

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 участка электролитического выделения золота из цианистых растворов производительностью 2700 м³/год по элюату

УДК 669.213.7

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0412	Бочков В. С.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ФТРЭ	Шагалов В. В.	Доцент, к.х.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Акимов Д.В.			

По разделу «Автоматизация процесса»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вильнина А.В.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Крайденко Р. И.	д.х.н.		

Томск – 2017 г.

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

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

 (Подпись) (Дата) Р.И. Крайденко

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

дипломного проекта

Студенту:

Группа	ФИО
0412	Бочкову Вадиму Сергеевичу

Тема работы:

Проект участка электролитического выделения золота из цианистых растворов производительностью 2700 м ³ /год по элюату.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 08.07.2016 г. № 5594/с

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Получение золота методом электролиза является наиболее эффективным при переработке разбавленных золотосодержащих растворов. Темой работы является проектирование каскада электролизеров выделения золота.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Введение. 2. Аналитический обзор литературных данных. 3. Теоретическая часть. 3.1. Теория процесса. 3.2. Термодинамика процесса. 3.3. Основы кинетики. 4. Экспериментальная часть. 4.1. Методика проведения исследований. 4.1.1. Описание экспериментальной установки. 4.1.2. Приборы и методы анализа. 4.1.3. Реактивы для проведения исследования и анализа. 4.1.4. Порядок проведения эксперимента. 4.2. Результаты и их обсуждение.

	5. Укрупнённое проектирование. 5.1. Разработка и описание аппаратурно-технологической схемы. 5.2. Расчет материального баланса. 5.3. Расчет теплового баланса. 5.4. Расчет основного аппарата. 5.4.1. Расчет геометрии и габаритов основного аппарата. 5.4.2. Механический расчет. 5.4.3. Гидравлический расчет. 5.4.4. Энергетический расчет. 6. Автоматизация процесса. 7. Охрана труда и техника безопасности. 8. Расчет себестоимости передела.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Физико-химические основы процесса. 2. Результаты исследований. 3. Блок-схема с материальными потоками. 4. Аппаратурно-технологическая схема. 5. Сборочный чертеж основного аппарата А1 (ГОСТ 2.001-93.2.034-83). 6. Техничко-экономические показатели.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	к.ф.н., доцент, Тухватулина Л.Р.
Социальная ответственность	Акимов Д.В.
Автоматизация процесса	к.т.н., доцент, Вильнина А.В.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Все разделы написаны на русском языке	

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	Шагалов В.В.	к.х.н.		3.10.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0412	Бочков В.С.		3.10.2016

Реферат

Выпускная квалификационная работа 120 страниц, 25 таблиц, 16 рисунков, 38 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: золото, электролиз, элюат, электролит, обедненный раствор, золотой шлам, циано-комплекс.

Данный дипломный проект посвящен проектированию участка электролитического выделения золота из цианистых растворов производительностью 2700 м³/год по элюату.

В ходе выполнения проекта был проведен аналитический обзор основ электролиза золота, конструкционного оформления процесса. Были разработаны технологическая и аппаратурные схемы процесса. Основным аппаратом проекта является проточный электролизер. По результатам материального баланса произведены аппаратурный и механический расчёты основного аппарата.

Так же был спроектирован цех, проведена автоматизация процесса электролиза золота. Проведен экономический расчет, была посчитана себестоимость данного процесса. Все опасные и вредные производственные факторы данного производства представлены и рассмотрены в разделе социальная ответственность.

Оглавление	
Введение.....	9
1 Аналитический обзор литературных данных.....	11
1.1 Основы электролитического процесса получения золота	11
1.1.1 Понятие об электролизе. Электродные процессы	11
1.1.2 Электролиз золота из щелочных элюатов	13
1.1.3 Технологические режимы и основные параметры процесса электролиза	14
1.1.4 Пример технологической схемы электролиза золота	17
1.2 Обзор существующего аппаратного оформления процесса электролиза	19
2 Технологическая часть	26
2.1 Принципиальная блок – схема процесса электроэлюирования золота.....	26
2.2 Аппаратурно – технологическая схема процесса электроэлюирования золота.....	27
2.3 Материальный баланс.....	28
2.3.1 Материальный баланс процесса десорбции золота.....	29
2.3.2 Материальный баланс процесса электролиза золота	35
2.3.2.1 Приходная часть.....	36
2.3.2.2 Расходная часть	36
2.4 Электротехнический расчет	41
2.4.1 Составляющие напряжения на электролизере.....	41
2.4.2 Напряжение на выпрямителе.....	44
2.4.3 Выбор источника энергии.....	44
2.4.4 Суточный расход электроэнергии на электролиз.....	44
2.5 Тепловой расчет основного аппарата	45
2.5.1 Приход тепла	46
2.5.2 Расход тепла	47
2.6 Аппаратурный расчет	48
2.5.1 Устройство электролизера и исходные данные к расчету.....	48
2.5.2 Описание конструкции и расчет единичного катода	49
2.5.3 Расчет числа катодов и анодов	49

2.5.4 Расчет габаритных размеров электролизера	50
2.5.5 Расчет патрубков электролизера ввода и вывода электролита	52
2.5.6 Расчет рабочего и общего объема электролизёра	54
2.5.7 Расчет корпуса электролизера	55
2.5.8 Расчет опор электролизера.....	56
2.6 Механический расчет	60
2.7 Гидравлический расчет	64
2.8 Подбор дополнительного оборудования	68
3. Автоматизация и контроль производства.....	70
3.1. Анализ объекта для выбора параметров контроля, сигнализации и регулирования	70
3.2 Выбор и описание функциональной схемы участка электролиза	72
3.4 Действия оператора – технолога при нормальном режиме ведения технологического процесса.....	73
3.5 Действия оператора – технолога при остановке технологического процесса	74
3.6 Перечень первичных преобразователей, используемых в процессе электролитического выделения золота.....	74
3.7 Аналитический контроль	77
4 Строительная часть	78
4.1 Основание	79
4.3 Наружные стены.....	80
4.4 Покрытие.....	81
4.5 Полы	82
4.6 Водоснабжение.....	82
4.7 Производственная канализация.....	83
5 Социальная ответственность.....	84
5.2 Безопасность при работе с химическими веществами.....	86
5.2 Электробезопасность	87
5.3 Микроклимат	88
5.5 Шум и вибрация.....	91
5.6 Производственная вентиляция	92
5.7 Пожарная безопасность	93

5.8 Охрана окружающей среды	94
5.9 Заключение по разделу социальная ответственность	95
6 Экономическая часть	96
6.1 Расчет капитальных затрат на здание	96
6.2 Организация труда и заработной платы	99
6.2.1 Определение баланса времени одного рабочего	99
6.2.2 Расчет численности рабочих.....	100
6.3 Расчет годового фонда заработной платы основных рабочих	103
6.4 Расчет годового фонда заработной платы ИТР, служащих и прочего персонала	105
6.5 Общепроизводственные расходы.....	108
6.5.1 Расходы на содержание здания	108
6.5.2 Расходы на содержание оборудования.....	108
6.6 Расчет технологических затрат.....	109
6.6.1 Затраты на электроэнергию	109
6.6.2 Затраты на освещение	109
6.6.3 Затраты на вентиляцию	110
6.6.4 Затраты на отопление	110
6.7 Затраты на ОТ и ТБ.....	111
6.8 Отчисления на социальные нужды	111
6.9 Калькуляция себестоимости электролиза золота	111
Заключение	114
Список использованных источников	115

Введение

Золото – благородный металл желтого цвета. Золото является одним из немногих металлов, который может находиться в природе в самородном состоянии. Низкая химическая активность является важным и характерным свойством этого металла. На воздухе, даже в присутствии влаги золото практически не изменяется. Даже при высоких температурах золото не взаимодействует с водородом, кислородом, азотом, серой и углеродом.

Отличительной особенностью золота является его склонность к комплексообразованию и легкость восстановления большинства его соединений до металлов.

Значительный рост интереса к золоту связан с совокупностью его полезных свойств и очень быстрыми темпами развития техники связи, электронной, космической, авиационной и других отраслей промышленности, в которых золото нашло широкое применение.

Суммарное количество золота, добытого из недр Земли за исторически обозримый период, превышает 135 тысяч тонн. Но это всего лишь в 55 раз больше годовой добычи за 1998 год.

Более 40 % мирового золота представлено ювелирными изделиями, около 30 % сосредоточено в государственных резервах, почти 18% находится в виде слитков и монет и только 12 % используется промышленностью в технических и технологических целях.

Спустя сотню лет, до сих пор процесс цианистого выщелачивания является основным способом извлечения золота из руд. Технология добычи золота с применением цианистых растворов для выщелачивания была запатентована в 1888 году англичанином Мак Артуром и братьями Форест. В России данный процесс начал использовать немного позже. Первые установки для цианистого выщелачивания были построены с 1897 по 1898 годы на Урале.

Процесс цианирования золотосодержащих руд и концентратов используется в традиционной технологии, и соответственно, разносторонне

изучен. Поэтому он имеет ряд преимуществ по сравнению с другими альтернативными вариантами металлургической переработки золоторудного сырья.

Извлечение золота из цианистого концентрата проводят процессом электролиза. Электролитическое выделение золота получило широкое распространение в промышленности, как при первичном выделение драгоценного металла, так и при его аффинажной очистке.

1 Аналитический обзор литературных данных

1.1 Основы электролитического процесса получения золота

Операция электролиза является завершающей в технологическом процессе переработки концентрата, полученного на регенерации товарного элюата, в результате которой золото и серебро из раствора под действием электрического тока выделяется в катодный осадок. Который в дальнейшем уже направляется на переплавку и аффинаж.

1.1.1 Понятие об электролизе. Электродные процессы

Электролиз – это процесс, в котором химические реакции происходят под действием постоянного электрического тока.

Для того чтобы осуществить процесс электролиза, необходимо в раствор электролита опустить два электрода, один из которых присоединяется к положительному знаку источника тока и называется анодом, а другой – к отрицательному и служит катодом. Катод имеет отрицательный потенциал, соответственно из раствора он притягивает к себе положительно заряженные частицы, которые называются катионами, а анод с положительным потенциалом притягивает ионы с отрицательным зарядом, то есть анионы. Таким образом, под действием электрического поля в растворе электролита возникает направленное движение ионов разных знаков [1].

