

**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**

Тема диплома
Проект электролизера осаждения золота из тиомочевинных растворов, производительностью 10 000 т/год.

УДК 669.213

Студент

Группа	Ф.И.О	Подпись	Дата
0411	Семендеева Е.А.		

Руководитель

Должность	Ф.И.О	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ХТРЭ	Оствальд Р.В.	к.х.н., доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	Ф.И.О	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Тухватулина Л.Р.	к.ф.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	Ф.И.О	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ХТРЭ	Акимов Д.В.			

По разделу «Автоматизация процесса»

Должность	Ф.И.О	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭАФУ	Вильнина А.В.	к.т.н., доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	Ф.И.О	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ХТРЭ	Крайденко Р.И.	д.х.н., доцент		

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

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
Р1	Демонстрировать глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания и детальное понимание научных принципов профессиональной деятельности
Р2	Ставить и решать инновационные задачи, связанные с получением и переработкой материалов и изделий ядерного топливного цикла, с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии материалов современной энергетики
Р3	Эксплуатировать и совершенствовать действующие, разрабатывать и внедрять новые современные высокотехнологичные процессы и линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, контролировать расходование сырья, материалов, энергетических затрат
Р4	Обеспечивать радиационную безопасность, соблюдать правила охраны здоровья и труда при проведении работ, выполнять требования по защите окружающей среды; оценивать радиационную обстановку; осуществлять контроль за сбором, хранением и переработкой радиоактивных отходов различного уровня активности с использованием передовых методов обращения с РАО
Р5	Уметь планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования в области изучения свойств и технологии материалов современной энергетики с использованием новейших достижения науки и техники, уметь обрабатывать и критически оценивать полученные данные, делать выводы, формулировать практические рекомендации по их применению; использовать основы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности
Р6	Разрабатывать новые технологические схемы, рассчитывать и выбирать оборудование, применять средства автоматизации, анализировать технические задания и проекты с учетом ядерного законодательства
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р7	Представлять современную картину мира на основе целостной системы естественнонаучных и математических знаний, ориентироваться в ценностях бытия, жизни, культуры; иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем
Р8	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области изучения свойств, методов и технологий получения и переработки материалов современной энергетики
Р9	Применять иностранный язык в сфере коммуникаций и профессиональной деятельности, представлять результаты научных исследований и разработок в виде отчетов, публикаций, публичных обсуждений
Р10	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
Р11	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

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

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

дипломного проекта
--------------------

Студенту:

Группа	ФИО
0411	Семендеевой Екатерине Артуровне

Тема работы:

<b>Проект электролизера осаждения золота из тиомочевинных растворов, производительностью 10000 т/год.</b>
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	18 января 2017 года
--	---------------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p><b>Производительность по товарному регенерату составляет 10000 т/год. Состав товарного регенерата: [Au]=0,7 г/л, остаточное содержание Au 0,03 г/л, [ThiO]= 60 г/л, [H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>]=20 г/л, а также же примеси [Ag]=0,01г/л, [Cu]=0,001 г/л, [Zn]=0,034г/л, [Ni]=0,005 г/л, [Fe]=0,03 г/л. Концентрация анолита: Сан = 20 г/л. Выход по току Au: Вт = 10 %. Плотность тока: ik = 50 А/м<sup>2</sup>.</b></p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p>	<p>Введение. ТЭО.</p> <p>1. Аналитический обзор существующих методов.</p> <p>2. Теория выбранного процесса. Разработка и описание аппаратурно-технологической схемы.</p> <p>3. Расчетная часть.</p> <p>3.1. Расчет материального баланса.</p>

	<p>3.2. Расчет теплового баланса.</p> <p>4. Аппаратный расчет. Расчет геометрии и габаритов аппаратов технологической схемы.</p> <p>4.1. Механический расчет основного аппарата.</p> <p>4.2. Гидравлический расчет.</p> <p>4.3. Энергетический расчет.</p> <p>5. Автоматизация процесса.</p> <p>6. Строительная часть.</p> <p>7. Экономическая часть</p> <p>8. Социальная ответственность</p> <p style="text-align: center;">Заключение</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием о обязательных чертежах)</i></p>	<p>1. Блок-схема с материальными потоками.</p> <p>2. Аппаратурно-технологическая схема.</p> <p>3. План размещения оборудования.</p> <p>4. Разрез цеха.</p> <p>5. Сборочный чертеж основного аппарата А1 (ГОСТ 2.001-93..2.034-83).</p> <p>6. Техничко-экономические показатели.</p>

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Тухватулина Л.Р.
Социальная ответственность	Акимов Д.В.
Автоматизация процесса	Вильнина А.В.

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

--

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	3 октября 2016 года
--	---------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ХТРЭ	Оствальд Р.В.	к.х.н.		03.10.2016 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0411	Семендеева Е.А.		03.10.2016 г.

## Реферат

Дипломный проект, 114 с., 5 рисунков, 27 таблиц, 43 источника, 2 приложения, 6 листов графического материала формата А1.

Ключевые слова: золото, тиомочевинный раствор, католит, анолит, электролизёр.

Цель дипломного проекта: спроектировать участок осаждения золота из тиомочевинных растворов методом электролиза.

В ходе выполнения проекта рассчитан материальный и тепловой баланс процесса выделения золота из тиомочевинных растворов. Предложена принципиальная, аппаратурно-технологическая схема и функциональная схема автоматизации производства. Произведен аппаратурный расчет основного аппарата и габаритный расчёты всех аппаратов в технологической цепочке. Рассчитанный основной аппарат – электролизер, имеет длину 2390 мм, ширину 560 мм и высоту 1000 мм.

На основании расчетов и расположения здания в условиях местности рассмотрены характеристики участка осаждения, как строительного объекта.

Также рассмотрены основные опасности и вредности на производственном участке, проработаны мероприятия по охране труда, окружающей среды, электро- и противопожарной безопасности, рассчитаны основные технико-экономические показатели участка осаждения золота.

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

Нормативные ссылки:

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

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

ГОСТ 19807-91 Титан и сплавы титановые деформируемые. Марки

ГОСТ 5582-75 Межгосударственный стандарт. Прокат тонколистовой коррозионностойкий, жаростойкий и жаропрочный. Технические условия.

ОСТ 26.260.482-2003 Сосуды и аппараты сварные из титана и титановых сплавов. Общие технические условия.

АТК 24.200.03-90 Опоры-стойки вертикальных аппаратов. Типы, конструкция и размеры.

ГОСТ 12820-80 Фланцы стальные плоские приварные. Конструкция и размеры.

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

ГОСТ Р 12.4.248-2008 ССБТ. Одежда специальная для защиты от растворов кислот. Технические требования.

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

ГОСТ 5375-79 Сапоги резиновые формовые. Технические условия.

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

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

ГОСТ 12.1.003–2014.ССБТ. Межгосударственный стандарт система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.

ГОСТ 6533 – 68 Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов

Обозначения и сокращения:

АСУТП – автоматизированная система управления технологическими процессами;

ФСА – функциональная схема автоматизации;

ИТР – инженерно-технический работник;

КИП и А – контрольно измерительные приборы и автоматика;

МОП – младший обслуживающий персонал;

ЗП – заработная плата,

ТБ – техника безопасности;

КПД – коэффициент полезного действия;

ОТ – охрана труда;

СИЗ – средства индивидуальной защиты;

ПДК – предельно допустимая концентрация.

## Оглавление

Введение .....	12
1 Аналитический обзор .....	14
1.1 Общий процесс извлечения золота .....	14
1.2 Теория выбранного процесса. Разработка и описание аппаратурно-технологической схемы .....	21
1.2.1 Электролиз золота из тиомочевинного раствора .....	22
1.2.3 Разработка и описание аппаратурно-технологической схемы участка осаждения золота .....	25
1.2.4 Вывод по разделу .....	29
2 Расчетная часть .....	30
2.1 Материальный расчёт .....	30
2.1.1 Материальный расчет стадии электролиза .....	30
2.1.2 Материальный расчёт стадии фильтрации .....	35
2.1.3 Материальный расчёт стадии сушки .....	36
2.1.4 Материальный расчёт стадии плавки.....	36
2.2 Тепловой баланс электролизера .....	38
2.3 Аппаратный расчет. Расчёт геометрии и габаритов аппаратов технологической схемы .....	41
2.3.1 Устройство электролизера и исходные данные к расчёту .....	41
2.3.2 Описание конструкции и расчет количества катодов и анодов .....	42
2.3.3 Расчет габаритов электролизера .....	44
2.4 Расчёт габаритов нутч-фильра .....	45
2.5 Расчёт габаритов подовой печи .....	45
2.6 Расчёт габаритов индукционной печи .....	45
2.7 Выбор приёмных и напорных баков .....	46
2.8 Расчет основного аппарата .....	46
2.8.1 Расчет обечайки электролизера .....	46
2.8.2 Расчёт днища и крышки .....	47

