} + Д_{пр} + Д_{вред} \quad (3.9)$$

где $З_{тар}$ – тарифный фонд;

$Д_{н.вр}$ – доплата за работу в ночное время (40 % от);

$Д_{п.дн}$ – доплата за работу в праздничные дни (100 % от $З_{тар}$);

$Д_{пр}$ – доплата премий (30 % от $З_{тар}$);

$Д_{вред}$ – доплата за вредность (20 % от $З_{тар}$).

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

$$З_{\text{тар}}^i = N_{\text{сп}}^i \cdot T_{\text{эф.раб}} \cdot T_{\text{ст}}^i \quad (3.10)$$

где $N_{\text{сп}}^i$ – списочное число рабочих i -ой квалификации в сутки;

$T_{\text{эф.раб}}$ – эффективное время работы одного среднесписочного рабочего;

$T_{\text{ст}}^i$ – тарифная часовая ставка ($T_{\text{ст}}^i = 55$ руб - 6 разряд; $T_{\text{ст}}^i = 48$ руб – 5 разряд).

6 разряд:

$$З_{\text{тар}}^i = 12 \cdot 1542 \cdot 55 = 1017720 \text{ руб.}$$

5 разряд:

$$З_{\text{тар}}^i = 6 \cdot 1542 \cdot 48 = 444096 \text{ руб.}$$

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

$$D_{\text{н.вр}} = N_{\text{сп}}^i \cdot n_{\text{н.вр}} \cdot T_{\text{ст}}^i \cdot t_{\text{см}} \cdot \Pi \quad (3.11)$$

где $n_{\text{н.вр}}$ – количество ночных смен в году ($n_{\text{н.вр}} = 73$);

$t_{\text{см}}$ – продолжительность смены, час ($t_{\text{см}} = 6$);

Π – процент отчисления ($\Pi = 40\%$).

6 разряд:

$$D_{\text{н.вр}} = 12 \cdot 73 \cdot 55 \cdot 6 \cdot 0,4 = 115632 \text{ руб.}$$

5 разряд:

$$D_{\text{н.вр}} = 6 \cdot 73 \cdot 48 \cdot 6 \cdot 0,4 = 50457,6 \text{ руб.}$$

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

$$D_{\text{п.дн}} = N_{\text{яв}}^i \cdot N \cdot T_{\text{ст}}^i \cdot t_{\text{см}} \quad (3.12)$$

где $N_{\text{яв}}^i$ – явочное число рабочих i -ой квалификации в сутки;

N – количество праздничных дней в году, принято 12 дней по производственному календарю 2016 г.

6 разряд:

$$D_{\text{п.дн}} = 12 \cdot 12 \cdot 55 \cdot 6 = 47520 \text{ руб.}$$

5 разряд:

$$D_{\text{п.дн}} = 6 \cdot 12 \cdot 48 \cdot 6 = 20736 \text{ руб.}$$

Доплата премий осуществляется отчислением 30 % от $З_{\text{тар}}$:

$$D_{\text{пр}} = З_{\text{тар}} \cdot \Pi_{\text{пр}} \quad (3.13)$$

где $P_{пр}$ – процент отчисления ($P_{пр} = 30\%$).

6 разряд:

$$D_{пр} = 1017720 \cdot 0,3 = 305316 \text{ руб.}$$

5 разряд:

$$D_{пр} = 444096 \cdot 0,3 = 133228,8 \text{ руб.}$$

Доплата за вредность осуществляется отчислением 20% от $Z_{тар}$:

$$D_{вред} = Z_{тар} \cdot P_{вред} \quad (3.14)$$

где $P_{вред}$ – процент отчисления ($P_{вред} = 20\%$).

6 разряд:

$$D_{вред} = Z_{тар} \cdot P_{вред} = 1017720 \cdot 0,2 = 203544 \text{ руб.}$$

5 разряд:

$$D_{вред} = Z_{тар} \cdot P_{вред} = 444096 \cdot 0,2 = 88819,2 \text{ руб.}$$

Рассчитаем основной фонд заработной платы по формуле 7.2.2:

6 разряд:

$$Z_{осн} = 1017720 + 115632 + 47520 + 305316 + 203544 = 1689732 \text{ руб.}$$

5 разряд:

$$Z_{осн} = 444096 + 50457,6 + 20736 + 133228,8 + 88819,2 = 737337,6 \text{ руб.}$$

Рассчитаем дополнительный фонд заработной платы:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot P_{д.зп} \quad (3.15)$$

где $P_{д.зп}$ – процент доплаты ($P_{д.зп} = 10\%$).