При достижении поверхности катода ионом положительного знака – катионом – происходит процесс восстановления иона вследствие захвата им электрона. Встречаясь с анодом, анионы – отрицательно заряженные частицы – отдают свои избыточные электроны и происходит процесс окисления. Таким образом, в зависимости от полярности приложенного электрического поля, на электродах протекают окислительные и восстановительные реакции. Восстановительные реакции, которые протекают на поверхности катода,

называются катодным процессом, а реакции окисления на поверхности анода, называются анодным процессом.

В связи с механизмом образования на границе электрода с раствором двойного электрического слоя зарядов происходит возникновение электродных потенциалов, один на металле, а другой на поверхности электрода в виде ионов. Под действием электрического поля, возникающего при использовании внешнего источника тока, на одном из электродов появляется избыток отрицательных зарядов и около него располагаются катионы раствора, а на другом электроде возникает избыток положительных зарядов, вследствие чего около него располагаются анионы.

Величина электродных потенциалов является важной характеристикой электрохимических процессов, происходящих при электролизе. Изменение значения электродного потенциала при пропускании через электрод постоянного электрического тока называется поляризацией электрода. Величина поляризации, то есть разница между значением потенциала электрода под током и равновесным потенциалом, зависит от плотности тока. Помимо этого, величина поляризации зависит от других факторов: температуры, состава раствора и некоторых других [2].

Одной из важных характеристик процесса электролиза является напряжение. В общем случае напряжение электролиза складывается из разности электродных потенциалов при заданной плотности тока и падении напряжения в растворе электролита:

$$V_{\text{эл}} = (Y_{\text{а}} - Y_{\text{к}}) + (U_{\text{эл-та}} + U_{\text{эл-да}}), \quad (1)$$

где $Y_{\text{а}}$ – потенциал поляризованного анода, В;

$Y_{\text{к}}$ – потенциал поляризованного катода, В;

$U_{\text{эл-та}}$ – падение напряжения в растворе электролита, В;

$U_{\text{эл-да}}$ – падение напряжения на самих электродах, В [1].

Минимальное напряжение, которое необходимо приложить к электродам, чтобы начать процесс электролиза с образованием электродных продуктов,

называется напряжением разложения. Величина напряжения разложения может быть равна практической разности равновесных электродных потенциалов либо заметно превышать эту разность. Электролиз золота обычно ведут при напряжении, превышающем необходимую величину в 1,5 – 2,0 раза.

Электролиз относится к электрохимическим методам осаждения благородных металлов и по сравнению с химическими и цементационными методами получения золотосодержащей продукции, является наиболее эффективным. Принципиальное преимущество электролиза перед другими методами состоит в том, что он позволяет получить продукт в более компактном и концентрированном виде по отношению к извлекаемому драгметаллу, не применяя при этом длительных и трудоемких операций доводки шламов и последующей подготовки к аффинажу. Электролиз позволяет заметно сократить расход реагентов, устранить загрязнение примесями обеззолоченных растворов, которые в последующем используются в обороте, увеличить в целом культуру производства [2].

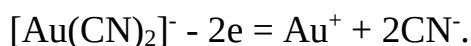
В настоящее время электролиз золота из растворов является основным промышленным методом получения товарной продукции на всех действующих сорбционных золотоизвлекательных фабриках.

1.1.2 Электролиз золота из щелочных элюатов

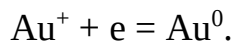
Щелочной элюат, получаемый в процессе десорбции с угля, подвергается электролизу с целью выделения содержащихся в нем золота и серебра в катодный осадок, который содержит в своем составе 90 – 95 % суммы благородных металлов.

Электролитическое выделение золота из щелочных элюатов имеет преимущество перед электролизом тиокарбидных товарных реагентов. Преимущество заключается в том, что при электролизе щелочных элюатов нет необходимости разделять анодное и катодное пространство ионообменной мембраной, которая предотвращает разложение тиомочевины на аноде [3].

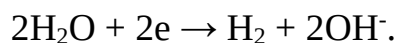
Широкий интерес вызывает механизм восстановления золота на катоде. Как известно, после процесса десорбции с угля золото переходит в щелочной элюат в виде отрицательно заряженного цианистого комплекса $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$. По логике процесса такой анион должен восстанавливаться на аноде. Однако при электролизе щелочных элюатов золото выделяется на катоде в металлическом виде. В данном случае можно предположить, что отрицательно заряженный комплекс $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ под действием электрического тока распадается на катион Au^+ и свободный ион CN^- по реакции:



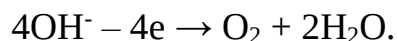
А после этого катион Au^{2+} восстанавливается на катоде до металла:



Побочной реакцией на катоде является реакция восстановления водорода:



На аноде протекает следующая реакция:



1.1.3 Технологические режимы и основные параметры процесса электролиза

Организовать процесс электролиза можно по циркуляционной или прямоточной схемам. Работа электролизера в каждой из этих схем имеет свои особенности.

Щелочной элюат закачивается в напорную емкость (1), которая располагается над электролизером (2) и поступает самотеком в электролизную ванну. Раствор, выходящий из электролизера насосом (3) снова закачивается в напорную емкость. Таким образом, в процессе электролиза происходит циркуляция раствора между напорной емкостью и электролизером до тех пор, пока в растворе не будет достигнута заданная остаточная концентрация золота и серебра. В этом случае режим электролиза выбирают таким, чтобы обеспечить максимальную скорость осаждения металлов на катоде. В циркуляционном

режиме, при оптимально выбранных параметрах процесса, концентрация золота в растворе снижается примерно в 2 раза через каждые 2 часа [4].

Схема работы электролизной установки в циркуляционном режиме представлена на рисунке 1.1.

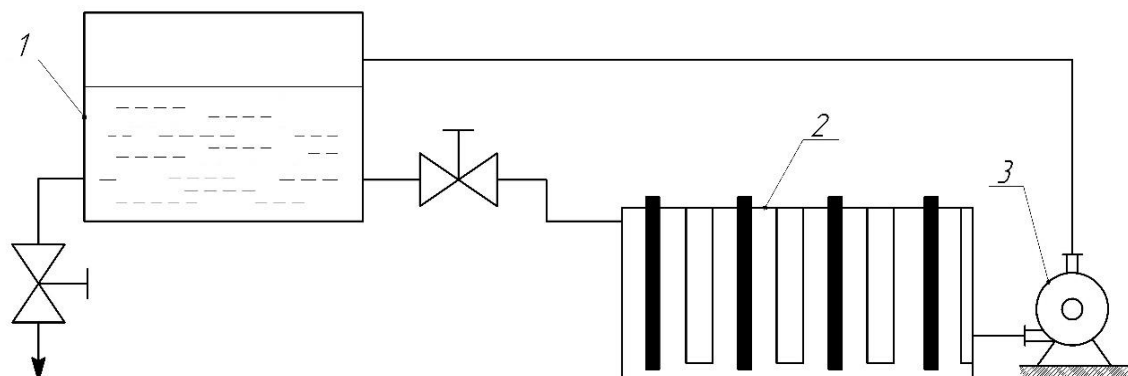


Рисунок 1.1 – Циркуляционный режим работы электролизера

1 – напорная ёмкость; 2 – электролизер; 3 – химический насос

В прямоточном режиме электролизер работает с последовательным перетоком раствора из одной камеры в другую. Схема работы электролизной установки в прямоточном режиме представлена на рисунке 1.2.

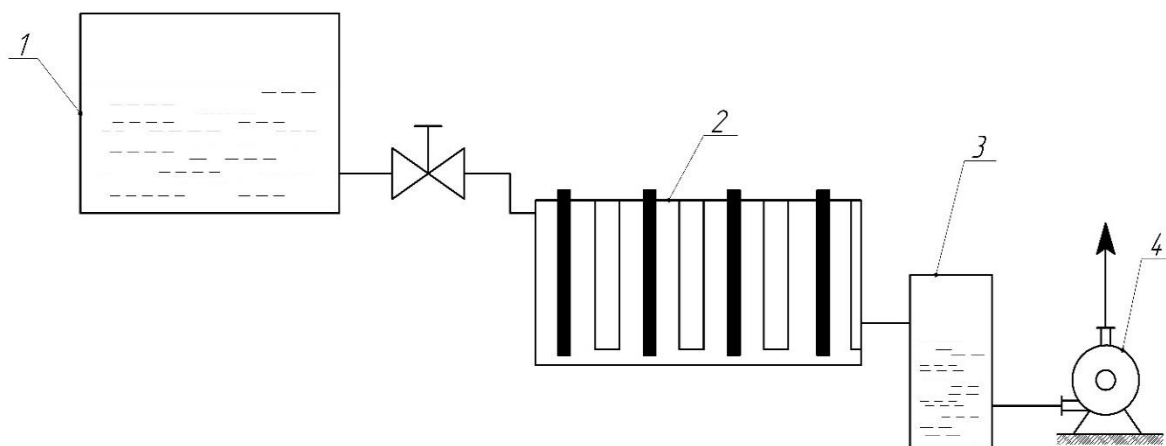


Рисунок 1.2 –Прямоточный режим работы электролизера

1 – напорная емкость; 2 – электролизер; 3 – ёмкость отстойник;

4 – химической насос

В данном случае электролит однократно проходит через электролизер. Скорость прохождения раствора задается такой, чтобы по окончании процесса была достигнута заданная степень извлечения.

Основными технологическими параметрами процесса электролиза являются плотность тока, температура, скорость потока раствора и напряжение на электролизной ванне [2].

Плотность тока – это количество электричества, протекающее через единицу площади электрода. Выражается плотность тока в амперах на квадратный дециметр или квадратный метр (А/дм^2 , А/м^2) и обозначают буквой D . От плотности тока зависит скорость и количество осаждаемого на катоде металла [1].

Процесс электролиза золота и серебра осуществляется при плотности тока от 20 до 60 А/м^2 . Проводить процесс электролиза при плотности тока менее 20 А/м^2 нецелесообразно, так как осаждение золота идет не на предельном диффузионном токе.

При возрастании плотности тока от 20 до 60 А/м^2 скорость осаждения благородных металлов на катоде растет почти прямо пропорционально. При плотности тока свыше 60 А/м^2 не происходит возрастания скорости процесса, при этом происходит снижение выхода металла по току и значительно возрастает расход электроэнергии, а также повышается износ катодов и анодов. В этом отношении прямоточный электролизер должен работать с очень большими плотностями тока, чтобы частицы золота, восстановленные на катоде, отслаивались и выпадали в осадок в виде шлама. Выход по току у этого электролизера гораздо ниже по сравнению с циркуляционным.

Повышение температуры электролита позволяет увеличить скорость электролиза примерно в 1,9 раза. Ведут процесс электролиза обычно при температуре электролита от 50 до 60 °С.