2.8.3 Расчет опор.....	48
2.9 Гидравлический расчёт.....	48
2.9.1 Расчет мощности, потребляемой насосом для перекачивания обеззолоченного раствора.....	49
2.9.2 Расчет мощности, потребляемой насосом для перекачивания анолита.....	53
2.9.3 Расчет штуцеров электролизера ввода и вывода католита и анолита.....	54
2.10 Механический расчёт.....	56
2.11 Энергетический расчёт.....	60
2.11.1 Составляющие напряжения на электролизере.....	60
2.11.2 Напряжение на выпрямителе.....	63
2.11.3 Расчет удельного расхода электроэнергии.....	64
3 Результаты проведенной разработки.....	65
4 Автоматизация и контроль производства.....	66
4.1 Составление функциональной схемы автоматизации.....	96
4.2 Описание функциональной схемы автоматизации процесса электролитического извлечения золота из тиомочевинных растворов.....	97
4.3 Перечень технологических параметров подлежащих контролю, регулированию и сигнализации.....	99
4.4 Перечень первичных преобразователей использованных в проекте.....	101
4.5 Автоматизация процесса с использованием ЭВМ.....	102
4.6 Выводы по автоматизации технологического процесса.....	104
5 Строительная часть.....	105
5.1 Выбор фундамента под здание участка осаждения золота.....	106
5.2 Полы здания.....	106
5.3 Наружные стены здания.....	107
5.4 Покрытие.....	107
5.5 Окна, двери, ворота.....	108
5.6 Канализация.....	109
5.7 Вывод по разделу.....	109
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	66

6.1	Расчет капитальных затрат .....	66
6.1.1	Расчет капитальных затрат на строительство .....	66
6.1.2	Расчет стоимости оборудования .....	67
6.1.3	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования .....	67
6.1.4	Расчет технологических затрат .....	69
6.2	Расчет затрат на реагенты .....	71
6.3	Организация труда и заработной платы .....	71
6.3.1	Определение баланса времени одного рабочего.....	71
6.3.2	График сменности и расчет сменоборота в году .....	72
6.3.3	Расчёт численности персонала .....	73
6.3.4	Расчет годового фонда заработной платы .....	75
6.3.5	Калькуляция себестоимости передела .....	83
6.4	Вывод по разделу .....	85
7	Социальная ответственность .....	86
7.1	Общая характеристика производства.....	86
7.2	Безопасность при работе с химическими веществами .....	87
7.3	Электробезопасность .....	88
7.4	Производственное освещение .....	89
7.5	Шум и вибрация .....	90
7.6	Микроклимат .....	91
7.7	Пожарная безопасность .....	93
7.8	Защита окружающей среды .....	94
7.9	Вывод по разделу .....	95
	Заключение .....	110
	Список используемых источников .....	111

Приложение А Аппаратурно-технологическая схема

Приложение Б Функциональная схема автоматизации

Приложение В Спецификация

Графический материал на отдельных листах:

ДП ФЮРА 471321.001 ПС	Принципиальная технологическая схема
ДП ФЮРА 471321.001 АТС	Аппаратурно-технологическая схема
ДП ФЮРА 471321.001 ПРО	План размещения оборудования
ДП ФЮРА 471321.001 РУ	Разрез участка
ДП ФЮРА 471321.001 СБ	Сборочный чертеж
ДП ФЮРА 471321.001 ТЭП	Технико-экономические показатели

## Введение

Еще с древнейших времен золото продолжает оставаться одним из наиболее востребованных благородных металлов. Выделяют четыре основных сегмента потребления золота: ювелирная промышленность, частное инвестирование, спрос со стороны Центральные Банков и потребление в промышленных целях. С учетом цены на золото и потребительских настроений, соотношение четырех сегментов потребления золота меняется весьма значительно. В таблице 1 указан среднегодовой спрос на золото в мире с 2011 по 2015 год в тоннах [1].

Таблица 1 – Среднегодовой спрос на золото в мире с 2011 по 2015 год

Среднегодовой спрос на золото в мире с 2011 по 2015 год, тонн					
Год	2011	2012	2013	2014	2015
Инвестиции	1569	1343	1765	1001	1012
Ювелирная отрасль	2033	2007	2385	2481	2415
Промышленность	458	415	408	346	331
Центральные Банки	457	544	409	584	588

Ювелирная отрасль промышленности является исторически первой и самой крупной сферой применения золота. На нее приходится более половины всего мирового спроса золота. Другие области применения золота – антикоррозионные покрытия точных приборов, микроэлектроника, стоматология.

Более всего, золото является материалом, который хранится в государственных резервах и частном накоплении, что связано с его высокой мобильностью и ликвидностью. Таким образом, золото является абсолютным покупательным и платежным средством, которое позволяет по мере необходимости получить платежные средства в любой национальной валюте [1].

Таким образом, золото имеет большое мировое значение. Поэтому совершенствование процессов извлечения этого металла из руд и концентратов, увеличение производства, является важной задачей российских металлургов.

На сегодняшний день на большинстве золотоизвлекательных фабриках в нашей стране используется сорбционный способ извлечения золота из рудных пульп и концентратов. При данном способе извлечения золота, в результате десорбции нагруженных ионитов, достигается высокая степень концентрации металлов в тиомочевинных растворах, что позволяет специальными методами осаждения получать достаточно высокопробную готовую продукцию.

В настоящем дипломном проекте приведены технологические расчеты, рассмотрены вопросы организации работы участка осаждения золота из тиомочевинных растворов электролитическим методом.

# **1 Обзор литературы**

## **1.1 Общий процесс извлечения золота**

Существует многочисленное разнообразие технологических схем переработки золотых руд. Выбор той или иной схемы зависит от различных факторов, главными из которых является: характер золота в руде, его крупность, вещественный состав руды, характер минералов с которыми ассоциировано золото (обычно кварц или сульфиды), присутствие в руде других ценных компонентов, осложняющих технологию переработки [2].

В общий технологический процесс получения золота из рудного материала входят следующие операции: подготовка рудного сырья (дробление, измельчение), обогащение (гравитационное обогащение, флотация) и металлургический передел (амальгамация, цианирование, плавка, обжиг). Технологическая схема должна обеспечивать высокое извлечение золота, комплексное использование сырья (попутное извлечение из руды других ценных компонентов), минимальные удельные затраты материальных, энергетических и трудовых ресурсов, минимальное загрязнение окружающей среды отходами производства.

Конечной продукцией золотоизвлекающих предприятий является черновое золото или богатые золотосодержащие осадки. Далее эта продукция идет на переработку на специализированные аффинажные заводы с получением золота и серебра высокой чистоты.

Рассмотрим кратко основные стадии получения золота из рудного материала [2].

### **1) Дробление и измельчение рудного материала**

На этой стадии происходит полное или частичное вскрытие зёрен минералов, содержащих золото (преимущественно, частиц самородного золота). Главная задача данной стадии – это перевести руду в такое состояние, которое будет обеспечивать успешное протекание последующих

обогажительных и гидрометаллургических процессов. Стадия дробления и особенно тонкого измельчения являются весьма энергоёмкими. Поэтому расходы на них составляют от 40% до 60% от общих затрат на переработку руды [2].

Для руд с крупными кусками золота достаточно грубого измельчения (90 % класса – 0,4 мм), но практически всегда с крупным есть и мелкое золото. Поэтому измельчают до 0,074 мм (иногда до 0,044 мм) [2].

Оборудование для дробления – дробилки щековые, конусные.

Оборудование для измельчения – мокрое измельчение в шаровых и стержневых мельницах.

## 2) Классификация

Это процесс разделения (сепарации) измельчённых материалов в жидкой или воздушной среде на основе различия в скоростях падения (оседания) частиц разного размера, формы и плотности. Крупность разделяемых частиц составляет от 1 мм до 40 мкм. Выделяют следующие типы классификаций при измельчении: предварительная – это отделение крупных частиц для последующего их измельчения, контрольная, или поверочная, – выделение крупных частиц из измельчённого материала для последующего их доизмельчения в замкнутом цикле, совмещённая – предварительная и контрольная (поверочная), когда обе операции объединены в одну при измельчении в замкнутом цикле. В зависимости от среды, в которой происходит разделение частиц, различают мокрую (гидравлическую) и сухую (пневматическую) классификацию. Классификация в воздушной среде применяется для сухих материалов. Для классификации используются спиральные, речные и чашечные классификаторы, а так же гидроциклоны различных конструкций [2].

## 3) Флотация

Это процесс разделения мелких твердых частичек (минералов) и выделение капель дисперсной фазы из эмульсий. Данный процесс основывается на различной смачиваемости частиц (капель) жидкостью (в основном,

водой) и на их избирательном прилипании к поверхности раздела, как правило, жидкость-газ (очень редко твердые частицы – жидкость). Флотация осуществляется главным образом с использованием специальных веществ – флотационных реагентов (флотореагентов) [3].

#### 4) Цианирование

Это способ извлечения золота из руд и концентратов избирательным растворением его в растворах цианидов щелочных металлов. На рисунке 1 представлен процесс цианирования [2].



Рисунок 1 – Схема процесса цианирования

Растворение золота в цианистом растворе происходит в присутствии растворённого в воде кислорода (повышение его концентрации интенсифицирует процесс). Для предотвращения разложения цианидов в растворы вводят в количестве от 0,005 до 0,02% защитную щёлочь в виде извести или едкого натра, после чего полученное соединение приводится в контакт с цинковой пылью или специальными ионообменными смолами. На этих веществах из соединения освобождается и осаждается уже чистое золото, дальнейшее извлечение которого не представляет особого труда. Процесс цианирования проводится в аппаратах – агитаторах [4].

В результате цианирования получают пульпу, состоящую из золотосодержащего раствора и твердой фазы – хвостов цианирования.