6 разряд:

$$Z_{доп} = 1689732 \cdot 0,1 = 168973,2 \text{ руб.}$$

5 разряд:

$$Z_{доп} = 737337,6 \cdot 0,1 = 73733,76 \text{ руб.}$$

Рассчитаем годовой фонд заработной платы по формуле 9.2.1:

6 разряд:

$$Z_{год} = 1689732 + 168973,2 = 1858705,2 \text{ руб.}$$

5 разряд:

$$Z_{год} = 737337,6 + 73733,76 = 811071,36 \text{ руб.}$$

Результаты расчета сведены в таблицу 6.

Таблица 6 - Расчет годового фонда заработной платы основных рабочих

Категория рабочих		основные		
Система оплаты труда		Повременная, сдельная, повременно-премиальная и др.		
Разряд			5	6
Тарифная ставка	$T_{ст}^i$	руб/час	48	55
Численность списочных рабочих	$N_{сп}$	чел.	12	6
Фонд рабочего времени	$T_{ЭФ.РАБ.}$	час	1542	
Тарифный фонд	$Z_{ТАР}$	руб/год	444096	1017720
Доплата за ночное время	$Д_{Н.ВР}$	руб/год	50457,6	115632
Доплата за праздничные дни	$Д_{П.ДН.}$	руб/год	20736	47520
Доплата за вредность	$Д_{ВРЕД}$	руб/год	88819,2	203544
Доплата премий	$Д_{ПР}$	руб/год	133228,8	305316
Основной фонд заработной платы	$Z_{ОСН}$	руб/год	737337,6	1689732
Дополнительный фонд заработной платы	$Z_{ДОП}$	руб/год	73733,76	168973,2
Годовой фонд заработной платы	$Z_{ГОД}$	руб/год	811071,36	1858705,2

3.3 Определение годового фонда заработной платы ИТР, служащих и прочего персонала

Тарифный фонд оплаты ИТР и пр. персонала рассчитывается по формуле:

$$Z_{тар} = P_{мес} \cdot T_{ОКЛ}, \quad (3.16)$$

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

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

Число месяцев в году для ИТР принимаем равным – 11 месяцам, пр. персонала это число составит – 11,3 месяца.

$$Z_{тар}^{нач\ цеха} = P_{мес} \cdot T_{ОКЛ} = 11 \cdot 35000 = 385000 \text{ руб};$$

$$Z_{тар}^{зам\ нач\ цеха} = P_{мес} \cdot T_{ОКЛ} = 11 \cdot 30000 = 330000 \text{ руб};$$

$$Z_{тар}^{нач\ смены} = P_{мес} \cdot T_{ОКЛ} = 11 \cdot 46000 = 506000 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{тар}}^{\text{нач. лаб}} = P_{\text{мес}} \cdot T_{\text{ОКЛ}} = 11 \cdot 28000 = 308000 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{тар}}^{\text{инж-техн}} = P_{\text{мес}} \cdot T_{\text{ОКЛ}} = 11 \cdot 52000 = 572000 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{тар}}^{\text{инж мех}} = P_{\text{мес}} \cdot T_{\text{ОКЛ}} = 11 \cdot 52000 = 572000 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{тар}}^{\text{энерг}} = P_{\text{мес}} \cdot T_{\text{ОКЛ}} = 11 \cdot 26000 = 286000 \text{ руб};$$

$$Z_{\text{тар}}^{\text{уборщ}} = P_{\text{мес}} \cdot T_{\text{ОКЛ}} = 11,3 \cdot 24000 = 271200 \text{ руб}.$$

Состав инженерно-технического персонала, служащих и пр. персонала представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Состав инженерно-технического персонала, служащих и пр. персонала

Наименование должности	Количество	Оклад, руб/чел.	Оклад, руб.
Начальник цеха	1	35 000	35 000
Зам начальника цеха	1	30 000	30 000
Начальник смены	2	23 000	46 000
Начальник лаборатории	1	28 000	28 000
Инженер-технолог	2	26 000	52 000
Инженер-механик	2	26 000	52 000
Энергетик	1	26 000	26 000
Уборщик	2	12 000	24 000

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{тар}} + D_{\text{п.дн}} + D_{\text{вред}}, \quad (3.17)$$

$$D_{\text{п.дн.}} = \frac{T_{\text{окл}}}{26,5} \cdot N \cdot P_{\text{яв.}}. \quad (3.18)$$

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

N – количество праздничных дней в году;

26,5 – среднемесячное число рабочих.

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

Дополнительная оплата ИТР, служащих и пр. персонала (принимается в размере 10-12%).

Результаты расчета сводятся в табл. 6.