Рост скорости потока раствора через катодные камеры также вызывает увеличение скорости осаждения металлов. При циркуляционном режиме работы электролизера обеспечивается более высокая скорость потока раствора, чем при

прямоточном. Связано это с тем, что при прямоточном режиме необходимо поддерживать такую проточную скорость раствора, чтобы за один проход обеспечить как можно более полное осаждение золота, тогда как при циркуляционном режиме этого не требуется [2].

1.1.4 Пример технологической схемы электролиза золота

Пример технологической схемы электролиза золота представлен на рисунке 1.3.

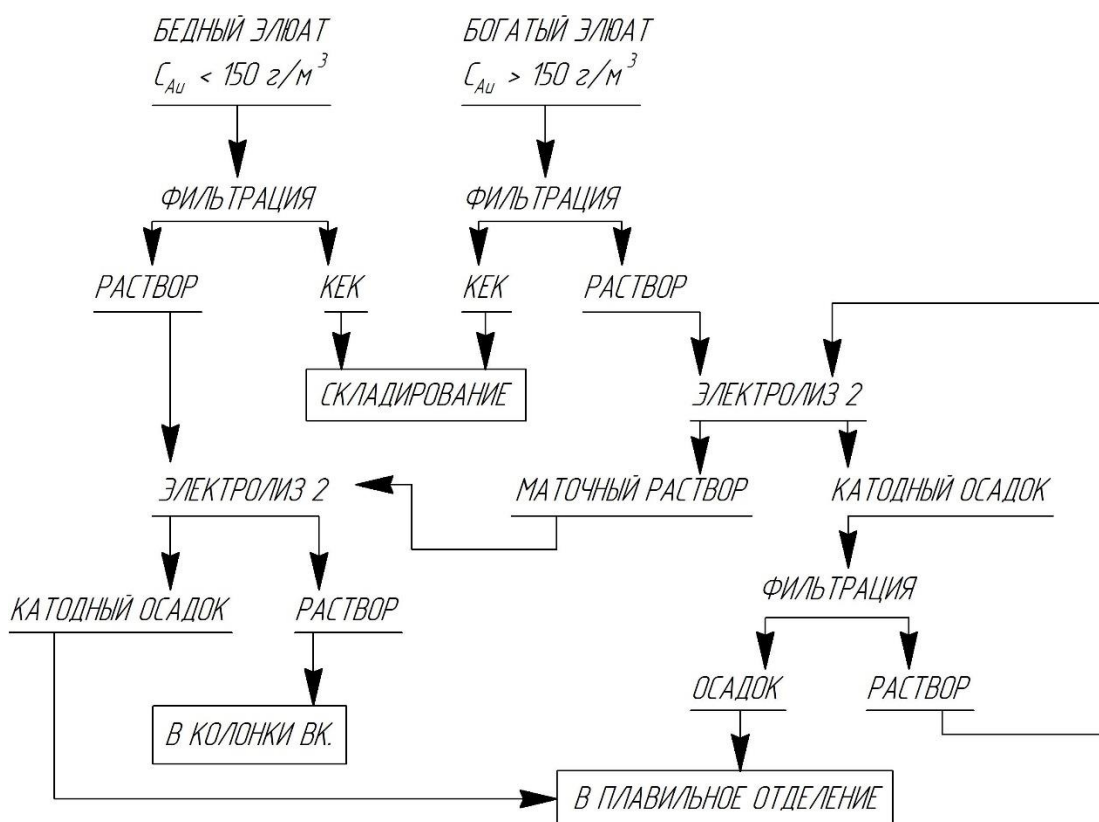


Рисунок 1.3 – Пример технологической схемы электролиза золота

Еще одним неперенным условием эффективного проведения процесса осаждения золота и серебра во всех электролизерах, работающих как в непрерывном, так и в циркуляционном режиме, является чистота перерабатываемого раствора. Так как товарный золотосодержащий раствор, полученный в процессе десорбции сорбента, всегда содержит механические

частицы разрушенной смолы, угля или просто грязь. Попадая в электролизер, механические примеси снижают скорость потока раствора, тем самым ухудшая процесс электролиза и снижая качество катодного осадка [4].

Щелочной элюат, поступающий на электролиз, должен содержать не более 0,5 г/л механических примесей. Вот почему перед процессом электролиза необходимо фильтровать товарные растворы.

Обычно фильтрация проводится на рамных фильтр-прессах, заправленных фильтровальными салфетками. Раствор для фильтрации подается насосом под давлением. Отфильтрованный через фильтрткань раствор направляется в напорную емкость, из которой непосредственно поступает в электролизер, а вся грязь остается на внутренней поверхности ткани.

Обеззолоченный раствор, выходящий из электролизера, называется маточник. Остаточное содержание серебра и золота в нем должно соответствовать заданному.

Маточные растворы обычно содержат от 10 до 30 г/м³ золота и, как правило, перед использованием в обороте поступают на вторичную сорбцию в угольных колоннах.

Катодный осадок, выпускаемый при съемке с электродов, представляет собой чешуйчатые частицы золота вместе с раствором серовато-грязного цвета. Далее его направляют на фильтрацию. Фильтрация катодного осадка производится на вакуумном нутч-филт্রে, который представляет собой ящик с перфорированным ложным днищем, на которое укладывается рубашка из фиилтрткани. Раствор фильтруется через ткань под действием вакуума.

Отфильтрованный катодный осадок сдается в плавильное отделение на дальнейшую обработку, а фильтрат из ресивера откачивается в маточный раствор [2].

1.2 Обзор существующего аппаратного оформления процесса электролиза

Электролизером называется аппарат, в котором осуществляют процесс электролиза. Минимально необходимыми составными частями электролизера являются:

- катод;
- анод;
- корпус (ванна).

В рабочем состоянии электроды погружены в электролит, заполняющий корпус электролизера.

Все электролизеры, описанные в литературе, образуют четыре группы:

I – электрохимические реакторы (ЭХР) – предназначены для получения товарных продуктов: газов (водорода, хлора, фтора), металлов (меди, никеля, цинка, алюминия, магния и многих других), неорганических и органических продуктов электросинтеза;

II – электрохимические (гальванические) ванны (ЭХВ) – служат для электрохимической обработки поверхности металлических или неметаллических деталей;

III – электрохимические приборы (ЭХП) (их называют также хемотронными приборами или хемотронами) – образуют группу электрохимических преобразователей информация различных видов. Простейшим и старейшим электрохимическим прибором является кулонометр, а к современным относятся электрохимические диоды, интеграторы, датчики давления скорости, вибрации и многие другие, преобразующие как электрические, так и неэлектрические величины;

IV – электрохимические станки (ЭХС) – представляют собой комплексы агрегатов, с помощью которых осуществляется размерная анодная обработка металлических деталей – электросверление, электрофрезерование и другие

операции, основанные на избирательном анодном растворении с применением фигурных катодов [5].

Различаются электролизеры с электродами монополярными и биполярными (рисунок 1.4, 1.5).

Первые из них составляют большинство в электрохимической технологии.

В промышленных электролизерах применяются электроды разнообразной формы и конструкции: плоские, цилиндрические, сетчатые, перфорированные, проволочные, стержневые, шариковые, кусковые и другие.

Условно их можно объединить в три группы электродов: сплошные, не сплошные, насыпные (рисунок 1.6, 1.7, 1.8).

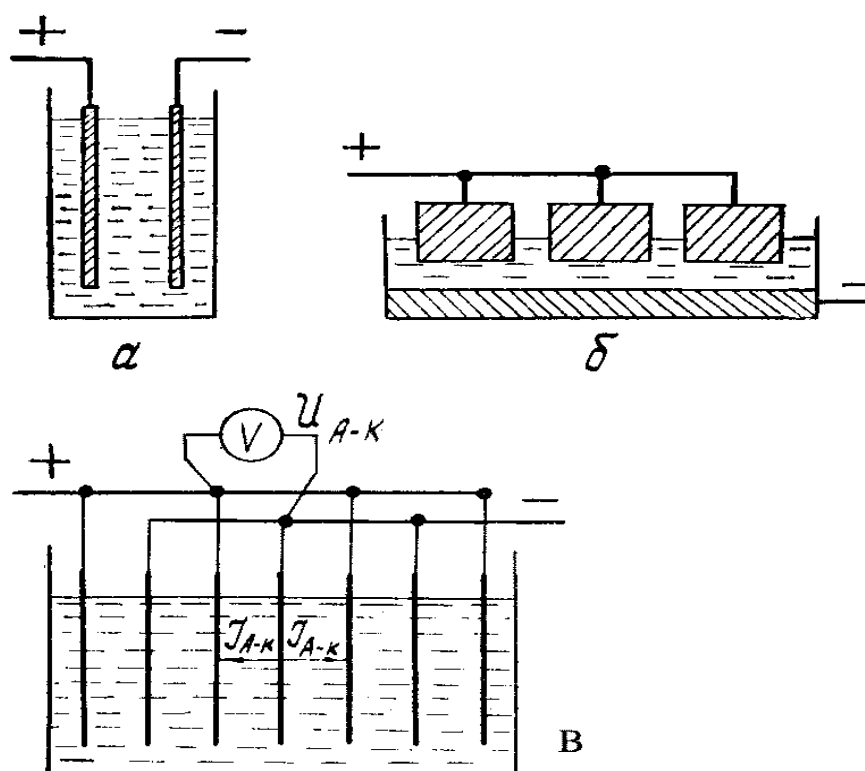


Рисунок 1.4 – Варианты монополярных электролизеров
 а – элементарная электролизная ячейка; б – электролизер с параллельным включением анодов; в – электролизер с плоскопараллельными чередующимися электродами