Содержание золота в растворах колеблется в пределах от нескольких г/м<sup>3</sup> раствора до нескольких сот г/м<sup>3</sup>. Из полученной пульпы золото и серебро извлекают либо сорбционным методом, либо методом цементации [5].

Сорбционное выщелачивание – данный метод позволяет извлекать благородные металлы не только из осветленных растворов, но и из пульп в процессе цианирования, то есть, возможно совмещение двух процессов выщелачивания и сорбции в одном – сорбционном выщелачивании.

Сорбцию золота и серебра можно проводить на анионообменных смолах либо на активированном угле. На отечественных заводах сорбцию на угле не применяют. Поэтому, все отечественные заводы по добыче золота и серебра работают с применением искусственно синтезированных анионообменных смол. В цианистых растворах золото и серебро находятся в виде анионных комплексов. Поэтому применяют анионообменные смолы, типа АМ, АН, АП, АМП, ВП и другие.

Сорбционное выщелачивание осуществляют в каскаде из нескольких пачуков с противотоком смолы и пульпы [5].

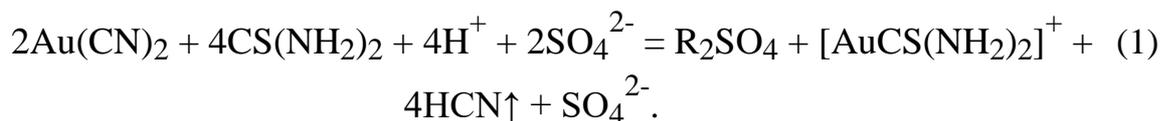
#### 5) Десорбция

Наиболее ответственным моментом в сорбционной технологии является десорбция. Это процесс, обратный адсорбции, то есть удаление адсорбированного вещества с поверхности адсорбента (с поверхности раздела фаз) и перенос его в окружающую среду.

Основные примеси, которые присутствуют в товарном регенерате это: серебро, железо, медь и никель.

Десорбцию золота и примесей проводят различными растворителями (десорбентами). Наиболее эффективными из них являются серно - или солянокислые растворы тиомочевина  $CS(NH_2)_2$  [2].

Тиомочевина с ионами золота образует прочный комплекс катионного типа  $[AuCS(NH_2)_2]^+$ , который не сорбируется на анионообменной смоле:



Так как среда десорбирующего раствора кислая, то это способствует удалению цианида в виде летучей синильной кислоты. Что способствует смещает равновесие реакции вправо. Состав десорбирующего раствора:  $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$  – от 80 до 90 г/л,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – от 20 до 30 г/л.

Десорбцию золота сернокислым раствором тиомочевины проводят в две стадии [2]:

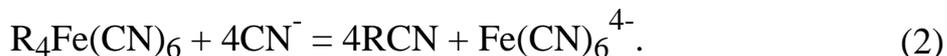
На первой стадии пропускают около 1 объема раствора тиомочевины на 1 объем смолы. При этом вытекающий раствор из колонны со смолой не содержит ни тиомочевины, ни золота. Такой раствор сбрасывают на стадию нейтрализации. Эту стадию можно назвать как сорбция тиомочевины на смоле.

На следующей стадии идет непосредственно десорбция золота.

Последовательность десорбции:

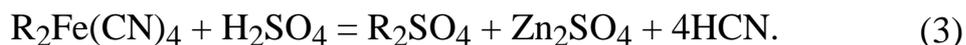
Перед десорбцией золота проводят десорбцию примесей.

а) Десорбцию железа со смолы проводят крепким (от 30 до 50 г/л) раствором цианистого натрия:

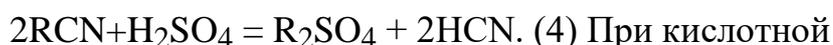


С железом десорбируются медь, частично кобальт и цинк. В раствор также переходят небольшие количества золота и серебра. Этот раствор направляют на сорбционное цианирование, так как в нем содержится избыток цианида натрия, а также золото и серебро.

б) Десорбцию никеля и цинка проводят раствором  $\text{H}_2\text{SO}_4$  с концентрацией от 20 до 30 г/л [2]:



Одновременно десорбируются ионы  $\text{CN}^-$ :



При кислотной обработке только от 80 до 90% цинка десорбируется со смолы.

в) Собственно десорбция золота

Через насыщенную тиомочевинной смолу пропускают остальной тиомочевинный раствор (от 4 до 5 объемов), максимально полно десорбируя золото.

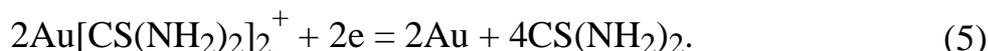
Процессы десорбции золота и примесей следует проводить при температуре от 40 до 60 °С, выше 60 °С температуру поднимать не следует из-за ограниченной термической стойкости сорбента. Выделяющиеся пары синильной кислоты улавливаются раствором щёлочи в специальных поглотителях-абсорберах, образующийся раствор NaCN направляют на цианирование [5].

Общая продолжительность регенерации смолы, включая водные промывки, достигает от 200 до 250 часов, из них самая длительная от 75 до 90 часов – десорбция золота. В результате десорбции золота со смолы, получают товарный регенерат, в котором концентрация золота составляет от 0,5 до 2 г/л. Полученный золотосодержащий раствор направляют на осаждение золота [2].

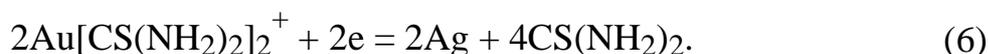
Процессы сорбции и десорбции проводят в аппаратах с воздушным перемешиванием и транспортировкой смолы – пачуках.

#### б) Осаждение золота из растворов

Электролиз с нерастворимыми анодами – наиболее совершенный метод осаждения золота из товарного регенерата. При пропускании постоянного тока на графитовом катоде идет восстановление золота:



Вместе с золотом восстанавливается серебро [2]:



Особенностью катодного восстановления золота является то, что из-за невысокого содержания золота в растворе процесс восстановления протекает в режиме предельного тока при совместном разряде ионов водорода:



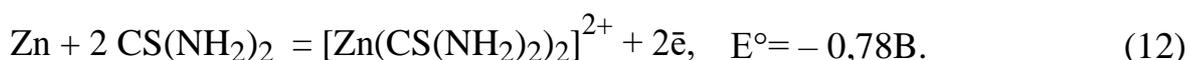
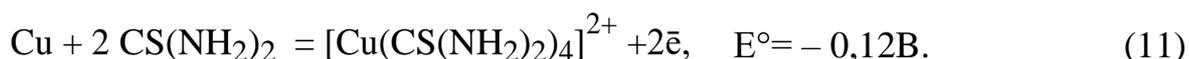
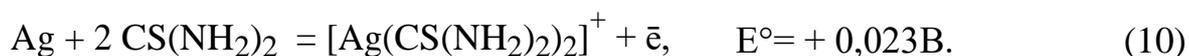
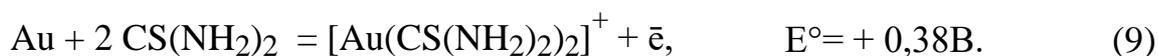
Основным анодным процессом является окисление молекул воды с выделением газообразного кислорода [2]:



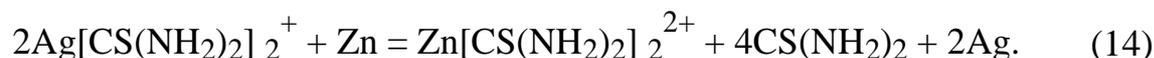
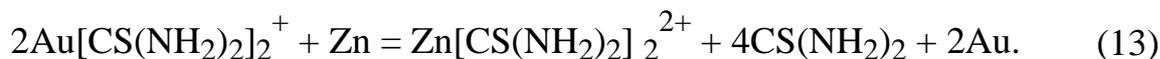
Цементацией – в металлургии цветных металлов называют процесс восстановления одного металла другим в водных растворах.

Данным методом золото и серебро осаждают как из цианистых, так и из тиомочевинных растворов. В основе метода лежит вытеснение благородных металлов менее благородными, такими как цинк, свинец, алюминий, в соответствии с рядом окислительных потенциалов металлов из растворов.

Ряд напряжений некоторых металлов в тиомочевинном растворе приведён ниже [2]:



В приведённом ряду напряжений в тиомочевинных растворах, как и в цианистых, потенциал цинка более отрицателен, чем потенциал золота и серебра. Поэтому цинк легко вытесняет золото и серебро из тиомочевинных комплексов [2]:



#### 7) Плавка золота

Основной целью плавки является извлечение золота и серебра в виде металлического сплава, пригодного для аффинажа.

Обработанный шлам смешивается с флюсами – сода, бура, и небольшим количеством восстановителя. В качестве восстановителя обычно используется кокс, древесный или каменный уголь. Процесс плавления необходимо вести в небольших отражательных печах, которые будут отапливаться мазутом или природным

газом. В зависимости от масштаба производства применяют печи вместимостью от 3 до 25 т. Шихта загружается в печь отдельными порциями. Последующая загрузка осуществляется после полного расплавления предыдущей [4]. Температура в печи составляет от 1300 до 1400 . Металлическое золото и серебро образуют сплав, скапливающийся на подине печи. Суммарное содержание серебра и золота в сплаве составляет 980-995 проб, в том числе золота – 10-100 проб.