Начальник цеха:

$$Z_{\text{осн}}^{\text{нач. цеха}} = Z_{\text{тар}}^{\text{нач. цеха}} + D_{\text{п.дн}}^{\text{нач. цеха}} + D_{\text{вред}}^{\text{нач. цеха}} = 35000 + 15849,1 + 7000 = 57849,1 \text{ руб/год}$$

$$Д_{п.дн}^{нач.цеха} = \frac{35000}{26,5} \cdot 12 \cdot 1 = 15849,1 \text{руб/год}$$

$$Д_{вред} = 35000 \cdot 0,2 = 7000 \text{руб/год}$$

$$З_{доп}^{нач.цеха} = З_{осн}^{нач.цеха} \cdot П_{д.зп} = 57849,1 \cdot 0,1 = 5784,9 \text{руб/год}$$

$$З_{год}^{нач.цеха} = З_{осн}^{нач.цеха} + З_{доп}^{нач.цеха} = 57849,1 + 5784,9 = 63634 \cdot 11 = 699974 \text{руб/год}$$

Заместитель начальника цеха:

$$З_{осн}^{зам.нач.цеха} = З_{тар}^{зам.нач.цеха} + Д_{п.дн}^{зам.нач.цеха} + Д_{вред}^{зам.нач.цеха} = \\ = 30000 + 13584,9 + 6000 = 49584,9 \text{руб/год}$$

$$Д_{п.дн}^{зам.нач.цеха} = \frac{30000}{26,5} \cdot 12 \cdot 1 = 13584,9 \text{руб/год}$$

$$Д_{вред} = 30000 \cdot 0,2 = 6000 \text{руб/год}$$

$$З_{доп}^{зам.нач.цеха} = З_{осн}^{зам.нач.цеха} \cdot П_{д.зп} = 49584,9 \cdot 0,1 = 4958,49 \text{руб/год}$$

$$З_{год}^{маст} = З_{осн}^{маст} + З_{доп}^{маст} = 49584,9 + 4958,49 = 54543,39 \cdot 11 = 599977,3 \text{руб/год}$$

Начальник смены:

$$З_{осн}^{нач.смены} = З_{тар}^{нач.смены} + Д_{п.дн}^{нач.смены} + Д_{вред}^{нач.смены} = \\ = 46000 + 41660,4 + 9200 = 96860,4 \text{руб/год}$$

$$Д_{п.дн}^{нач.смены} = \frac{46000}{26,5} \cdot 12 \cdot 2 = 41660,4 \text{руб/год}$$

$$Д_{вред} = 46000 \cdot 0,2 = 9200 \text{руб/год}$$

$$З_{доп}^{нач.смены} = З_{осн}^{нач.смены} \cdot П_{д.зп} = 96860,4 \cdot 0,1 = 9686,1 \text{руб/год}$$

$$З_{год}^{нач.смены} = З_{осн}^{нач.смены} + З_{доп}^{нач.смены} = 96860,4 + 9686,1 = 106546,5 \cdot 11 = 1172011,5 \\ \text{руб/год}$$

Начальник лаборатории:

$$З_{осн}^{нач.лаб} = З_{тар}^{нач.лаб} + Д_{п.дн}^{нач.лаб} + Д_{вред}^{нач.лаб} = 28000 + 12679,2 + 5600 = 46279,2 \text{руб/год}$$

$$Д_{п.дн}^{нач.лаб} = \frac{28000}{26,5} \cdot 12 \cdot 1 = 12679,2 \text{руб/год}$$

$$Д_{вред} = 28000 \cdot 0,2 = 5600 \text{руб/год}$$

$$З_{доп}^{нач.лаб} = З_{осн}^{нач.лаб} \cdot П_{д.зп} = 46279,2 \cdot 0,1 = 4627,9 \text{руб/год}$$

$$З_{год}^{нач.лаб} = З_{осн}^{нач.лаб} + З_{доп}^{нач.лаб} = 46279,2 + 4627,9 = 50907,12 \cdot 11 = 559978,3 \text{руб/год}$$

Инженер-технолог:

$$З_{осн}^{инж.техн.} = З_{тар}^{инж.техн.} + Д_{п.дн}^{инж.техн.} + Д_{вред}^{инж.техн.} = \\ = 52000 + 47094,3 + 10400 = 109494,3 \text{руб/год}$$

$$Д_{п.дн}^{\text{инж.техн}} = \frac{52000}{26,5} \cdot 12 \cdot 2 = 47094,3 \text{руб/год}$$

$$Д_{\text{вред}} = 52000 \cdot 0,2 = 10400 \text{руб/год}$$

$$З_{\text{доп}}^{\text{инж.техн}} = З_{\text{осн}}^{\text{инж.техн}} \cdot П_{\text{д.зп}} = 109494,3 \cdot 0,1 = 10949,4 \text{руб/год}$$

$$З_{\text{год}}^{\text{инж.техн}} = З_{\text{осн}}^{\text{инж.техн}} + З_{\text{доп}}^{\text{инж.техн}} = 109494,3 + 10949,4 = 120443,73 \cdot 11 = 1324881,1 \text{руб/год}$$