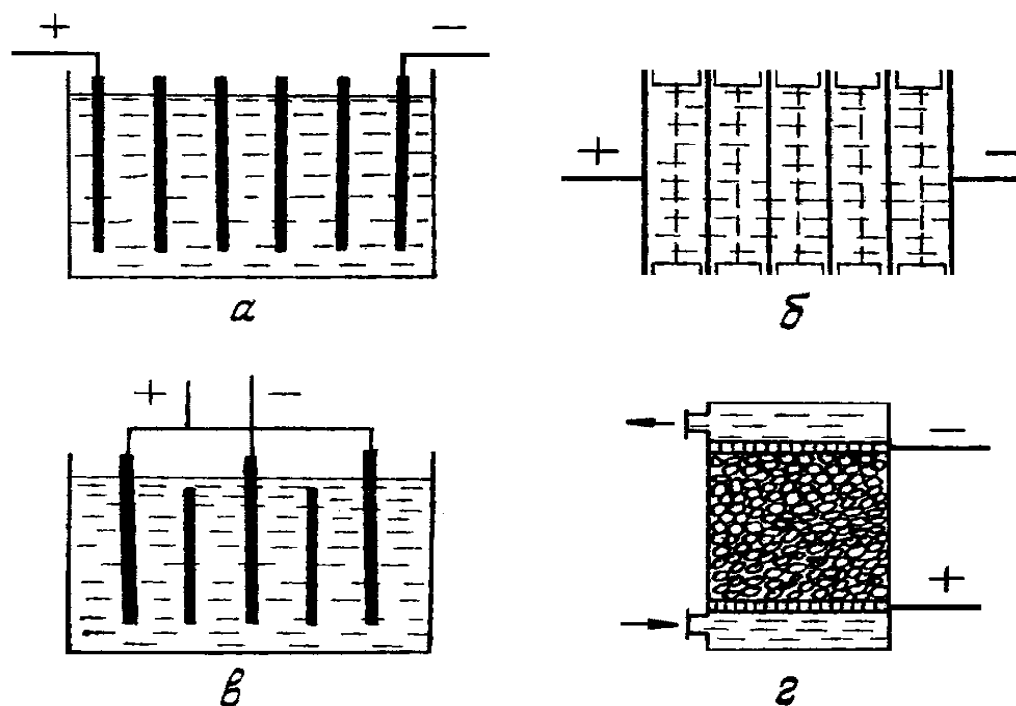


Рисунок 1.5 – Варианты биполярных электролизеров

а – электролизная ванна для рафинирования меди; б – электролизер для получения водорода и кислорода; в – гальваническая ванна меднения; г – электролизер с насыпными электродами для получения перманганата калия (стрелками показано направление циркуляции электролита)

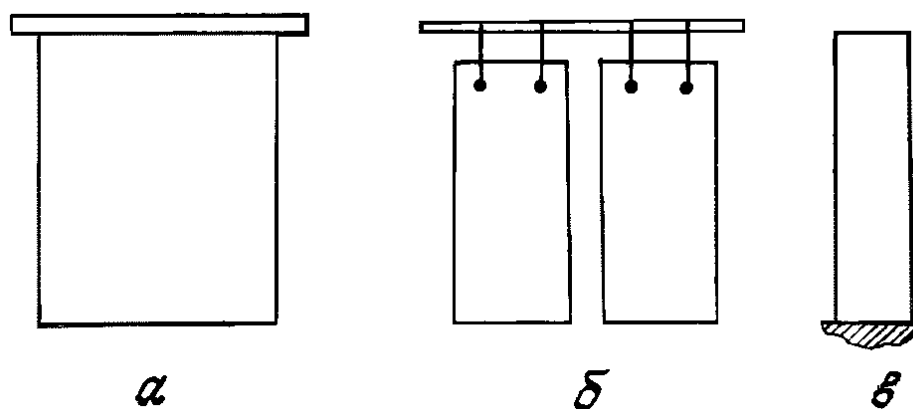


Рисунок 1.6 – Варианты сплошных электродов

а – катод-матрица для получения катодных основ; б – комплект анодов гальванической ванны; в – графитовый анод хлорного диафрагменного электролизера

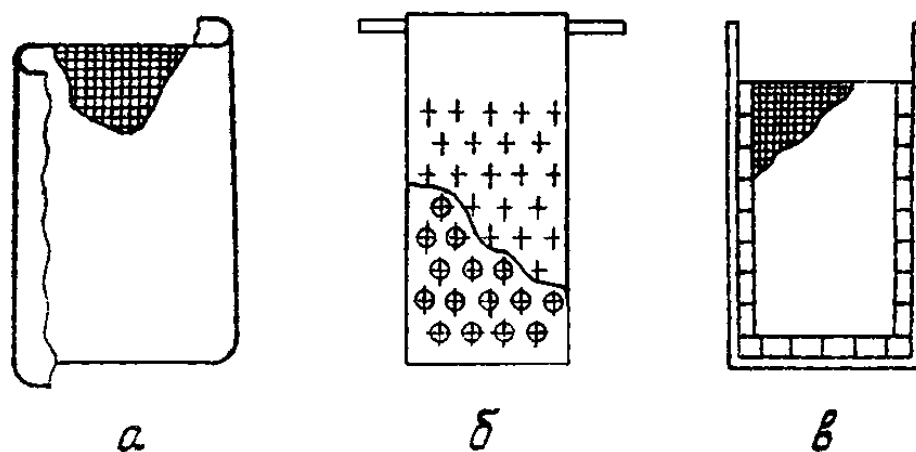


Рисунок 1.7 – Варианты не сплошных электродов

а – часть сетчатого катода хлорного электролизера,
 б – перфорированный анод электролизера для электроэкстракции
 марганца; в – сетчатый анод электролизера для получения
 пероксодвусерной кислоты

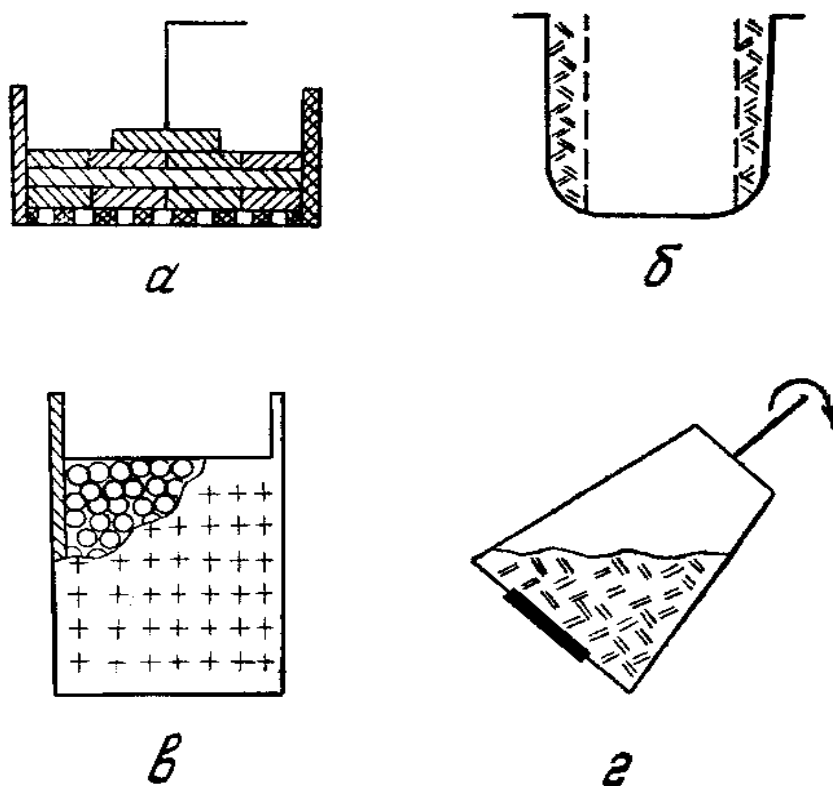


Рисунок 1.8 – Варианты насыпных электродов

а – анод электролизера для рафинирования серебра; б – анод электролизера для рафинирования металла из расплава; в – анод гальванической ванны; г – катод колокольной гальванической ванны

Типичными для прикладной электрохимии являются неподвижные электроды, однако в ряде случаев применение подвижных катодов, которые вращаются, трясутся или перемещаются линейно, позволяет резко интенсифицировать технологический процесс.

Характерными среди них можно считать барабанные и колокольные гальванические ванны, в которых насыпной катод перемещается при вращении барабана, причем детали движутся неравномерно и по сложной траектории (рисунок 1.9 а). Вызывают практический интерес барабанные электролизеры для получения медной или никелевой фольги, товарного цинка с вращающимися вместе катодной основой и осаждаемым металлом, который затем отделяется от барабана (рисунок 1.9 б). Давно известны автоматы для гальванического цинкования стальной проволоки, лужения стальной ленты и других аналогичных операций. В них «бесконечный» катод перемещается линейно горизонтально или вертикально (рисунок 1.9 в). Существуют гальванические ванны с качающимися или вибрирующими катодными штангами; возвратно-поступательное или осевое движение катодов осуществляется с помощью эксцентриковых устройств (рисунок 1.9 г).

Линейное перемещение ртутного катода наблюдается в хлорном электролизере (рисунок 1.9 а). Ртуть течет самотеком, постепенно обогащаясь амальгамой натрия.

Электролизеры с подвижными электродами достаточно сложны конструктивно и трудны в эксплуатации. Их серьезным преимуществом является возможность в той или иной степени интенсифицировать процесс, т.е. вести электролиз при повышенной плотности тока.

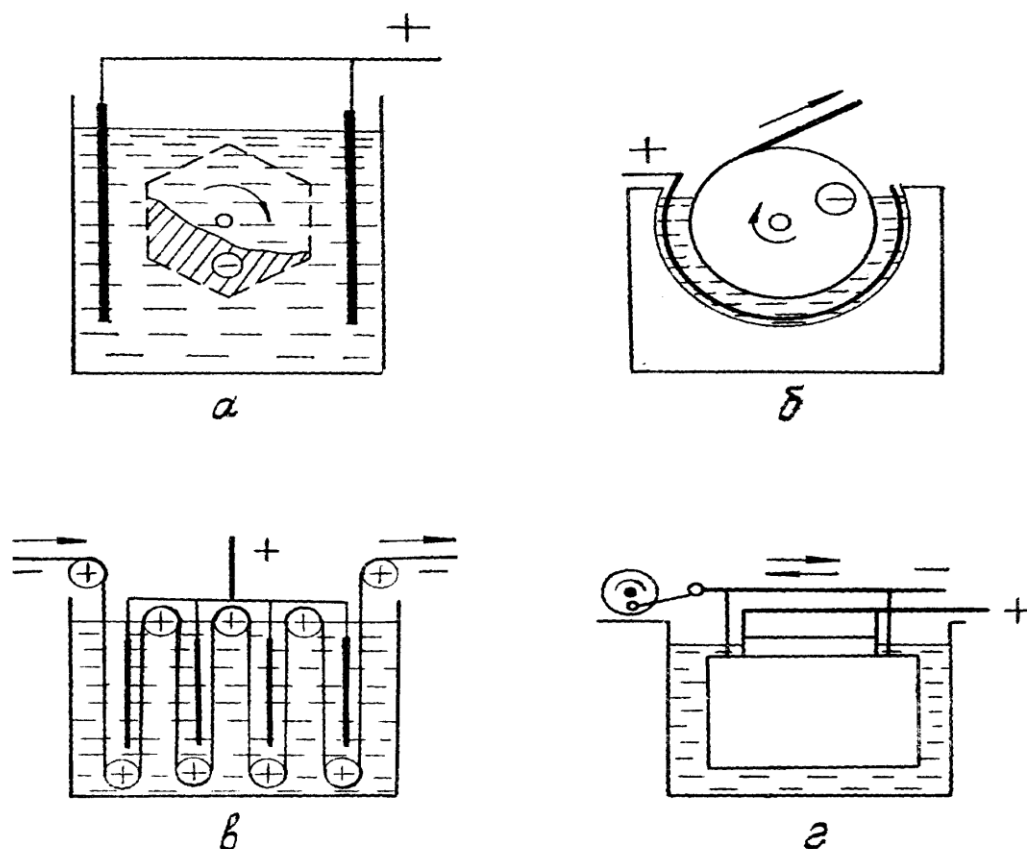


Рисунок 1.9 – Варианты электролизеров с подвижным катодом
а – барабанная гальваническая ванна; б – целевой электролизер для
получения металлической ленты; в – гальваническая ванна для
нанесения покрытия на проволоку или ленту; г – гальваническая ванна с
качающимся катодом

Электролизеры с перемешиваемым электролитом многочисленны и разнообразны, как разнообразны способы перемешивания.