## **1.2 Вывод по разделу**

В данном разделе диплома рассмотрен общий процесс получения золота из рудного материала и описаны основные стадии получения золота.

## 2 Объект и методы исследования

### 2.1 Электролиз золота из тиомочевинного раствора

Товарный регенерат, получаемый в операции десорбции золота и серебра со смолы, представляет собой сернокислый тиомочевинный раствор, содержащий благородные металлы в виде катионных тиомочевинных комплексов  $[\text{Au}(\text{ThiO})_2]^+$ ,  $[\text{Ag}(\text{ThiO})_2]^+$ . При электролизе непосредственное осаждение золота происходит на поверхности катода в результате восстановления тиомочевинного комплексного иона золота. Важной характеристикой протекающего катодного процесса является величина потенциала выделения, которая для золота равна +1,69 В. От величины потенциала катода зависит сила тока, протекающего через раствор [2].

Основным анодным процессом является окисление молекул воды с выделением газообразного кислорода [2]:



Суммарная реакция будет такой [2]:

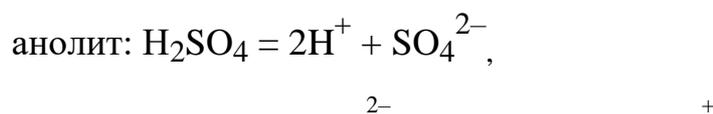


Кроме этого при электролизе товарного регенерата без разделения катодного и анодного пространств на аноде идет интенсивное окисление тиомочевины, которое вызывает помутнение раствора, загрязнение серой катодного золотосодержащего осадка, значительный расход дорогостоящего реагента.

Проведение электролиза в режиме, при котором происходило бы окисление тиомочевины на аноде, нецелесообразно не только из-за высокого расхода тиомочевины, но и вследствие отрицательного влияния продуктов анодного окисления ее на скорость выделения золота на катоде. Для устранения нежелательных явлений при электролизе анодное пространство отделяют от катодного перегородкой, непроницаемой для тиомочевины. Наиболее эффективные материалы в качестве перегородок – ионообменные мембраны,

которые имеют хорошую электропроводность, обладают малой гидродинамической проницаемостью и достаточной механической прочностью. Мембраны не пропускают к поверхности анода молекулы тиомочевины, но не препятствуют проникновению в анодное пространство анионов  $\text{SO}_4^{2-}$ . При разделении анодного и катодного пространства ионообменной перегородкой появилась необходимость в использовании еще одного электролита для анода – анолита, который обеспечивает протекание анодных процессов. В качестве анолита при электролизе золота и серебра используют 2 %-ый раствор  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и в качестве католита – тиомочевинный раствор.

Рассмотрим как проходит диссоциация серной кислоты и сернокислого тиомочевинного раствора [2]:



В объеме католита будет идти следующая реакция:



Суммарная реакция приведена выше.

Для разделения катодного и анодного пространства используются ионитовые мембраны, которые представляют собой пленки из ионообменных смол. Наиболее важными свойствами мембран являются электропроводность и селективность.

Примем катодный выход по току равным 10 %. При использовании анионитовых мембран на каждый моль осажденного золота в анолите будет накапливаться 5 молей  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , а в католите – регенерироваться 2 моля тиомочевины и уходить из него 4,5 моля  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . «Переход» кислоты из катодного пространства – явление не желательное, так как повышение кислотности анолита ухудшает стойкость нерастворимых анодов и поэтому требуется периодическое разбавление анолита [2].

Катионитовые мембраны проницаемы для катионов, непроницаемы для анионов. Перенос тока через раствор осуществляется только катионами  $\text{H}^+$ . При применении катионитовых мембран при прохождении 1 Фарадея на катоде

восстановится 0,1 моль  $\text{Au}[\text{CS}(\text{NH}_2)_2]_2^+$  (при этом освободится 0,2 моль тиомочевины) и 0,9 моль ионов  $\text{H}^+$ . Ионы  $\text{H}^+$  в катодном пространстве при этом возрастает на 0,1 моль, а количество анионов не изменится. Таким образом, каких-либо изменений в составе анолита не произойдет.

Таким образом, катодит обедняется золотом и обогащается тиомочевинной и серной кислотой, причем при осаждении каждого моля золота в катодите накапливается 1 моль тиомочевины и 0,5 моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Теоретически в катодном пространстве электролизера, работающего с применением катионитовых мембран, должна регенерироваться вся тиомочевина и половина серной кислоты, расходуемые при десорбции золота с ионита. Состав анолита должен оставаться неизменным [2].

Так как селективность существующих мембран не идеальна: катионитовые мембраны, в некоторой степени, проницаемы также и для анионов, то в реальных условиях электролиза такой результат не удастся достичь. Поэтому в процессе электролиза в переносе тока через раствор участвуют не только катионы  $\text{H}^+$ , но отчасти и анионы  $\text{SO}_4^{2-}$ . Нетрудно заметить, что в этом случае небольшое количество регенерированной серной кислоты (тем меньше, чем выше селективность мембраны) окажется в анодном пространстве, то есть кислотность анолита в процессе электролиза будет постепенно возрастать. При наличии в мембранах микротрещин и других дефектов возможно частичное проникновение катодита в анодное пространство. Что приводит к увеличению кислотности анолита и способствует накоплению в анолите небольшое (менее 0,5 г/л) количество тиомочевины.

Таким образом, можно сделать вывод, что процесс восстановления золота идет в режиме предельного тока, это означает, что скорость осаждения золота на катодах контролируется диффузией катионов  $\text{Au}[\text{CS}(\text{NH}_2)_2]_2^+$  к катодной поверхности. Поэтому необходимо проводить интенсификацию процесса за счет перемешивания или нагрева электролита [2].

## **2.2 Выбор технологических параметров**

Основные технологические параметры процесса электролиза – плотность тока, температура, скорость протока раствора и напряжение на электролизной ванне. Электролиз золота осуществляется при  $i_k$  от 20 до 60 А/м<sup>2</sup>. С повышением температуры раствора скорость электролиза растет. Так, при повышении температуры электролита от 25 до 50°C скорость осаждения золота увеличивается примерно в 1,9 раза. Но, так как термическая стойкость ионитовых мембран невысокая, то температура электролита не должна превышать 55 °С.

Влияние перемешивания: перемешивание электролита в электролизере осуществляется за счет выделения на катоде газообразного водорода. При повышении силы тока, протекающего через электролизеры, количество выделяющегося водорода увеличивается, тем самым растет интенсивность перемешивания. Однако, уменьшается при этом поверхность осаждения золота, так как происходит экранирование катода пузырьками выделяющегося газа. Поэтому для каждого электролизера существует оптимальная токовая нагрузка, при которой производительность аппарата будет максимальной. Циркуляции электролита через катодное пространство также обеспечивает дополнительное перемешивание электролита. Рост скорости протока раствора через катодные камеры электролизера также вызывает повышение скорости процесса электролиза. Практикой работы и исследованиями установлено, что повышение в разумных пределах плотности тока, скорости протока раствора и температуры позволяет увеличить скорость осаждения золота [3].

## **2.3 Разработка и описание аппаратурно-технологической схемы участка осаждения золота**

Аппаратурно-технологическая схема электролитического выделения золота из тиомочевинных растворов представляет собой цепочку аппаратов

химической промышленности представленных в приложении А. В целом, весь процесс извлечения золота можно разделить на следующие стадии.

#### 1) Циркуляция католита

Золотосодержащий раствор (католит) с участка регенерации поступает в напорный бак (позиция 1) и самотеком поступает в электролизер (позиция 5).

Также в баках (позиции 1 и 2) происходит отстаивание золотосодержащего раствора от механических взвесей. Эти баки периодически очищают от осадка.

Подача товарного регенерата в электролизеры устанавливается ручным вентилем. Затем отработанный товарный регенерат (маточник электролиза) самотеком, из верхних патрубков электролизеров, поступает в приемный бак (позиция 2), после чего периодически закачивается насосом в напорный бак (позиция 1). Из напорного бака (позиция 1) отработанный раствор поступает на участок регенерации.

Патрубки электролизеров для входа и выхода католита расположены на противоположных стенках друг напротив друга.

#### 2) Циркуляция анолита

С целью сохранения тиомочевины и с целью сохранения и экономии платины аноды в электролизерах отделены от рабочего раствора ионообменной мембраной. В анодное пространство, при помощи силиконовых трубок подается анолит – раствор серной кислоты из напорного бака (позиция 3).

Расход анолита устанавливается ручным вентилем и должен контролироваться по сливным трубкам. Нельзя допускать перерыва в подаче анолита и переполнения анодных сборок.

Анолит из электролизеров, по сливным трубкам, которые находятся сверху анодных коробок и расположены выше уровня католита, самотеком поступает в приемный бак (позиция 4) и периодически закачивается насосом в напорный бак реагентного отделения. Концентрация серной кислоты в анолите в процессе работы возрастает, поэтому анолит периодически необходимо разбавлять водой. Это выполняется по мере необходимости в реагентном

отделении, после контроля кислотности и необходимой коррекции, сернокислотный раствор вновь направляется на электролиз в качестве анолита.

### 3) Операция электролиза

Цель электролиза: выделить из товарного регенерата золото в виде твердого осадка и повторно использовать раствор с большим содержанием тиомочевины и серной кислоты.