Инженер механик:

$$З_{\text{осн}}^{\text{инж.мех.}} = З_{\text{тар}}^{\text{инж.мех.}} + Д_{п.дн}^{\text{инж.мех.}} + Д_{\text{вред}}^{\text{инж.мех.}} = 52000 + 47094,3 + 10400 = 109494,3 \text{руб/год}$$

$$Д_{п.дн}^{\text{мех.}} = \frac{52000}{26,5} \cdot 12 \cdot 2 = 47094,3 \text{руб/год}$$

$$Д_{\text{вред}} = 52000 \cdot 0,2 = 10400 \text{руб/год}$$

$$З_{\text{доп}}^{\text{мех.}} = З_{\text{осн}}^{\text{мех.}} \cdot П_{\text{д.зп}} = 109494,3 \cdot 0,1 = 10949,4 \text{руб/год}$$

$$З_{\text{год}}^{\text{мех.}} = З_{\text{осн}}^{\text{мех.}} + З_{\text{доп}}^{\text{мех.}} = 109494,3 + 10949,4 = 120443,73 \cdot 11 = 1324881,1 \text{руб/год}$$

Энергетик:

$$З_{\text{осн}}^{\text{энерг}} = З_{\text{тар}}^{\text{энерг}} + Д_{п.дн}^{\text{энерг}} + Д_{\text{вред}}^{\text{энерг}} = 26000 + 11773,6 + 5200 = 42973,6 \text{руб/год}$$

$$Д_{п.дн}^{\text{энерг}} = \frac{26000}{26,5} \cdot 12 \cdot 1 = 11773,6 \text{руб/год}$$

$$Д_{\text{вред}} = 26000 \cdot 0,2 = 5200 \text{руб/год}$$

$$З_{\text{доп}}^{\text{энерг}} = З_{\text{осн}}^{\text{энерг}} \cdot П_{\text{д.зп}} = 42973,6 \cdot 0,1 = 4297,4 \text{руб/год}$$

$$З_{\text{год}}^{\text{энерг}} = З_{\text{осн}}^{\text{энерг}} + З_{\text{доп}}^{\text{энерг}} = 42973,6 + 4297,4 = 47270,96 \cdot 11 = 519980,56 \text{руб/год}$$

Уборщик:

$$З_{\text{осн}}^{\text{уборщ.}} = З_{\text{тар}}^{\text{уборщ.}} + Д_{п.дн}^{\text{уборщ.}} + Д_{\text{вред}}^{\text{уборщ.}} = 24000 + 21735,8 + 4800 = 50535,8 \text{руб/год}$$

$$Д_{п.дн}^{\text{уборщ.}} = \frac{24000}{26,5} \cdot 12 \cdot 2 = 21735,8 \text{руб/год}$$

$$Д_{\text{вред}} = 24000 \cdot 0,2 = 4800 \text{руб/год}$$

$$З_{\text{доп}}^{\text{уборщ.}} = З_{\text{осн}}^{\text{уборщ.}} \cdot П_{\text{д.зп}} = 50535,8 \cdot 0,1 = 5053,6 \text{руб/год}$$

$$З_{\text{год}}^{\text{уборщ.}} = З_{\text{осн}}^{\text{уборщ.}} + З_{\text{доп}}^{\text{уборщ.}} = 50535,8 + 5053,6 = 55589,4 \cdot 11,3 = 628160,22 \text{руб/год}$$

Годовой фонд заработной платы ИТР и пр.персонала:

$$З_{\text{год}} = 699974 + 599977,3 + 1172011,5 + 559978,3 + 1324881,1 + 1324881,1 + 519980,56 + 628160,2 = 6889844,06 \text{руб/год}$$

С учётом районного коэффициента (для г.Томска составляет 1,3):

$$Z_{\text{год}}=6889844,06 \cdot 1,3=8956797,3 \text{ руб/год.}$$

3.4 Расчет капитальных затрат на здание и оборудование

Расчет капитальных затрат на здание ведется по формуле:

$$C_{\text{зд}}=C+C_{\text{от}}+C_{\text{вен}}+C_{\text{вод}}+C_{\text{кан}}+C_{\text{осв}} \quad (3.19)$$

Где C – стоимость помещения, руб.;

$C_{\text{от}}$ – стоимость затрат на отопление, руб.;

$C_{\text{вен}}$ –стоимость затрат на вентиляцию, руб.;

$C_{\text{вод}}$ – стоимость затрат на водопровод, руб.;

$C_{\text{кан}}$ – стоимость затрат на канализацию, руб.;

$C_{\text{осв}}$ – стоимость затрат на освещение, руб.

$$C=C_{1\text{куб.м}} \cdot V_{\text{зд}} \quad (3.20)$$

где $C_{1\text{куб.м}}$ – стоимость 1 м³ здания;

$V_{\text{зд}}$ – объем здания, м³.