Различают следующие способы перемешивания:

- естественные;
- принудительные.

Естественное перемешивание происходит за счет газов, образующихся электрохимически (водорода, кислорода, хлора).

Принудительное перемешивание осуществляется при неинтенсивной проточности, с помощью мешалки, с помощью барботирующего воздуха, качающимися или вращающимися катодами.

Электролизеры с очень интенсивной циркуляцией электролита в прикладной электрохимии распространены недостаточно. В качестве примера можно назвать барабанный электролизер для получения медной фольги, условно показанный на рисунке 1.9 б [5].

3. Автоматизация и контроль производства

Одним из основных факторов, обеспечивающих поддержание режимных параметров технологического процесса на заданном уровне и получение высоких технико – экономических показателей, является автоматизация производства. Средства автоматизации в настоящее время широко внедряются во все отрасли народного хозяйства. Они позволяют значительно упрощать технологические схемы, компоновку оборудования и аппаратуры, а также сам процесс. [16]

Автоматизированная система управления позволяет не только получить высококачественные продукты в данной отрасли, снизить затраты, повысить рентабельность, но и значительно снизить негативное воздействие вредных веществ на организм человека. Также автоматизация позволяет снизить число обслуживающего персонала.

Благодаря автоматизации, появляется возможность удаленно проводить управление и контроль за всеми химическими процессами, посредством получения всех информационных данных и оповестительных сигналов дистанционно, тем самым уменьшив «человеческий» фактор и снизив затраты на производство [17].

3.1. Анализ объекта для выбора параметров контроля, сигнализации и регулирования

На качество осаждения золота влияют многие факторы. Основными из них являются температура и расход подаваемого на электролиз электролита.

Температура и скорость потока электролита влияет на количество осаждаемого золота, что в свою очередь, влияет на производительность производства.

Кроме того, необходимо контролировать уровень растворов в электролизерах, приемных и напорных баках, т.к. может произойти перелив, что приведет к большим затратам, а наше сырье является дорогостоящим.

Аналитический производственный контроль представлен анализом количества золота в электролите до и после пропускания его через электролизеры. Так же осуществляется контроль концентрации гидроксида натрия в исходном электролите.

Контролю в процессе электролитического выделения золота подлежат следующие параметры:

1. Уровень элюата полученного после десорбции;
2. Уровень гидроксида натрия
3. Уровень воды;
4. Расход гидроксида натрия;
5. Расход воды необходимой для подогрева элюата ($\sim 15 \text{ м}^3/\text{ч}$);
6. Температура воды, пропускаемой через змеевик (95°C);
7. Расход воды, пропускаемой через змеевик;
8. Уровень подогретого элюата;
9. Температура элюата подаваемого на электролиз (50°C);
10. Расход элюата подаваемого на электролиз ($\sim 341 \text{ л/ч}$);
11. Сила тока на выпрямителях электролизеров (1084 A);
12. Напряжение на выпрямителях электролизеров ($2,75 \text{ В}$);
13. Уровень элюата в электролизерах;
14. Уровень элюента в приемном баке.

Регулированию подлежат:

1. Расход элюата подаваемого на электролиз;
2. Расход воды необходимой для подогрева элюата;
3. Расход щелочи добавляемой в приходящий элюат;
4. Расход воды, добавляемой в приходящий элюат.

Сигнализации подлежат:

1. Уровень элюата в электролизерах.

3.2 Выбор и описание функциональной схемы участка электролиза

Функциональная схема автоматического регулирования и контроля участка электролитического выделения золота приведена в приложении Б.

Приемные баки с реагентами (1, 3, 4) оснащены датчиками уровня по верхнему (1-1, 12-1, 16-1) и нижнему (2-1, 13-1, 17-1) значению. Перед подачей элюата на электролиз, осуществляется контроль количества золота и концентрации щелочи при помощи отбора пробы элюата электроклапаном (29). Если концентрация щелочи выходит за пределы нормы, то ее коррекция осуществляется гидроксидом натрия или водой, в ходе чего меняют уставку соответствующего расхода. Расход гидроксида натрия и воды контролируется датчиками расхода (14-1, 18-1) и регулируется электроклапанами (15, 19). Подача элюата в бак (2) оснащенного системой подогрева осуществляется насосом (4) при достижении в нем нижнего уровня элюата. Контроль нижнего уровня в баке (2) осуществляется при помощи датчика нижнего уровня (3-1). Подогрев элюата в баке (2) осуществляется непосредственно пропусканием горячей воды через рубашку, встроенную в конструкцию, контроль температуры воды для одогрева осуществляется при помощи датчика (8-1). Расход воды необходимый для нагрева элюата до 50 °С контролируется датчиком (9-1) и регулируется насосом (10). Далее, когда уровень элюата в баке достигает верхнего значения, контроль которого осуществляется датчиком верхнего уровня (7-1), насосом (6) подается подогретый элюат на электролиз. Расход элюата контролируется датчиком расхода (5-1) и регулируется при помощи насоса (6). Для предотвращения переполнения электролизеры оборудованы сигнализаторами уровня по верхнему значению (20-1, 23-1). Показание и регистрация силы тока и напряжения электролизеров осуществляется при помощи амперметров (21-1, 24-1) и вольтметров (22-1, 25-1). После прохождения через электролизеры элюент самотеком поступает в приемный бак (7). Бак для элюента оснащён датчиками верхнего (31-1) и нижнего (33-1) уровня. При достижении верхнего уровня элюент откачивается насосом (32) и отправляется

на стадию десорбции. Установленные на электролизерах краны (26, 27) служат для разгрузки электролизеров. Опавшее с электродов золото отфильтровывается на нутч – фильтрах (8, 9), а раствор откачивается насосом (28). Для контроля золота на выходе из электролизеров для пробоотбора установлен электроклапан (30). После электролиза все полученное золото снимается и отправляется в плавильное отделение.

3.3 Действия оператора – технолога при запуске технологического процесса

Перед запуском процесса электролитического выделения золота оператор – технолог проверяет уровень элюата в баках (1, 2), так же проверяет уровень гидроксида натрия и воды в баках (3, 4). После чего запускает насос (10) и выставляет расход воды для подогрева элюата в баке (2). После подогрева элюата в течении 1 часа, оператор включает насос (6) и выставляет расход элюата 341 л/ч. На электролизеры (5, 6) оператор осуществляет подачу напряжения и выставляет значение силы тока и напряжения по показаниям амперметров (21-1, 24-1) и вольтметров (22-1, 25-1). Процесс электролиза ведется непрерывно в течении 1 вахты.

3.4 Действия оператора – технолога при нормальном режиме ведения технологического процесса

При нормальном ведении процесса оператор осуществляет контроль напряжения и силы тока при помощи амперметров (21-1, 24-1) и вольтметров (22-1, 25-1) установленных на электролизерах (5, 6). Количество золота в элюате и элюенте оператор осуществляет, проводя пробоотбор при помощи электроклапанов (29, 30). Отобранные пробы отправляются на анализ в лабораторию. Так же оператором осуществляется контроль уровня элюента в

приемном баке (7). Из приемного бака (7) по мере накопления элюент откачивается насосом (32) и отправляется обратно на стадию десорбции.

3.5 Действия оператора – технолога при остановке технологического процесса

При остановке процесса электролитического выделения золота оператор выключает питание на электролизерах (5, 6). После чего открывает электроклапаны (26, 27) для разгрузки электролизеров и фильтрации золота на нутч – фильтрах (8, 9). Растворы после фильтрации откачивают насосом (28). После всех проведенных операций из электролизеров извлекают катодные пластины и проводят съем золота. Снятое с катодов и отфильтрованное золото отправляется в плавильное отделение.

3.6 Перечень первичных преобразователей, используемых в процессе электролитического выделения золота

Для контроля технологических параметров процесса электролитического выделения золота были выбраны следующие контрольно – измерительные приборы:

Датчики измерения уровня:

1. Ультразвуковой сигнализатор уровня СУР-7

Сигнализатор уровня СУР-7 предназначен для контроля положения уровня различных жидких продуктов в одной или двух точках технологических емкостей и управления производственными агрегатами и установками. Применяются в системах автоматизации производственных объектов нефтегазовой, нефтехимической, химической, энергетической, металлургической, пищевой и других отраслей промышленности.

- Температура контролируемой среды от минус 45 до 100 °С;
- Давление контролируемой среды до 10,0 Мпа;

- Маркировка взрывозащиты 0ExiaIIBT5 X;
- Степень защиты IP68 по ГОСТ 14254;
- Срок службы 14 лет;
- Позиции (20-1), (23-1).

2. Уровнемер ИСУ100МИ (двухканальный).

Уровнемер ИСУ100МИ (емкостной измеритель-сигнализатор уровня) представлен в комплекте с двумя датчиками уровня. Один датчик является сигнализатором верхнего уровня, а второй сигнализатором нижнего уровня. Датчики предназначены для измерения уровня суспензий. Может использоваться в агрессивных средах. Также есть возможность контроля заданных предельных уровней в резервуарах [22].