Электролизер представляет собой ванну, изготовленную из титанового сплава, внутрь которого вставлены катодные блоки. Анодами служат платиновая сетка. Для удаления выделяющихся при электролизе газов электролизер сверху закрыт крышкой-зонтом, к которому подведены гибкие вентиляционные рукава. Газы из электролизеров отсасываются вентилятором через пенный скруббер газоочистки.

Золотосодержащий раствор из напорного бака (позиция 1) самотеком поступает через распределительный порожек электролизеров (позиция 5). Подача золотосодержащего раствора в электролизеры устанавливается ручным вентилем. Золото выделяется на катоде в виде черного шлама и частично сваливается с катода на дно электролизера. Периодически, раз в неделю, проводится съем золота из электролизера с зачисткой катодов.

При силе тока на электролизере меньше 900 А можно уменьшить количество пластин на катоде и увеличить расстояние между пластинами. Это облегчит очистку катода при съеме золота.

Из верхних патрубков электролизеров, отработанный золотосодержащий раствор самотеком поступает в приемный бак (позиция 2), а анолит из анодных блоков электролизеров по сливным трубкам самотеком поступает в приемный бак (позиция 4).

### 4) Съем, обжиг и плавка золота

Катодные блоки отсоединяются, вынимаются и очищаются в специальном корыте и промывочный раствор очищается на нутч-фильтре. Осадок из электролизера после перемешивания тоже выпускается в нутч-фильтр (позиция 6). Периодически фильтрат из приемного бака (позиция 7)

откачивают насосом в бак (позиция 2).

Отфильтрованный осадок из нутч-филтра загружается в противни, и помещают в подовую электропечь (позиция 8) для сушки при температуре от 100 до 300 °С в течение от 2 до 3 часов. При обжиге выгорают серосодержащие продукты и другие горючие примеси. Катодный осадок после сушки плавится в индукционной печи (позиция 9). После обжига катодный осадок извлекается из печи и охлаждается до комнатной температуры.

Перед плавкой подготавливают шихту: в зависимости от количества катодного осадка, добавляют определенное количество флюсов: сода, бура техническая, необходимые для образования шлаков. Катодный осадок и флюсы перемешиваются (шихтуются). Полученную шихту для плавки совком загружают в графитовый тигель, который установлен в индукционную печь.

Перед началом процесса плавки графитовый тигель индукционной печи разогревается до температуры красного каления (от 500 до 600 °С), затем в него засыпается шихта, нагрев тигля увеличивается до температуры белого каления (от 1100 до 1200 °С). В процессе плавки происходит интенсивное перемешивание расплава индукционным полем и окисление необожженных примесей, и их ошлакование флюсами. После полного расплавления металла, устанавливается максимальная мощность индукционной печи, при этом температура металла увеличивается еще примерно на 50 °С. Затем печь отключается и в течение 5 минут расплав выдерживается без подогрева. Во время выдержки металла без разогрева шлак, имеющий меньшую плотность, чем металл, достаточно полно отделяется от металла и собирается в верхней части тигля.

После разделения металла и шлака в тигле печь медленно, без рывков поворачивается, и расплав из тигля разливается в предварительно подогретую до 400 °С одну или несколько графитовых изложниц (позиция 10), которые далее на воздухе охлаждаются до комнатной температуры. Затем из изложниц извлекаются слитки металла со шлаком. Слитки очищаются от шлака на оборудованном поддоне (для исключения потери кусков шлака), промываются

чистой водой и сушатся. Далее высверливают стружку от каждого слитка для пробы, которая пойдёт на анализ, взвешивают, упаковывают и сдают в золото-приемную кассу (ЗПК) с записью в журнале.

Газы во время плавки и предварительного обжига отводятся вентиляционной системой через скруббер для очистки от сернистого газа и золотосодержащей пыли. Слитки черного золота являются готовой продукцией. Они отправляются на аффинажный завод.

## **2.4 Вывод по разделу**

В данном разделе диплома подобраны технологические параметры процесса электролиза золота из тиомочевинных растворов. В качестве защиты анодного пространства от тиомочевины была выбрана анионообменная мембрана. Составлена аппаратурно-технологическая схема. А также рассмотрены основные стадии узлов аппаратурно-технологической схемы.

## 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью экономического расчета является определение себестоимости технологического процесса, расходов на монтаж, обслуживание и эксплуатацию оборудования.

### 5.1 Расчет капитальных затрат

#### 5.1.1 Расчет капитальных затрат на строительство

Величина капитальных затрат на здание участка осаждения и его сооружение определяется по укрупненным параметрам. Такими параметрами являются: стоимость  $1\text{ м}^3$  здания согласно действующим поясным ценам на строительство и стройматериалы с учетом характера здания, его размеры и назначение [14].

Выбираем под участок помещение: длина которого составляет 10 м, ширина – 8 м, высота – 7 м. Производственная площадь –  $80\text{ м}^2$ , периметр здания 34 м. Стоимость земляных работ и фундамента составляет 602352 руб. Стоимость конструкции здания (изготовление и монтаж) – 1281478 руб. Итого полная стоимость составит – 1883830 руб. Цена строительства – 11655,5 руб/кв.м. Следовательно, стоимость здания составит 2816270 руб. Таблица 10 – Затраты на санитарно-технические работы

Затраты	% от затрат на постройку здания	Цена, руб.
Отопление	5	140814
Вентиляция	5	140814
Водопровод	3	84488
Канализацию	3	84488
Освещение	2	56325
Итого:	18	506929

Полная стоимость здания составит:

$$C_{зд} = 2816270 + 506929 = 3323200 \text{ руб.}$$

### 5.1.2 Расчет стоимости оборудования

Таблица 11 – Стоимость основного оборудования

Наименование	Кол-во	Марка	Цена за шт., тыс. руб.	Цена, тыс.руб.
Электролизер	2	–	2000	4000
Бак	5	Еврокуб	15	75
Насос	3	X2/25	50	150
Нутч-фильтр	1	НЭЭ-2-1-2-К	200	200
Источник тока	2	ТВ1-1600/12Т-0	260	520
Печь подовая	1	Sveba Dahlen DC-3 340	180	180
Печь индукционная	1	ПИ1 – 50/10	300	300
Итого:			3005	5425

### 5.1.3 Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования

- транспортные расходы на перевозку оборудования, заготовительно-складские работы составляют 8% от стоимости оборудования [14]:

$$Z_{тр} = 5425 \cdot 0,08 = 434000 \text{ руб/год.}$$

- стоимость монтажных работ составляет 20% от стоимости оборудования:

$$Z_{монт.} = 5425 \cdot 0,2 = 1085000 \text{ руб/год.}$$

- стоимость специальных работ принимаем 10% от стоимости оборудования (строительство фундаментов, трубопроводов, пусконаладочных работ):

$$Z_{сп. р.} = 5425 \cdot 0,1 = 542500 \text{ руб/год.}$$

Таблица 12 – Расходы на наладку и монтаж оборудования

Наименование нормативов	% от стоимости оборудования	Сумма, тыс. руб.
Транспортные расходы	8	434
Монтажные расходы	20	1085
Специальные работы	10	542,5
Итого:	38	2062

Капитальные затраты на оборудование составят:

$$Z_{к.об.} = C_{об} + Z_{тр.} + Z_{монт.} + Z_{сп.р.} = 5425 + 2062 = 7487000 \text{ руб/год.}$$

Сумма капитальных затрат:

$$\sum Z_{кап} = C_{зд} + Z_{к.об.} = 3323200 + 7487000 = 10810200 \text{ руб/год.}$$

Таблица 13 – Полные капитальные затраты

Наименование глав сметы	Капитальные затраты	
	Руб.	%
Здание	3323200	30,74
Оборудование	7487000	69,26
Итого:	10810200	100

Расчет затрат на производство:

Затраты на ремонт здания составляют 2% от стоимости здания [14]:  $Z_{р.} = 3323200 \cdot 0,02 = 66464 \text{ руб/год.}$

Содержание здания (включает в себя затраты на освещение, отопление, вентиляцию) – 5% от стоимости здания:

$$Z_{сод.} = 2200520 \cdot 0,05 = 166160 \text{ руб/год.}$$

Амортизационные отчисления:

$$Z_{ам.} = 2200520 \cdot 0,05 = 166160 \text{ руб/год.}$$

Сумма затрат на содержание и эксплуатацию здания составляет:

$$\sum Z_{зд} = 66464 + 166160 + 166160 = 398784 \text{ руб.}$$

Ремонт производственного оборудования обходится в 15% от стоимости оборудования:

$$Z_p = 7487000 \cdot 0,15 = 1123050 \text{ руб.}$$

Расходы на содержание оборудования составляют 5% от стоимости оборудования:

$$Z_{\text{сод.}} = 7487000 \cdot 0,05 = 374350 \text{ руб.}$$

Отчисления на амортизацию оборудования – 10% от стоимости оборудования:

$$Z_{\text{ам}} = 7487000 \cdot 0,1 = 748700 \text{ руб.}$$

Сумма расходов на содержание и эксплуатацию оборудования составляет:

$$\Sigma Z_{\text{об}} = 1123050 + 374350 + 748700 = 2246100 \text{ руб.}$$

Таким образом, общепроизводственные расходы составят:

$$Z_{\text{общ.}} = 398784 + 2246100 = 2644884 \text{ руб.}$$

#### 5.1.4 Расчет технологических затрат

Расчет затрат на электроэнергию [18]:

$$Z_{\text{эн.}} = T_{\text{э}} \cdot N_{\text{T}} \cdot T_{\text{р.об}}, \quad (80)$$