При определении стоимости строительства зданий проектируемого цеха исчисляется объем производственных помещений и их стоимость. Стоимость 1 м³ здания принимаем равной 25 тыс. руб. Для размещения проектируемого производства потребуется помещение площадью 12500 м² и высотой 25 м, то есть объем помещения составляет 312500 м³. Итого полная стоимость производственного помещения найдется как

$$C=25000 \cdot 312500=7812500000 \text{ руб.} = 7,8 \text{ млрд. руб.}$$

$$C_{\text{зд}}=C+\Sigma C_{\text{затр}}=7812500000+390625000 \cdot 2+234375000 \cdot 2+156250000=9218750000 \text{ руб.}=9,2 \text{ млрд. руб.}$$

Расчет капитальных затрат на приобретение и монтаж оборудования Стоимость электролизёра исчисляется по ценам действующих прейскурантов на оборудование, т. е. по данным на 2015 год стоимость электролизера – 100000 \$ Результаты расчетов заработной платы ИТР, служащих и пр. персонала сведены в таблицу 9.

Затраты на санитарно-технические работы представлены в таблице 10.

Таблица 9 – Результаты расчетов заработной платы ИТР, служащих и пр. персонала

Наименование должности	Категория	Число шт.единиц	Токл, руб/мес	ЗТАР, руб/мес	Дп.дн., руб/год	Двред, руб/год	Зосн, руб/год	Здоп, руб/год	Згод, руб/год
Начальник цеха	ИТР	1	35000	385000	15849,1	7000	57849,1	5784,9	699974
Зам начальника цеха	ИТР	1	30000	330000	13584,9	6000	49584,9	4958,5	599977,29
Начальник смены	ИТР	2	46000	506000	41660,4	9200	96860,4	9686,1	1172011,5
Начальник лаборатории	ИТР	1	28000	308000	12679,2	5600	46279,2	4627,9	559978,3
Инженер-технолог	ИТР	2	52000	572000	47094,3	10400	109494,3	10949,4	1324881,1
Инженер-механик	ИТР	2	52000	572000	47094,3	10400	109494,3	10949,4	1324881,1
Энергетик	ИТР	1	26000	286000	11773,6	5200	42973,6	4297,4	519980,6
Уборщик	МОП	2	24000	271200	24735,8	4800	50535,8	5053,6	628160,2
Итого:		12	293000	3230200	214471,6	58600	563071,6	56307,2	6889844,1

Таблица 10 – Затраты на санитарно-технические работы

Затраты	% от затраты на постройку здания	Цена, руб.
на отопление	5	390625000
на вентиляцию	5	390625000
на водопровод	3	234375000
на канализацию	3	234375000
на освещение	2	156250000
Итого:	18	1406250000

Стоимость одного электролизера на 2015год составит;

Курс доллара на декабрь 2015 года составляет примерно 70,96 руб. Тогда стоимость одного электролизера будет равна

$$C_{эл.} = 70,96 \cdot 100000 = 7,096 \text{ млн. руб.}$$

Расчет стоимости оборудования приведен в таблице 11.

Таблица 12 – Расчет стоимости оборудования

Наименование оборудования	Количество	Цена, руб/шт
Щековая дробилка	1	1900000
Валковая дробилка	1	1600000
Бункер для сбора измельченного ильменитового шлака	2	400000
Шаровая мельница	1	2000000
Реактор улавливания избытка фтора	1	617100
Пламенный реактор	1	1079990
Фильтр отделения пыли	1	100000
Контейнер сбора пыли	1	180000
Фильтр-охладитель	1	200000
Испаритель TiF ₄	1	100000
Весы	3	160000
Электролизёр	1	7096000
Итого:	15	15433090

В таблице 13 приведены расходы на наладку и монтаж оборудования.