- Температура контролируемой среды от минус 30 до 80 °С;
- Погрешность измерения: $\pm 1\%$;
- Выходной сигнал непрерывный на каждый канал измерения;
- Степень защиты IP54 по ГОСТ 14254;
- Срок службы 12 лет
- Позиции (1-1), (2-1), (3-1), (7-1), (12-1), (13-1), (16-1), (17-1), (31-1), (33-1).

Датчик измерения силы тока и напряжения:

1. Килоамперметр Э365-1.
2. Вольтметр Э365-1-1.

Приборы Э365 предназначены для измерения тока и напряжения в сетях переменного тока. Приборы в зависимости от конечных значений диапазонов измерений, нормальных значений частот имеют исполнения: Э365-1, Э365.1-1, Э365-2, Э365.1-2, Э365-3, Э365.1-3.

- Способ включения через трансформатор с вторичным током 1 А;
- Диапазон измерений до 3кА;
- Класс точности 1,5;
- Габаритные размеры/масса 120x120x50мм/0,5кг;

- Температура эксплуатации от минус 40 до плюс 50 °С;
- Средний срок службы более 12 лет;
- Позиции приборов Э365-1: (21-1), (24-1);
- Позиции приборов Э365-1-1: (22-1), (25-1).

Датчик измерения расхода:

1. Электромагнитный расходомер SITRANS FM MAGFLO MAG 3100.

Электромагнитный расходомер SITRANS FM MAGFLO MAG 3100 предназначены для измерения практически всех электропроводящих жидкостей, взвесей, паст и суспензий с минимальной электропроводностью в 5 мкСм/см. Данный расходомер используется в пищевой, химической, фармацевтической и других сферах промышленности.

- Рабочая температура от -40 до +180 °С
- Степень защиты IP67 / IP68
- Точность 0,25 – 0,5%
- Электроды AISI 316 Ti, монель, платина / иридий, титан, тантал
- Давление до 40 бар
- Позиции (5-1), (9-1), (14-1), (18-1).

Датчик измерения температуры:

1. Термосопротивление ТСП – 1088.

Термометры сопротивления платиновые предназначены для измерения температуры жидких и газообразных сред, твердых тел в различных отраслях промышленности.

- погрешность – 2%
- питание – 220В, (50Гц).
- Диапазон изменения выходного сигнала: 0-5 мА.
- Пределы измерения: -200 – 500 °С [18].
- Позиции (8-1), (11-1).

3.7 Аналитический контроль

С помощью химического анализа контролируется концентрация золота в электролите как на входе, так и на выходе, и концентрация NaOH в элюате.

Контроль концентрации золота в элюате на входе необходим для того, чтобы контролировать процессы стадий, предшествующих электролизу.

Контроль концентрации золота в элюате необходим для регулирования и контроля процесса на стадии электролиза.

Контроль концентрации NaOH в нужен для того, чтобы обеспечить поддержание оптимального состава элюата при ее повышении разбавить водой, а при дефиците добавить NaOH. Информация о методах химических анализов сведена в таблицу 3.

Таблица 3 - Схема аналитического контроля электролизного участка

№	Наименование проб	Анализируемые компоненты	Метод анализа	Частота контроля	Пределы допустимых концентраций
1	Элюат	Au	Атомно-абсорбционный	Раз в 12 часов	~ 0,4 г/л
2	Отработанный электролит	Au	Атомно-абсорбционный	Раз в 12 часов	~ 0,05 г/л
3	Элюат	NaOH	Титрование	Раз в 12 часов	~ 100 г/л

Метод титрования заключается в том, что в коническую колбу объемом 50 мл отбирается 10 мл раствора элюата. Туда же капают 1–2 капли индикатора, в данном случае фенолфталеин. Раствор приобретает ярко-малиновый цвет и затем титруется из микробюретки 0,1М раствором соляной кислоты NaCl до исчезновения окраски. После чего рассчитывается концентрация NaOH.

4 Строительная часть

Место постройки проектируемого отделения – Уральская область.

С учетом единых правил безопасности минимальное расстояние между смежными габаритами машин и аппаратов, и от стен до габаритов оборудования должны составлять:

- 1) на основных проходах не менее 1,5 м;
- 2) на рабочих проходах (между аппаратами) не менее 1,5 м;
- 3) на рабочих проходах между стеной и аппаратами не менее 0,5 м.

Данное производство относится к категории Е по пожаробезопасности, т.е. пожары, связанные с горением электроустановок.

Расположение аппаратов в каскаде принять в один ряд.

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

При размещении в цехе аппаратов, необходимо учитывать создание максимальных удобств при их обслуживании и ремонте. Зная число аппаратов можно рассчитать площадь, занимаемую под отделение цеха электролиза.

Длина цеха электролиза составит: $L_{ц} = 30$ м.; ширина $B_{ц} = 20$ м

Площадь цеха $S_{ц} = 600$ м² .

Имеется лестница с высотой перил не менее 1,2 м со сплошной обшивкой перил по низу менее 150 мм.

Площадки и лестницы выполнены из просечно - вытяжного листа или из сортовой (полосовой) стали с размерами просвета не более 30 мм. Лестницы имеют ширину не менее 600 мм, высота ступеньки не более 200 мм, ширина ступеньки не менее 80 мм.

Трубопроводы не должны примыкать к стенкам, колоннам зданий. Расстояние между трубопроводом и неподвижной опорой составляет не менее 50 мм. Расстановка вспомогательного оборудования в цехе должна соответствовать очередности операций; по точности технологического оборудования и действующими строительными нормами, и правилами.

4.1 Основание

Все здания и сооружения строятся на грунте. Слой грунта, на который передается нагрузка, называется основанием. Грунт, как основание, должен быть однородным и обладать достаточной несущей способностью. Несущая способность грунта характеризуется его расчетным сопротивлением. Учитывая, что практически все грунты под действием нагрузки со временем дают осадку, расчетное сопротивление принимают, исходя из величин, безопасных для зданий многолетних осадок.

Расчетное сопротивление от напластования грунта в пределах сжимаемых толщин определяется по результатам бурения скважин при изыскании на площади грунта, используемого в качестве основания без каких-либо мероприятий по изменению его свойств. Это называется естественным основанием. Основными видами искусственных оснований зданий являются:

1. Песчаные подушки – заменяют природный грунт под фундаментом;
2. Свайное основание – сваи-стойки, опирающиеся концами на плотный грунт.

4.2 Фундамент

Глубина закладки фундаментов внутренних стен и колон отапливаемых зданий принимается независимо от глубины промерзания грунта, поскольку грунт промерзает лишь по периметру. Глубина закладки фундамента под несущие стены – 2,6 м. На такую же глубину заложен фундамент стаканного типа под железобетонные балки и колонны.

Фундамент под несущие стены располагается по всему их периметру и называется ленточным.

Фундамент сборных железобетонных колонн делают в виде ступенчатого массива, армированного по низу. Под колодкой находится стакан. После установки колонны, оставшийся объем заливают бетоном.

После отвердения колонна и фундамент превращается в единое целое. Фундамент колонны делают с тщательно выверенной поверхностью, из которой выступают болты, закладываемые при бетонировании. Колонну устанавливают башмаком на фундамент и крепят гайками.

В здании, в зависимости от местоположения, различают средние колонны и крайние, прилегающие к наружной стенке. Различие между средними и крайними колоннами отчетливо проявляется в зданиях с мостовыми кранами. Основные виды железобетонных колонн приведены на рисунке.

1. Колонны бескранового здания;
2. Подкрановые колонны прямоугольного сечения.

Колонны изготавливаются из бетона марок 300, 400 без предварительного напряжения.

Перед бетонированием в них закладываются стальные детали в виде пластин. Они служат для крепления к колоннам других элементов каркаса и стен. Нижний конец сборной железобетонной колонны имеет прямоугольное сечение и прямой торец без специальных деталей для крепления к фундаменту. Стальная часть колонны имеет следующее устройство: подкрановая часть колонны имеет двутавровое сечение. Ветви соединены между собой решеткой из прокатных уголков. Стальные колонны изготавливают при помощи сварки из прокатных или сварных профилей. Для крепления к колоннам других деталей, элементов каркаса, делают отверстие для болтов или приваривают стальные детали. В нижней части колонны имеется башмак для крепления колонны к фундаменту.

4.3 Наружные стены

В зависимости от характера работы стены под нагрузкой различают три конструктивных типа стен:

- 1) Несущая стена: испытывает давление собственного веса, и несет нагрузку от покрытия, крана и т.д.
- 2) Самонесущая стена: испытывает давление собственного веса, но не

несет нагрузку от покрытия, крана и т.д. Нагрузка передается на колонну. Этот вид стен является весьма распространенным в современных промышленных зданиях.

3) Несущая (навесная) стена: не несет никаких внешних нагрузок и передает свой вес фундаменту через колонны. Эта конструкция применяется при малой прочности стенового материала. Так же, как и каркас, стены здания должны разрезаться температурными швами.

В ходе проектирования данного здания выбраны самонесущие стены. Наружные стены выполнены из трехслойных керамзитобетонных сборных стеновых панелей.

4.4 Покрытие

Покрытие состоит из двух основных частей: несущей и ограждающей. Несущие конструкции в виде стальных балок и железобетонных ферм поддерживают ограждающие элементы покрытия и передают нагрузку на колонны каркаса. Несущая часть покрытия состоит из следующих частей:

а) Настил, образующий сплошную поверхность покрытия: настил чаще всего делают из крупнопанельных железобетонных плит, опирающихся непосредственно на несущие конструкции.

б) Утеплитель – укладывается поверх настила.

в) Кровля – водоизоляционный слой, препятствующий проникновению атмосферной влаги в толщину покрытия и внутрь здания. При рулонной кровли поверх утеплителя, для наклейки кровли необходим выравнивающий слой. В качестве настила используют ребристые крупнопанельные плиты $6 \div 3$ м. В качестве утеплителя применяют керамзит. Кровля выполняется из рубероида 3-х слоев, проклеивается битумной мастикой. Основанием рубероидной кровли служит выравнивающий слой - стяжка из бетона марки М - 300.

4.5 Полы

Полы являются таким элементом промышленного здания, который наиболее сильно испытывает непосредственное влияние технологического процесса. В зависимости от технических требований полы различаются на:

1. Стойкие к механическим воздействиям;
2. Стойкие к действию воды;
3. Стойкие к действию химических веществ.

По санитарно-гигиеническим требованиям полы должны быть бесшумными, мало теплопроводящими, не должны пылить и должны легко очищаться. В цехе пол выполняется с пластикатным покрытием. В бытовых, конторских и других вспомогательных помещениях полы выполняются: в сухих – линолеумные; в мокрых – из керамической плитки.