где  $T_{\text{э}}$  – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб. (2,93

руб.),  $N_{\text{T}}$  – суммарная мощность, кВт (200 кВт),

$T_{\text{р.об.}}$  – время работы оборудования в год, час (7920 час).

$$Z_{\text{эн.}} = 2,93 \cdot 200 \cdot 7920 = 4641120 \text{ руб/год.}$$

Расчет затрат на воду:

$$Z_{\text{вод.}} = T_{\text{в}} \cdot T_{\text{р.об.}} \cdot B, \quad (81)$$

где  $T_{\text{в.}}$  – стоимость 1 м<sup>3</sup> воды, руб. (19,28 руб/м<sup>3</sup>),

$B$  – часовой расход воды, м<sup>3</sup> (0,5 м<sup>3</sup>/ч).

$$Z_{\text{вод.}} = 19,28 \cdot 7920 \cdot 0,5 = 76349 \text{ руб/год.}$$

Затраты на освещение:

$$\text{-----} Z_{\text{осв}} \quad , \quad (82)$$

где 15 – количество Ватт на 1 м<sup>2</sup> пола,

$S_{\text{п}}$  – площадь пола,  $\text{м}^2$  ( $80 \text{ м}^2$ ),

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

$T_{\text{э}}$  – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб. (2,93 руб.),

$T_{\text{р.об.}}$  – число дней работы производства в году, (330 дней).

$$Z_{\text{осв.}} = (15 \cdot 80 \cdot 24 \cdot 330 / 1000) \cdot 2,93 = 27847 \text{ руб/год.}$$

1) Затраты на вентиляцию [18]:

$$Z_{\text{вент.}} = \frac{P_{\text{э.д.}} \cdot T_{\text{кал}}}{1000} \cdot T_{\text{э}}, \quad (83)$$

где  $T_{\text{КАЛ}}$  – календарный фонд времени (час),

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

Установим на участке вентиляторы в количестве 6 штук, ( $P_{\text{э.д.}} = 4 \text{ кВт}$ ).

$$Z_{\text{вент}} = (4 \cdot 6 \cdot 24 \cdot 330) \cdot 2,93 = 556934 \text{ руб/год.}$$

2) Затраты на отопление:

$$Z_{\text{отоп.}} = \frac{a \cdot V_{\text{зд}} \cdot T}{1000} \cdot T_{\text{э}}, \quad (84)$$

где  $a$  – количество тепла на 1  $\text{м}^3$  помещения, кВт (4,4 кВт);

$T$  – продолжительность отопительного сезона, ч (4896 ч.);

$V_{\text{зд}}$  – объем отапливаемого помещения,  $\text{м}^3$  ( $720 \text{ м}^3$ ).

$$Z_{\text{отоп.}} = (4,4 \cdot 4896 \cdot 720 \cdot 2,93) / 1000 = 45446 \text{ руб/год.}$$

3) Затраты на ОТ и ТБ:

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

Расходы на охрану труда и технику безопасности составляют 12% от  $\Phi_{\text{общ.}}$ :

$$Z_{\text{от. тб.}} = 13861354 \cdot 0,12 = 1663362 \text{ руб/год.}$$

7) Отчисления на социальные нужды:

Размер отчислений на социальные нужды составляет 30 % от полного годового фонда заработной платы [14]:

Отчисления от заработной платы составляют 30% от  $\Phi_{\text{общ.}}$ :

$$Z_{\text{соц.}} = 13861354 \cdot 0,3 = 4158406 \text{ руб/год.}$$

## 5.2 Расчет затрат на реагенты

Затраты на реагенты приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Затраты на реагенты

Наименование	Норма расхода на единицу продукции, ед./кг	Цена за единицу, руб./ед.	Количество на весь годовой выпуск, ед.	Итоговые затраты, руб.
NaOH	0,003	44	30000	1320000
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,008	24	80000	1920000
Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	0,135	100	1000	100000
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,035	60	300	18000
Итого			3358000	

## 5.3 Организация труда и заработной платы

### 5.3.1 Определение баланса времени одного рабочего

Баланс времени одного рабочего устанавливает число дней подлежащих отработке одним среднесуточным рабочим в год, в зависимости от принятого режима работы участка, продолжительности работы участка и продолжительности рабочего дня [18]. Составим баланс рабочего времени среднесписочного рабочего, с целью определения фонда рабочего времени.



где А, В, С, D – бригады.

Длительность сменоборота:

$$T_{\text{см.об.}} = n_{\text{б}} \cdot T_{\text{н}}, \quad (85)$$

где  $n_{\text{б}}$  – число бригад,

$T_{\text{н}}$  – число дней, в которые бригада ходит в смену.

$$T_{\text{см.об.}} = 4 \cdot 4 = 16 \text{ дней.}$$

За длительность сменоборота бригада отдыхает 4 дня, за год 91 день, а количество ночных смен в год – 81. Таким образом, на одного среднесуточного рабочего приходится 91 день выходных и 81 ночная смена в год.

### 5.3.3 Расчёт численности персонала

#### 1) Расчет численности основных рабочих

Численность производственных рабочих определяется, исходя из прогрессивных норм обслуживания при полном обеспечении рабочими всех мест. Число рабочих мест определяется, исходя из необходимых точек наблюдения и операций обслуживания процесса, а также объема работы на управление каждым участком [14].

а) Определим явочное число основных рабочих в сутки:

$$N_{\text{яв}} = \frac{1}{H_{\text{обс}}} \cdot F \cdot C. \quad (87)$$

где  $H_{\text{обс}}$  – норма обслуживания,

$F$  – количество установок,

$C$  – количество смен в сутки.

Учитывая, что работа основных производственных рабочих заключается в наблюдении за ходом процесса, количество рабочих участка в смену составит 2 человека.

$$N_{\text{яв}} = 2 \cdot 3 = 6 \text{ рабочих.}$$

б) Определим списочное число основных рабочих:

$$N_{\text{сп}} = N_{\text{яв}} \cdot \frac{330}{234} \quad (88)$$

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

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

$$N_{\text{СП}} = 6 \cdot \frac{330}{234} = 9 \text{ чел.}$$

Приведем состав рабочего персонала ниже в таблице 17.

Таблица 17 – Численность основных рабочих

Наименование профессии	Тариф разряд	Число рабочих в смену	Н <sub>яв</sub> в сутки	Н <sub>СП</sub> в сутки	Число рабочих дней в году	Число рабочих дней оборуд.	Число смен в сутки
Аппаратчик	5	1	3	4	234	330	3
Оператор	6	1	3	5			

## 2) Расчет численности вспомогательного персонала

С учетом специфики данного участка и приборного оформления комплектуем участок дежурным обслуживающим персоналом в составе:

- Дежурный слесарь (тар. Разряд 5) – 1,
- Дежурный электрик (тар. Разряд 5) – 1,
- Дежурный КИПиА (тар. Разряд 5) – 1.

Списочное число рабочих дежурного персонала:

$$R_{\text{ЯВ}} = 3 \cdot 3 = 9 \text{ чел/сут,}$$

$$R_{\text{СП}} = R_{\text{ЯВ}} \cdot \frac{330}{234} = 9 \cdot \frac{330}{234} = 13 \text{ чел.}$$

Сведем число дежурного персонала в таблицу 18.

Таблица 18 – Численность дежурного персонала

Профессия	Разряд	Число рабочих в смену	Число смен в сутки	Н <sub>яв</sub> , в сутки	Н <sub>сп</sub> , в сутки	Число рабочих дней в году	Число рабочих дней оборуд.
Деж. Слесарь	5	1	3	3	4	234	330
Деж. Электрик	5	1	3	3	4	234	330
Деж. КИПиА	5	1	3	3	5	234	330

### 3) Расчет численности ИТР, служащих и МОП

Расчет производится в связи с потребностью участка в каждой группе работников. Сведем данные о численности в таблицу 19. Таблица 19 – Численность ИТР, служащих и МОП

№	Наименование должности	Категория	Количество работников
1	Начальник участка	ИТР	1
2	Технолог	ИТР	1
3	Мастер смены	ИТР	3
4	Табельщик	Служащий	1
5	Уборщица	МОП	2
Итого:			8

### 5.3.4 Расчет годового фонда заработной платы

#### 1) Расчет фонда заработной платы основных рабочих

Расчет фонда заработной платы основных рабочих:

Расчетный фонд заработной платы (ЗП) складывается из основной и дополнительной заработной платы [14].

Основной фонд (ЗП):

$$Z_{осн.} = Z_{тар} + D_{пр} + D_{н.вр.} + D_{праз.} + D_{вред.}, \quad (89)$$

где  $Z_{тар}$  – тарифный фонд,

$D_{пр}$  – доплата премий,

$D_{н.вр.}$  – доплаты за ночные смены,

$D_{\text{праз.}}$  – доплата за работу в праздничные дни,  $D_{\text{вред}}$  – доплата за вредность.