Таблица 13 – Расходы на наладку и монтаж оборудования

Наименование нормативов	% от стоимости оборудования	Сумма, руб.
Стоимость неучтённого оборудования	15%	2314963,5
Транспортные расходы	10%	1543309
Монтаж оборудования	15%	2314963,5
Монтаж трубопроводов	25%	3858272,5
КИП и их монтаж	20%	3086618
Спец. работы	10%	1543309
Итого:	95	14661435,5

Общие капитальные затраты (без стоимости помещения) составят:

$$C_{\text{кап.затр}} = C_{\text{обор}} + \Sigma C_{\text{затр}} = 15433090 + 14661435,5 = 30094525,5 \text{ руб.}$$

Полный капитальные затраты приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Полные капитальные затраты

Наименование глав сметы	Капитальные затраты	
	Руб.	%
Здание	9218750000	99,84
Оборудование	14661435,5	0,16
Итого:	9233411436	100

Общепроизводственные расходы

Расходы на содержание здания:

Затраты на содержание здания составляют 2 % от стоимости здания:

$$Z_{\text{сод}} = 9218750000 \cdot 0,02 = 184375000 \text{ руб/год.}$$

Затраты на текущий ремонт здания – 2 % от стоимости здания:

$$Z_{\text{т.р}} = 9218750000 \cdot 0,02 = 184375000 \text{ руб/год.}$$

Амортизационные отчисления на здание

Амортизационные отчисления:

$$A_{\text{зд}} = C_{\text{зд}} \cdot 1/\alpha \text{ руб/год.} \quad (3.21)$$

Где α – срок полезного использования здания (принимается от 10-40 лет).

Принимаем $\alpha = 25$ лет

$$A_{зд} = 9218750000 \cdot \frac{1}{25} = 368750000 \text{ руб/год.}$$

Таким образом сумма затрат на содержание и эксплуатацию здания составит:

$$\Sigma Z_1 = A_{зд} + Z_{сод} + Z_{т.р} = 368750000 + 184375000 + 184375000 = 737500000 \text{ руб/год}$$

Содержание и эксплуатация оборудования:

Ремонтный фонд составляет 15 % от стоимости оборудования:

$$\Phi_{т.р} = 2314963,5 \text{ руб/год}$$

Расходы на содержание составляют 5 % от стоимости оборудования:

$$Z_{сод} = 771654,5 \text{ руб/год.}$$

Отчисления на амортизацию оборудования

Амортизация оборудования – 10 % от стоимости оборудования:

$$A_{об} = C_{затр} \cdot \alpha, \text{ руб/год} \quad (3.22)$$

$$A_{об} = 15433090 \cdot 0,1 = 1543309 \text{ руб/год.}$$

Сумма расходов на содержание и эксплуатацию оборудования составит:

$$\Sigma Z_2 = A_{об} + Z_{сод} + \Phi_{т.р} = 1543309 + 771654,5 + 2314963,5 = 4629927 \text{ руб/год.}$$

Общепроизводственные расходы составят:

$$Z_{общ} = \Sigma Z_1 + \Sigma Z_2 = 737500000 + 4629927 = 742129927 \text{ руб/год.}$$

3.5 Расчет технологических затрат

Затраты на электроэнергию

$$Z_{эл} = C_{эл} \cdot W \cdot T_{р.обор.}, \quad (3.23)$$

где $C_{эл}$. – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб. (5 руб.);

W – потребляемая мощность, кВт;

$T_{р.обор}$ – время работы оборудования в год, час.

Потребляемая мощность электролизёра 300 кВт

Суммарные затраты на электроэнергию для всего оборудования:

$$Z_{эл} = 5 \cdot 3293049,6 = 16465248 \text{ руб/год}$$

Электроэнергия потребляемая оборудованием представлена в таблице 15.

Затраты на освещение

$$W_{\text{осв.}} = \frac{15 \cdot S_n \cdot M \cdot m}{1000}, \quad (3.24)$$

где 15 – количество Ватт на 1 м² пола;

S_п – площадь пола, м²(12500м²);

M – количество часов искусственного освещения в сутки (24 ч.);

m – число дней работы производства в году, (257 дней).

W_{с.к.} = (15·12500·24·257)/1000 = 1156500 руб.

Таблица 15 – Расчет суммарной электроэнергии потребляемой оборудованием

Наименование Электрооборудования	Единичная мощность двигателя, кВт	Количество установленных двигателей	Эффективный фонд времени работы электрооборудова- ния в год, ч	Стоимость 1кВт*час	Суммарно- потребляемое количество электроэнергии в год, кВт-ч
1 Электролизер	300	1	8208	5	2462400
2 Фильтр	1,8	2	8208		29548,8
отделения пыли					
3 Контейнер	4,0	1	8208		32832
сбора пыли					
4 Испаритель	20	1	8208		164160
TiF ₄	16	1	8208		131328
5 Щековая	18	1	8208		147744
дробилка	19	1	8208		155952
6 Валковая	3	1	8208		24624
дробилка	0,8	1	8208		6566,4
7 Шаровая					
мельница					
8 Привод шнека	15	1	8208	123120	
9 Привод подачи	0,6	3	8208		14774,4
твердой фазы в					
пламенный					
реактор					
10 Фильтр –					
охладитель					
11 Весы					
Итого	-	-	-	-	3293049,6