4.6 Водоснабжение

На промышленных предприятиях различают водопроводы трех видов: производственный, хозяйственный, противопожарный.

Производственный водопровод обеспечивает подачу воды для приготовления раствора хладагента и непосредственного использования в технологическом процессе. Качество воды для производственных нужд определяется соответствующими технологическими требованиями.

Хозяйственно-питьевая вода подается к умывальникам, душам, питьевым фонтанчикам, для уборки помещений, поливки дорог и земельных насаждений. Качество питьевой воды определяется по цвету, запаху, вкусу, на основе химического анализа на содержание Pb, F, Cl, Zn и др. показателям.

К воде, используемой для пожаротушения не предъявляется ни каких требований и поэтому пожарный водопровод иногда объединяется с производственным, а чаще с хозяйственным.

4.7 Производственная канализация

Канализация – система устройств, предназначенных для приема, отведения и очистки сточных вод различного назначения. Бытовой называется канализация, принимающая сточные воды уборных, умывальников, душей и т.п.

Производственная канализация промышленных предприятий может делиться на отдельные системы в зависимости от состава сточных вод и способов их очистки.

В помещениях, связанных с открытым стоком отработанных растворов, при выполнении ремонтных и наладочных работ, а также производственные площади, где производятся уборка водой, полы делают с уклоном ($0,01 \div 0,02$) и оборудуют в низких местах приемниками, откуда наружными насосами стоки.

6 Экономическая часть

Цель электролиза – выделить из богатого товарного регенерата золотосодержащий твердый осадок, пригодный для плавки.

Процесс электролиза – электрохимическая реакция, которая протекает между двумя электродами (катодом и анодом) в золотосодержащем щелочном электролите при пропускании постоянного электрического тока. В результате электролиза золото осаждается на катодах в виде черного рыхлого порошка, а на анодах происходит выделение кислорода. На катодах происходит накопление осадка, который периодически удаляют. В работе постоянно находятся два электролизера.

Отработанный товарный регенерат выводится из электролизера и является маточником, возвращаемым в операцию десорбции в отделении регенерации.

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

6.1 Расчет капитальных затрат на здание

Для осуществления процесса электролитического выделения золота необходимо построить цех со следующими геометрическими параметрами: цех – каркасное здание: длина – 30 м, ширина – 20 м, высота – 7 м. Производственная площадь – 600 м²; полный объем здания – 4200 м³.

Капитальные затраты на здание определяются по формуле:

$$C_{зд} = C + C_{от} + C_{вен} + C_{вод} + C_{кан} + C_{осв} \quad (57)$$

где C – стоимость помещения, руб.;

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

$C_{вен}$ – 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.

Смета на строительства здания представлена в таблице 6.1

Таблица 6.1 - Смета на строительство здания

Параметр	Значение	Ед. изм.
Длина здания:	30	м.
Ширина здания	20	м.
Высота здания:	7	м.
Нагрузка на пол:	3,5	т./кв.м.
Площадь здания	600	кв.м.
Периметр здания	100	м.
Каркас (черный металл)	3 279 300	руб.
Фундаментные работы	1 700 000	руб
Стеновые конструкции	940 800	руб.
Внутренняя теплоизоляция стен	45 600	руб
Кровельная конструкция	850 000	руб.
Секционные ворота (4,2 х 4,5 м)	152 600	руб.
Входная дверь (1,5 х 2,3 м)	45 600	руб
Доставка здания	940 000	руб
Итого	7 953 900	руб.
Цена строительства	13 256	руб./кв.м.

Затраты на санитарно-технические работы представлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Затраты на санитарно-технические работы

Затраты	% от затрат на постройку здания	Цена, руб.
на отопление	5	397 695
на вентиляцию	5	397 695
на водопровод	3	238 617
на канализацию	3	238 617
на освещение	3	238 617
Итого:	19	1 511 241

Полная стоимость строительства здания составит:

$$C_{зд} = 7\,953\,900 + 397\,695 + 397\,695 + 238\,617 + 238\,617 + 238\,617 = 9\,465\,141 \text{ руб.}$$

Расчет стоимости оборудования представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Расчет стоимости оборудования

Наименование	Цена, руб./шт	Количество, шт	Сумма, руб.
Электролизер	92 600	2	185 200
Бак для элюата после десорбции	79 200	1	79 200
Бак с подогревом	80 700	1	80 700
Бак для щелочи	11 400	1	11 400
Бак для воды	11 400	1	11 400
Приемный бак для элюента	71 300	1	71 300
Нутч-фильтр	170 000	2	340 000
Центробежный насос	52 400	4	209 600
Вакуумный насос	55 600	1	55 600
Электроды	2 660	74	202 227
Итого			1 246 627

Расходы на наладку и монтаж оборудования представлены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Расходы на наладку и монтаж оборудования

Наименование нормативов	% от стоимости оборудования	Сумма, руб.
Транспортные расходы	10	124 662
Устройство фундаментов	10	124 662
Монтаж трубопроводов	15	186 994
Антикоррозионные работы	5	62 331
Монтаж оборудования	25	311 656
КИПиА	20	246 325
Вспомогательные устройства	5	62 331
Итого:		1 118 964

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

$$C_{\text{кап.затр}} = C_{\text{обор}} + \sum C_{\text{затр}}, \quad (58)$$

$$C_{\text{кап.затр}} = 1\,246\,627 + 1\,118\,964 = 2\,365\,591 \text{ руб.}$$

Полные капитальные затраты на здание и оборудование составляют:

$$C_{\text{полн}} = 9\,465\,141 + 2\,365\,591 = 11\,830\,732 \text{ руб.}$$

6.2 Организация труда и заработной платы

6.2.1 Определение баланса времени одного рабочего

Работа будет производиться четырьмя производственными бригадами.

График сменности рабочих бригад приведен в таблице 4.5.

Таблица 6.5 – График сменности бригад

Смены	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
с 8:00 до 20:00	А	А	В	В	Б	Б	Г	Г	А	А	В	В	Б	Б	Г	Г	А	А	В	В
с 20:00 до 8:00	Б	Б	Г	Г	А	А	В	В	Б	Б	Г	Г	А	А	В	В	Б	Б	Г	Г

А, Б, В, Г - бригады.

Длительность сменоборота:

$$T_{\text{см.об}} = N_6 T_6, \quad (59)$$

где N_6 – число бригад работающих за сутки, $N_6 = 2$;

T_6 – количество смен за сутки, $T_6 = 2$.

Тогда:

$$T_{\text{см.об}} = 2 \cdot 2 = 4 \text{ дня.}$$

Работы в отделении электролитического выделения золота осуществляются вахтовым методом, за 1 месяц бригада 15 дней работает и 15 дней отдыхает, следовательно, за год:

$$T_{\text{отдых}} = 365 \cdot \frac{1}{2} = 182 \text{ дня.}$$

Тогда для одного среднесписочного рабочего за год приходится 91 ночных смен, 91 дневных смен и 182 выходных дня.

Таблица 6.6 – Баланс рабочего времени среднесписочного рабочего

Элементы времени	Количество дней	Количество часов
Календарное число дней	365	4380
Нерабочие дни, выходные	182	2184
Номинальный фонд рабочего времени	182	2184
Планируемые выходные:		
а) очередные отпуска	24	288
б) по болезни	12	144
в) выполнение общественных обязанностей	1	12
г) отпуск в связи с учебой	3	36
ИТОГО:	40	480
Эффективный фонд рабочего времени	142	1704

Эффективный фонд рабочего времени составит:

$$T_{\text{эфф}} = 182 - 40 = 142 \text{ дня} = 142 \cdot 12 = 1704 \text{ часа.}$$

6.2.2 Расчет численности 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 [37].

Определим явочное число основных рабочих в сутки:

$$N_{\text{яв}} = 1/N_{\text{обсл}} \cdot F \cdot C \quad (60)$$

где $N_{\text{обсл}}$ – норма обслуживания (количество аппаратов, которое может обслужить один аппаратчик), $N = 3$;

F – количество установок, $F = 7$;

C – количество смен в сутки, $C = 2$.

$$N_{\text{яв}} = 1/3 \cdot 7 \cdot 2 = 4,6 \text{ чел.}$$

Примем явочное число основных рабочих равным 5

2. Определим списочное число основных рабочих определяется по формуле:

$$N_{\text{сп}} = N_{\text{яв}} \cdot T_{\text{эф.обор}} / T_{\text{эф.раб}}, \quad (61)$$

где $T_{\text{эф.обор}}$ – проектируемое число дней работы оборудования в год, с учетом технического обслуживания, $T_{\text{эф.обор}} = 330$ дней;

$T_{\text{эф.раб}}$ – проектируемое число дней работы одного рабочего в год, $T_{\text{эф.раб}} = 142$ дня.

Тогда:

$$N_{\text{сп}} = 5 \cdot 330 / 142 = 11,62 \text{ чел.}$$

Примем списочное число рабочих равному 12.

Состав рабочего персонала приведен в таблице 6.7.

Таблица 6.7 – Численность основных рабочих

Наименование Профессии	Тариф разряд	Число рабочих в смену	$N_{\text{яв}}$ в сутки	$N_{\text{сп}}$ в сутки	Число рабочих дней в году	Число рабочих дней оборуд.	Число смен в сутки
Аппаратчик	6	1	2	5	142	330	2
Аппаратчик	5	1	3	7			

3. Расчёт численности дежурного персонала.

С учетом специфики данного цеха и приборного оформления комплектуем цех дежурным обслуживающим персоналом в составе:

- Дежурный слесарь – 1;
- Дежурный электрик – 1;
- Дежурный КИПиА – 1.

Списочное число рабочих дежурного персонала:

$$N_{\text{яв}} = 1/3 \cdot 7 \cdot 2 = 4,6 \text{ чел};$$

$$N_{\text{сп}} = 5 \cdot 330 / 142 = 11,62 \text{ чел.}$$

$N_{\text{яв}}$ примем равным 5, а $N_{\text{сп}}$ равным 12.

Сведем число дежурного персонала в таблицу 6.8.

Таблица 6.8 – Численность дежурного персонала

Профессия	Разряд	Число рабочих В смену	Число смен в сутки	$N_{\text{яв}}$, в сутки	$N_{\text{сп}}$, в сутки	Число рабочих дней в году	Число рабочих дней оборуд.
Деж.Слесарь	5	1	2	2	3	142	330
Деж.Электрик	5	1	2	1	3	142	330
Деж.КИПиА	5	1	2	2	5	142	330

4. Расчет численности ИТР, служащих и МОП.