а) Тарифный фонд:

$$Z_{\text{тар}} = Z_{\text{тар}}^4 + Z_{\text{тар}}^5 + Z_{\text{тар}}^6, \quad (90)$$

где  $Z_{\text{тар}}^4$ ,  $Z_{\text{тар}}^5$ ,  $Z_{\text{тар}}^6$  – ЗП по тарифным ставкам рабочих различной квалификации.

$$Z_{\text{тар}}^i = N_{\text{сп}}^i \cdot T_{\text{эф}} \cdot T_{\text{ст}}^i, \quad (91)$$

где  $N_{\text{сп}}$  – списочное число рабочих,

$T_{\text{эф}}$  – эффективное время работы одного среднесписочного рабочего,  $T_{\text{ст}}$  – тарифная часовая ставка.

Часовая тарифная ставка составляет для работников:

6<sup>го</sup> разряда – 200 руб/час,

5<sup>го</sup> разряда – 180 руб/час.

$$Z_{\text{тар}}^6 = 5 \cdot 1872 \cdot 200 = 1872000 \text{ руб/год},$$

$$Z_{\text{тар}}^5 = 4 \cdot 1872 \cdot 180 = 1347840 \text{ руб/год},$$

$$Z_{\text{тар}} = 1872000 + 1347840 = 3219840 \text{ руб/год}.$$

б) Доплата премий – 30% от  $Z_{\text{тар}}$ :

$$D_{\text{пр}}^6 = Z_{\text{тар}} \cdot \Pi = 1872000 \cdot 0,3 = 561600 \text{ руб/год},$$

$$D_{\text{пр}}^5 = 1347840 \cdot 0,3 = 404352 \text{ руб/год},$$

$$D_{\text{пр}} = 561600 + 404352 = 965952 \text{ руб/год}.$$

в) Доплата за работу в ночное время осуществляется отчислением 40% от тарифной ЗП [18]:

$$D_{\text{н.вр.}} = D_{\text{н.вр}}^5 + D_{\text{н.вр}}^6, \quad (92)$$

$$D_{\text{н.вр.}} = N_{\text{сп}}^i \cdot n_{\text{н.в.}} \cdot T_{\text{ст}}^i \cdot t_{\text{см}} \cdot \Pi, \quad (93)$$

где  $n_{\text{н.вр}}$  – количество ночных смен в году,

$t_{\text{см}}$  – продолжительность смены, час,  $\Pi$

– процент отчисления (40%).

$$D_{\text{н.вр.}}^6 = 5 \cdot 81 \cdot 200 \cdot 8 \cdot 0,4 = 259200 \text{ руб/год}, \quad D_{\text{н.вр.}}^5 = 4 \cdot 81 \cdot 180 \cdot 8 \cdot 0,4 = 186624 \text{ руб/год},$$

$$D_{\text{н.вр.}} = 259200 + 186624 = 445824 \text{ руб/год}.$$

г) Доплата за работу в праздничные дни.

Примем, что в году 12 праздничных дней. В праздничные дни доплата осуществляется по двойным тарифным ставкам:

$$D_{\text{праз}} = D_{\text{пр}}^5 + D_{\text{пр}}^6, \quad (94)$$

$$D_{\text{праз}}^i = N_{\text{яв}}^i \cdot N \cdot T_{\text{ст}}^i \cdot t_{\text{см}}, \quad (95)$$

где  $N$  – число праздничных дней в году,

$N_{\text{яв}}$  – явочное число рабочих.

$$D_{\text{праз}}^5 = 2 \cdot 3 \cdot 180 \cdot 96 = 103680 \text{ руб/год},$$

$$D_{\text{праз}}^6 = 2 \cdot 3 \cdot 200 \cdot 96 = 115200 \text{ руб/год},$$

$$D_{\text{праз}} = 53760 + 76800 = 218880 \text{ руб/год}.$$

д) Доплата за вредность - 20% от тарифной ЗП:

$$D_{\text{вр}}^5 = 1347840 \cdot 0,2 = 269668 \text{ руб/год},$$

$$D_{\text{вр}}^6 = 1872000 \cdot 0,2 = 374400 \text{ руб/год},$$

$$D_{\text{вр}} = 374400 + 269668 = 643968 \text{ руб/год}.$$

$$Z_{\text{осн}} = 3219840 + 965952 + 445824 + 218880 + 643968 = 5494464 \text{ руб/год}.$$

е) Определим дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot \frac{1}{5} = 5494464 \cdot \frac{1}{5} = 659336 \text{ руб/год}.$$

Годовой фонд ЗП основных рабочих:

$$Z = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} = 5494464 + 659336 = 6153800 \text{ руб/год}.$$

Результаты расчета сводятся в таблицу 20.

Таблица 20 – Расчет годового фонда заработной платы основных рабочих

Категория рабочих	Основные			
Система оплаты труда	Повременная, сдельная, повременно-премиальная и др.			
Условия труда	Приемлемые			
Разряд			пятый	шестой
Тарифная ставка	$T_{ст}$	руб/час	180	200
Численность списочных рабочих	$N_{сп}$	чел.	4	5
Фонд рабочего времени	$T_{эф}$	час	1872	
Тарифный фонд	$Z_{тар}$	руб/год	1347840	1872000
Доплата за ночное время	$D_{н.вр}$	руб/год	186624	259200
Доплата за праздничные дни	$D_{праз}$	руб/год	103680	115200
Доплата за вредность	$D_{вред.}$	руб/год	269668	374400
Доплата премий	$D_{пр}$	руб/год	404352	561600
Основной фонд заработной платы	$Z_{осн.}$	руб/год	2312164	31824300
Итого:	$Z_{осн.}$	руб/год	5494464	
Дополнительный фонд заработной платы	$Z_{доп}$	руб/год	659336	
Годовой фонд заработной платы	$Z$	руб/год	6153800	

2) Расчет годового фонда заработной платы вспомогательного персонала

Заработная плата вспомогательного персонала рассчитывается по

формуле:

$$Z_{общ} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (96)$$

$$Z_{осн.} = Z_{тар} + D_{пр} + D_{н.вр.} + D_{праз.} + D_{вред.}, \quad (97)$$

а) Тарифный фонд ЗП вспомогательных рабочих:

$$Z_{тар}^i = N_{сп}^i \cdot T_{эф} \cdot T_{сп}^i, \quad (98)$$

$$Z_{тар}^5 = 13 \cdot 1872 \cdot 100 = 2433600 \text{ руб/год.}$$

б) Доплата за работу в ночное время:

$$D_{н.вр.} = N_{сп}^i \cdot n_{н.в.} \cdot T_{ст}^i \cdot t_{см} \cdot П, \quad (99)$$

$n_{н.вр}$  – количество ночных смен в году,

$t_{см}$  – продолжительность смены, час,

П – процент отчисления (40%).

$$D_{н.вр.} = 13 \cdot 81 \cdot 100 \cdot 8 \cdot 0,4 = 336960 \text{ руб/год.}$$

в) Доплата премий - 30% от тарифной ЗП:

$$D_{пр} = Z_{тар} \cdot \frac{30}{100} = 2433600 \cdot \frac{30}{100} = 730080 \text{ руб/год.}$$

г) Доплата за работу в праздничные дни.

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

$$D_{праз.} = 9 \cdot 200 \cdot 12 \cdot 8 = 172800 \text{ руб/год.}$$

д) Доплата за вредность - 20% от тарифной ЗП:

$$D_{вред} = Z_{тар} \cdot \frac{20}{100} = 2433600 \cdot \frac{20}{100} = 486720 \text{ руб/год.}$$

$$Z_{осн} = 2433600 + 730080 + 336960 + 172800 + 486720 = 4160160 \text{ руб/год.}$$

е) Расчет фонда дополнительной заработной платы

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot \frac{12}{100} = 4160160 \cdot \frac{12}{100} = 292032 \text{ руб/год.}$$

Годовой фонд заработной платы вспомогательных рабочих:

$$Z = Z_{осн} + Z_{доп} = 4160160 + 292032 = 4452192 \text{ руб/год.}$$

Таблица 21 – Расчет годового фонда заработной платы вспомогательных рабочих

Категория рабочих	вспомогательные
Система оплаты труда	Повременно - премиальная
Разряд	5
Тарифная ставка, руб/час	100
Численность списочных рабочих, чел.	13
Фонд рабочего времени, час	1872
Тарифный фонд, руб/год	2433600
Доплата за ночное время, руб/год	336960

Продолжение таблицы 21

Доплата за праздничные дни, руб/год	172800
Доплата за вредность, руб/год	486720
Доплата премий, руб/год	730080
Основной фонд заработной платы, руб/год	4160160
Дополнительный фонд заработной платы, руб/год	292032
Годовой фонд заработной платы, руб/год	4452192

3) Расчет годового фонда заработной платы ИТР, служащих и МОП

Оклады должностных лиц руководителей и специалистов

устанавливаются в зависимости от категории участка.