Затраты на вентиляцию

$$W_{\text{вент.}} = P_{\text{э.д.}} \cdot 24 \cdot m, \quad (3.25)$$

где $P_{\text{э.д.}}$ – мощность электродвигателя, кВт;

24 – количество часов в сутки.

$$W_{\text{вент.}} = 3 \cdot 15 \cdot 24 \cdot 365 = 394200 \text{ кВт/год.}$$

Затраты на отопление

$$P_{\text{отоп.}} = \frac{\alpha \cdot V \cdot T}{1000}, \quad (3.26)$$

где α – количество тепла на 1 м³ помещения, кВт (4,4 кВт);

T – продолжительность отопительного сезона, ч (6480 ч);

$V_{\text{зд}}$ – объем отапливаемого помещения, м³ (312500 м³).

$$W_{\text{отоп.}} = (4,4 \cdot 6480 \cdot 312500) / 1000 = 8910000 \text{ руб.}$$

Затраты на ОТ и ТБ

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

$$Z_{\text{от. тб.}} = 8956797,3 \cdot 0,15 + 2669776,56 \cdot 0,15 = 1743986,1 \text{ руб/год.}$$

Отчисления на социальные нужды

Размер отчислений на социальные нужды составляет 30 % от полного годового фонда заработной платы: $Z_{\text{соц.}} = 8956797,3 \cdot 0,3 + 2669776,56 \cdot 0,3 = 3487972,2 \text{ руб/год.}$

3.6 Калькуляция себестоимости передела

Определим себестоимость передела на определенный объем производства 9 т/год. Результаты приведем в табл. 16.

Удельная себестоимость передела составит:

$$C_{\text{уд.}} = C_{\text{с.п.}} / П \quad (3.27)$$

где $C_{\text{с.п.}}$ – себестоимость передела, руб.

П – производительность производства по готовой

$$C_{\text{уд.}} = 3926377408,5 / 9000 = 436264 \text{ руб. себестоимость 1 тонны готового продукта (порошка титана).}$$

Себестоимость за 1 кг=436 рублей за 1 кг готовой продукции.

Таблица 16 – Результаты

Статьи	Ед.изме рения	Цена за единицу, руб.	Сумма руб./год
Сырьё: FeTiO ₃	т	212880	4031155,3
F ₂	т	134824000	2369657456
LiF	т	70960	688312
KF	т	638640	6609924
NaF	т	44137,12	27365
Электроэнергия на тех.нужды	кВт*час	5	16465248
Итого условно-переменные затраты			
Фонд ЗП: основных, рабочих	Руб.	-	811071,36+1858 705,2=2669776, 56
ИТР, служащих, пр.персонала и вспомогательных рабочих	Руб.	-	6889844,1·1,3= =8956797,3
Отчисления на соц.нужды 30%	Руб.		3487972,2
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования: -амортизация оборудования	Руб.		1543309
-тек. и кап. ремонты	Руб.		30094525,5
-содержание оборудования	Руб.		771654,5
Цеховые расходы: -амортизация здания	Руб.		368750000
-содержание здания	Руб.		184375000
-тек. и кап. ремонты	Руб.		184375000
-расходы по ОТ и ТБ	Руб.		1743986,1
Общезаводские расходы	Руб.		742129927
Итого условно-постоянные затраты			1530248650,5
Итого условно-переменные затраты			2396128758
Себестоимость передела			3926377408,5

3.7 Анализ безубыточности

Цель анализа – определение точки безубыточности, то есть минимального объема продаж, начиная с которого предприятие не несет убытков. Это означает, что выручка от реализации продукции (В) должна быть равна общим затратам на производство и реализацию продукции:

$$B = Z_{\text{пост}} + Z_{\text{пер}} \quad (3.28)$$

где B - выручка от реализации продукции;

$Z_{\text{пост}}$ - постоянные затраты на весь выпуск продукции, руб.;

$Z_{\text{пост}} = 1530248650,5$ руб./т. На 9000 тонн готового продукта.

$Z_{\text{пост}} = 1530248650,5/9000 = 170027,6$ руб.- на 1 тонну готовой продукции.

$Z_{\text{пост}} = 170027,6/1000 = 170$ руб.- на 1 кг готовой продукции.

$Z_{\text{пер}}$ - переменные затраты на единицу продукции, руб./кг.

$Z_{\text{пер}} = 2396128758/9000 = 266236,5$ руб./т. На 1 тонну готового продукта.

$Z_{\text{пер}} = 266236,5/1000 = 266$ руб/кг.

Выразим эту формулу через объем продаж (Q):

$$Q \cdot C = Z_{\text{пост}} + Z_{\text{пер}} \cdot Q \quad (3.29)$$

где C – цена единицы продукции, руб./кг.

Если принять расчётную прибыль в размере 30%, то цена за 1 кг готового продукта составит:

$$C = C + 0,3 \cdot C = 0,3 \cdot 436 + 436 = 566,8 \text{ руб.} \quad (3.30)$$

Тогда точка безубыточности определится следующим образом:

$$Q_{\text{тб}} = \frac{Z_{\text{пост}}}{C - Z_{\text{пер}}} = \frac{1530248650,5}{566,8 - 266} = 5087262,8 \text{ кг} = 5087,3 \text{ т} \quad (3.31)$$

$$C_{\text{вал}} = 1528892 + 0,266 \cdot 2000000 = 2061692 \frac{\text{руб}}{\text{год}}$$

Результаты расчета представлены в таблице 17.

Таблица 17 Основные технико- экономические показатели

Показатель	Значение
Объём производства	9000 тонн/год
Условно-переменные затраты	266 руб./кг
Условно-постоянные затраты	170 руб./кг
Себестоимость продукции	436 руб./кг
Цена за килограмм	566,8 руб./кг
Критический объём производства	5087,3 т

$$B = 0,566 \cdot 2000000 = 1133600 \frac{\text{руб}}{\text{год}}$$

$$C_{\text{пост}} = 1528892 \text{ тыс. руб.}$$

График анализа безубыточности представлен на рисунке 6.

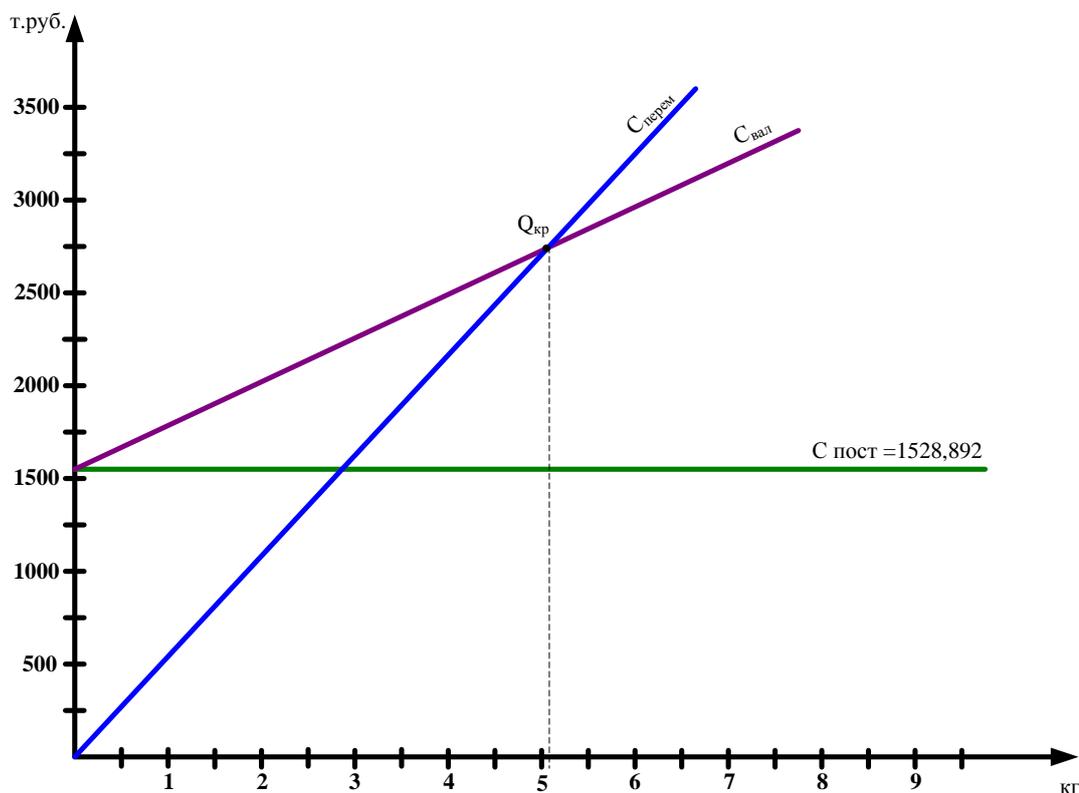


Рисунок 6 – График безубыточности.

Вывод: При разработке данного проекта был рассмотрен вариант организации электролитического получения титана. Капитальные затраты на строительство и организацию производства составили 742129927 руб, условно-постоянные затраты – 170 рублей/кг, условно-переменные затраты – 266 рублей/ кг титана при мощности производства 9000 кг титана в год. Критический объем производства 5087,3 кг титана в год. Таким образом, проект является выгодным и перспективным.