Таблица 22 – Состав инженерно-технического персонала и служащих

Наименование должности	Оклад, руб.
Начальник участка	50000
Технолог	45000
Мастер смены	35000
Табельщик	15000
Уборщица	12000

а) Фонд ЗП вычисляем путем умножения числа штатных единиц на их месячный оклад и на число месяцев работы в году. Число месяцев работы в году для руководителей и специалистов принимаем равным 11 месяцев, для служащих – 11,3 месяца [18].

$$Z_{\text{тар}} = 1 \cdot 11 \cdot 50000 + 1 \cdot 11 \cdot 45000 + 3 \cdot 11 \cdot 35000 + 1 \cdot 11,3 \cdot 15000 + 2 \cdot 11,3 \cdot 12000 = 2640700 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата ИТР, служащих и МОП рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн.}} = Z_{\text{тар}} + D_{\text{праз.}} + D_{\text{вред.}} + D_{\text{н.вр.}}, \quad (100)$$

б) Доплата за работу в праздничные дни:

$$D_{\text{праз}}^i = N_{\text{яв}}^i \cdot N \cdot (T_{\text{окл.}} / 27,5), \quad (101)$$

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

$N$  – количество праздничных дней в году,

27,5 – среднемесячное количество рабочих часов.

$$D_{\text{праз.}}^{\text{Н.уча}} = 1 \cdot 12 \cdot (50000/27,5) = 21818 \text{ руб/год}, D_{\text{праз.}}^{\text{Техн.}} = 1 \cdot 12 \cdot (45000/27,5) = 19636 \text{ руб/год}, D_{\text{праз.}}^{\text{Маст.}} = 3 \cdot 12 \cdot (35000/27,5) = 45818 \text{ руб/год}, D_{\text{праз.}}^{\text{Таб..}} = 1 \cdot 12 \cdot (15000/27,5) = 6546 \text{ руб/год}, D_{\text{праз.}}^{\text{Уб.}} = 2 \cdot 12 \cdot (12000/27,5) = 10473 \text{ руб/год}.$$

$$D_{\text{праз.}}^{\text{Общ.}} = 21818 + 19636 + 45818 + 6546 + 10473 = 104291 \text{ руб/год}.$$

б) Доплата за вредность – 20% от  $Z_{\text{тар}}$ :

$$D_{\text{вред.}}^{\text{нач.уча}} = 50000 \cdot 0,2 = 10000 \text{ руб/год},$$

$$D_{\text{вред.}}^{\text{техн.}} = 45000 \cdot 0,2 = 9000 \text{ руб/год},$$

$$D_{\text{вред.}}^{\text{маст.}} = 35000 \cdot 0,2 = 21000 \text{ руб/год},$$

$$D_{\text{вред.}}^{\text{таб..}} = 15000 \cdot 0,2 = 3000 \text{ руб/год},$$

$$D_{\text{вред.}}^{\text{уб.}} = 12000 \cdot 0,2 = 4800 \text{ руб/год}.$$

$$D_{\text{вред.}}^{\text{Общ.}} = 10000 + 9000 + 21000 + 3000 + 4800 = 47800 \text{ руб/год}.$$

г) Доплата за работу в ночное время осуществляется отчислением 40% от  $Z_{\text{тар}}$  и начисляется мастеру смены.

$$D_{\text{н.вр.}} = 3 \cdot 81 \cdot 180 \cdot 8 \cdot 0,4 = 139968 \text{ руб/год}.$$

Основная заработная плата равна:

$$Z_{\text{осн.}} = 2640700 + 104291 + 47800 + 139968 = 2932759 \text{ руб/год}.$$

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

Определим дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{осн.}} = 2932759 \cdot 0,11 = 322603 \text{ руб/год}.$$

ж) Годовой фонд заработной платы:

$$\Phi_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} = 2932759 + 322603 = 3255362 \text{ руб/год}.$$

Результаты расчета представлены в таблице 23.

Таблица 23 - Результаты расчетов заработной платы ИТР, служащих и МОП

Категория	Наименование должности	Число ед.	З <sub>тар</sub> , руб./год	З <sub>осн</sub> , руб./год	З <sub>доп</sub> , руб./год	З <sub>год</sub> , руб./год
ИТР	Начальник участка	1	550000	581818	64000	645818
	Технолог	1	495000	523636	57600	581236
	Мастер смены	3	1155000	1361786	149796	1511582
Служащий	Табельщик	1	169500	179045	19695	198740
МОП	Уборщица	2	271200	286472	31512	317984
Итого		8	2640700	2932759	322603	3255362

Общий фонд заработной платы:

$$\Phi_{\text{общ}} = \text{З}_{\text{осн. раб}} + \text{З}_{\text{ИТР и МОП}} + \text{З}_{\text{всп. раб}},$$

$$\Phi_{\text{общ}} = 6153800 + 4452192 + 3255362 = 13861354 \text{ руб./год.}$$

### 5.3.5 Калькуляция себестоимости передела

Калькуляция себестоимости передела приведена в таблице 24.

Таблица 24 – Калькуляция стоимости передела

Статьи затрат	Ед. измер.	Цена ед. прод., руб.	Норма в год	Сумма руб./год
NaOH	кг	44	30000	1320000
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	кг	24	80000	1920000
Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	кг	100	1000	100000
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	кг	60	300	18000
Технологич. затраты				5347696
Итого условно-переменные затраты				8705696
Фонд ЗП:				
Основных рабочих	руб.			6153800
ИТР, служащих, МОП	руб.			4452192
вспомогательных рабочих	руб.			3255362
Отчисления на соц. нужды	руб.			4158406
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования:				
амортизация оборудования	руб.			748700
тек. и кап. ремонты	руб.			1123050
содержание оборудования	руб.			374350
Расходы участка:				
амортизация здания	руб.			166160
содержание здания	руб.			166160
тек. и кап. ремонты	руб.			66464
расходы на ОТ и ТБ	руб.			1663362
Итого условно-постоянные затраты				22328006
Итого себестоимость передела				31033702

Таким образом, себестоимость передела составляет 31033702 рублей в год. При этом основная доля, равная 47 %, приходится на оплату труда. На амортизационные отчисления направляется 3%. На долю реагентов приходится 12 %. На социальные нужды направляется 14% . Расходы на охрану труда и техники безопасности составляют 6 %. Затраты на технологические нужды составляют 18% от общей суммы. Диаграмма себестоимости приведена на рисунке 5.

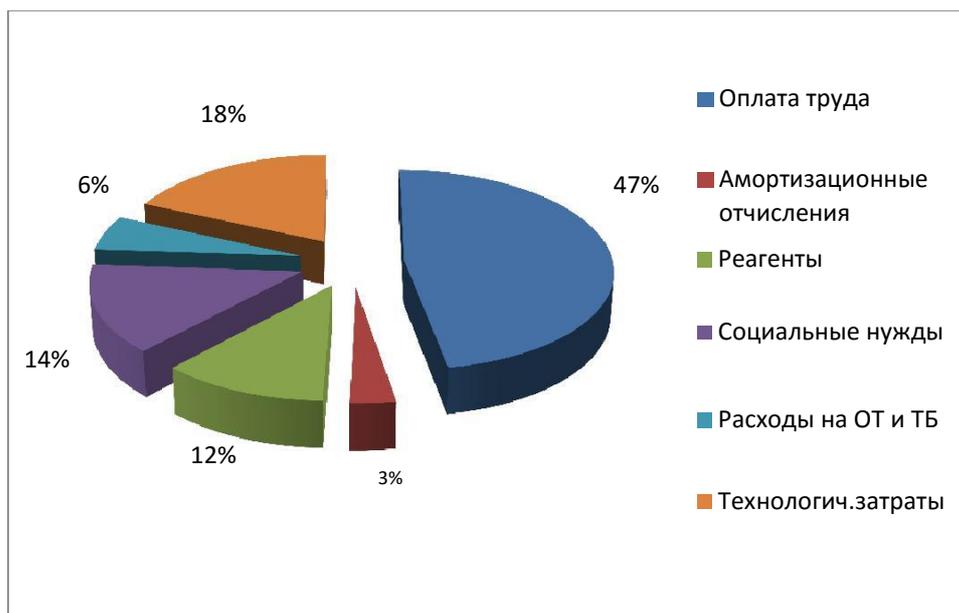


Рисунок 5 – Диаграмма себестоимости передела

Далее определим цену на реализацию сплава Доре аффинажному заводу [15]:

$$Ц = [(RW \cdot RA_{Ag} \cdot PMA_{Ag} \cdot PA_{Ag}) + (RW \cdot RA_{Au} \cdot PMA_{Au} \cdot PA_{Au})] - [RC \cdot GW] - [PC] + [C], \quad (102)$$

где  $RW$  – масса металла, полученного аффинажным заводом (в унциях),

$RA_{Ag}$  и  $RA_{Au}$  – содержания золота и серебра в слитках, произведенных заводом,

$PMA_{Ag}$  и  $PMA_{Au}$  – извлечение соответственно золота и серебра в слитках, в виде десятичной дроби,

$PA_{Ag}$  и  $PA_{Au}$  – ценны за золото и серебро, выраженные в рублях за унцию,

$GW$  – вес первоначального сплава Доре в унциях,

$PC$  – штрафы,

$C$  – плата за МПГ в составе сплава Доре.

$$\text{Ц} = [(32,15 \cdot 0,01 \cdot 0,95 \cdot 999,03) + (32,15 \cdot 0,82 \cdot 0,99 \cdot 71791,94)] - [21,77 \cdot 32,15] = 1873330 \text{ руб.}$$

#### **5.4. Вывод по разделу**

Внедрение данной технологии приведет к следующим изменениям:

- 1) Уменьшению себестоимости производимого продукта;
- 2) Сокращению количества основных рабочих за счет автоматизации процесса;
- 3) Сокращение потерь рабочего времени.