Расчет производится в связи с потребностью цеха в каждой группе работников.

Сведем данные о численности ИТР, служащих и прочего персонала в таблицу 6.9.

Таблица 6.9 – Численность ИТР, служащих и прочего персонала

Наименование должности	Категория	Число штатных единиц, чел.
Начальник цеха	ИТР	1
Технолог цеха	ИТР	1
Мастер смены	ИТР	4
Табельщик	Служащий	1
Уборщица	МОП	2
Итого:		9

6.3 Расчет годового фонда заработной платы основных рабочих

Для определения расчетного фонда заработной платы воспользуемся следующей формулой:

$$З_{\text{год}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}, \quad (62)$$

где $З_{\text{осн}}$ – основной фонд;

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

Основной фонд заработной платы рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{тар}} + Д_{\text{н.вр}} + Д_{\text{п.дн}} + Д_{\text{пр}} + Д_{\text{вред}} + Д_{\text{бр}}, \quad (63)$$

где $З_{\text{тар}}$ – тарифный фонд;

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

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

$Д_{\text{пр.}}$ – доплата премий (80 % от $З_{\text{тар}}$);

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

$Д_{\text{бр.}}$ – доплата за бригадирство (10 % от $З_{\text{тар}}$).

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

$$З_{\text{тар}}^i = Н_{\text{сп}}^i + Т_{\text{эф.раб}} + Т_{\text{ст}}^i, \quad (64)$$

где $Н_{\text{сп}}^i$ – списочное число рабочих i -ой квалификации, $Н_{\text{сп}}^i = 12$;

$Т_{\text{эф.раб.}}$ – эффективное время работы одного среднесписочного рабочего,

$Т_{\text{эф.раб}} = 12 \text{ ч в день} = 1704 \text{ ч в год}$;

$Т_{\text{ст}}^i$ – тарифная часовая ставка, $Т_{\text{ст}}^i = 120 \text{ руб./час}$.

$$З_{\text{тар}}^i = 12 \cdot 1704 \cdot 120 = 2\,453\,760 \text{ руб./год}$$

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

$$Д_{\text{н.вр}} = Н_{\text{сп}}^i \cdot n_{\text{н.вр}} \cdot Т_{\text{ст}}^i \cdot t_{\text{см}} \cdot П, \quad (65)$$

где $n_{\text{н.вр}}$ – количество ночных смен в году, $n_{\text{н.вр}} = 91$;

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

$П$ – процент отчисления, $П = 0,4$.

Тогда:

$$Д_{н.вр} = 12 \cdot 91 \cdot 120 \cdot 12 \cdot 0,4 = 628\,992 \text{ руб./год.}$$

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

$$Д_{п.дн} = Н_{яв}^i \cdot N \cdot T_{ст}^i \cdot t_{см}, \quad (66)$$

где $Н_{яв}^i$ – явочная численность рабочих i -ой квалификации в сутки, $Н_{яв}^i = 5$;

N – количество праздничных дней в году, принято 14 дней по производственному календарю 2016 г.

Тогда:

$$Д_{п.дн} = 5 \cdot 14 \cdot 120 \cdot 12 = 100\,800 \text{ руб./год.}$$

Доплата премий – 80 % от тарифной ЗП:

$$Д_{пр} = 12 \cdot 1704 \cdot 120 \cdot 0,8 = 1\,963\,008 \text{ руб./год.}$$

Доплата за вредность – 20 % от тарифной ЗП:

$$Д_{вред} = 12 \cdot 1704 \cdot 120 \cdot 0,2 = 490\,752 \text{ руб./год.}$$

Доплата за бригадирство – 10 % от тарифной ЗП:

$$Д_{вред} = 12 \cdot 1704 \cdot 120 \cdot 0,1 = 245\,376 \text{ руб./год.}$$

Дополнительный фонд заработной платы рассчитывается по формуле:

$$З_{доп} = З_{осн} + З_{д.зп}, \quad (67)$$

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

$$З_{осн} = 2\,453\,760 + 628\,992 + 100\,800 + 1\,963\,008 + 490\,752 + 245\,376 = 5\,882\,688 \text{ руб./год.}$$

Тогда:

$$З_{доп} = 5\,882\,688 \cdot 0,1 = 588\,629 \text{ руб./год.}$$

Годовой фонд заработной платы основных рабочих представлен в таблице 6.10.

Таблица 6.10 – Годовой фонд заработной платы основных рабочих

Категория рабочих	основные		
Разряд	5		
Тарифная ставка	$T_{ст.}$	руб./час	120
Численность списочных рабочих	$H_{сп.}$	чел.	12
Фонд рабочего времени	$T_{эф.раб.}$	час	1704
Тарифный фонд	$Z_{тар.}$	руб./год	2 453 760
Доплата за ночное время	$D_{н.вр.}$	руб./год	628 992
Доплата за праздничные дни	$D_{п.дн.}$	руб./год	100 800
Доплата за вредность	$D_{вред.}$	руб./год	490 752
Доплата за бригадирство	$D_{бр.}$	руб./год	245 376
Доплата премий	$D_{пр.}$	руб./год	1 963 008
Основной фонд заработной платы	$Z_{осн.}$	руб./год	5 882 688
Дополнительный фонд заработной платы	$Z_{доп.}$	руб./год	588 623
Годовой фонд заработной платы	$Z_{год.}$	руб./год	6 471 311

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

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

$$Z_{тар} = P_{мес} + T_{окл}, \quad (68)$$

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

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

Число месяцев в году для ИТР принимаем равным – 11 месяцам, для служащих и прочего персонала – 11,3 месяца.

Оклады должностных лиц ИТР, служащих устанавливаются в зависимости от категории цеха [38].

В таблице 6.11 представлены оклады должностных лиц ИТР, служащих и вспомогательных рабочих.

Таблица 6.11 – Состав инженерно-технического персонала, служащих и вспомогательных рабочих

Наименование должности	Месячный оклад, руб.
Начальник цеха	40 000
Технолог цеха	30 000
Мастер смены	25 000
Табельщик	18 000
Уборщица	10 000
Дежурный слесарь	16 000
Дежурный электрик	18 000
Дежурный КИПиА	18 000

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

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{тар}} + Д_{\text{п.дн}} + Д_{\text{вред}}, \quad (69)$$

$$Д_{\text{п.дн}} = T_{\text{окл}} / n \cdot N \cdot H_{\text{яв}}, \quad (70)$$

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

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

n – среднемесячное число рабочих дней, $n = 15$;

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

Проведем расчет заработной платы на примере начальника цеха:

$$З_{\text{тар}} = 11 \cdot 40\,000 = 440\,000 \text{ руб./год.}$$

$$Д_{\text{п.дн}} = 40\,000 / 15 \cdot 14 \cdot 1 = 37\,333 \text{ руб./год.}$$

$$З_{\text{осн}} = 440\,000 + 37\,333 + 88\,000 = 565\,333 \text{ руб./год.}$$

Таблица 6.12 – Результаты расчетов доплаты в праздничные дни и за вредность ИТР, служащих и вспомогательных рабочих

Наименование должности	Катего- рия	Число шт. ед.	Д _{п.дн} , руб./год	Д _{вред} , руб./год
Начальник цеха	ИТР	1	37 333	88 000
Технолог цеха		1	28 000	66 000
Мастер смены		4	23 333	55 000
Табельщик	Служ.	1	16 800	39 600
Уборщица	МОП	2	9 333	22 000
Деж. слесарь	Вспом. рабоч.	4	14 933	35 200
Деж. электрик		4	16 800	39 600
Деж. КИПиА		4	16 800	39 600
Итого		21	163 332	385 000

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

Таблица 6.13 – Результаты расчетов заработной платы ИТР, служащих и вспомогательных рабочих

Наименование должности	Катег ория	Число шт. ед.	З _{ТАР} , руб./год	З _{осн} , руб./год	З _{доп} , руб./год	З _{год} руб./год
Начальник цеха	ИТР	1	440 000	565 333	54 913,2	604045,2
Технолог цеха		1	330 000	424 000	42 400,0	466 400,9
Мастер смены		4	275 000	353 333	35 333,3	421113,0
Табельщик	Служ.	1	203 400	260 880	260 88,0	286 968,0
Уборщица	МОП	2	113 000	144 933	144 93,3	160782,6
Деж. Слесарь	Вспо	4	180 800	231 893	231 89,3	255 082,3
Деж. Электрик	м.	4	203 400	260 880	260 88,0	286 968,0
Деж. КИПиА	Рабоч	4	203 400	260 880	260 88,0	286 968,0
Итого		21	1949000	2502132	250213,2	2768328

6.5 Общепроизводственные расходы

6.5.1 Расходы на содержание здания

Затраты на содержание здания примем равными 2 % от стоимости здания:

$$З_{\text{сод}} = 9\,465\,141 \cdot 0,03 = 283\,954,23 \text{ руб./год.}$$

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

$$З_{\text{т.р}} = 9\,465\,141 \cdot 0,02 = 189\,302,82 \text{ руб./год.}$$

Амортизационные отчисления на здание рассчитываются по формуле:

$$A_{\text{зд}} = C_{\text{зд}} \cdot 1/\alpha, \quad (71)$$

где α – срок полезного использования здания, $\alpha = 30$ лет.

$$A_{\text{зд}} = 9\,465\,141 \cdot 1/30 = 315\,504,7 \text{ руб./год.}$$

Сумма затрат на содержание и эксплуатацию здания:

$$\sum Z_1 = A_{\text{зд}} + З_{\text{сод}} + З_{\text{т.р}}, \quad (72)$$

$$\sum Z_1 = 315\,504,7 + 283\,954,23 + 189\,302,82 = 788\,761,75 \text{ руб./год.}$$

6.5.2 Расходы на содержание оборудования

Фонд для ремонта оборудования составляет 15 % от стоимости оборудования:

$$З_{\text{т.р}} = 2\,365\,591 \cdot 0,15 = 354\,838,65 \text{ руб./год.}$$

Расходы на содержание оборудования составляют 5 % от стоимости оборудования:

$$З_{\text{сод}} = 2\,365\,591 \cdot 0,05 = 118\,279,55 \text{ руб./год.}$$

Амортизационные отчисления на оборудование составляют 10% от стоимости оборудования:

$$A_{\text{об}} = 2\,365\,591 \cdot 0,1 = 236\,559,1 \text{ руб./год.}$$

Сумма расходов на содержание и эксплуатацию оборудования:

$$\sum Z_2 = A_{\text{об}} + З_{\text{сод}} + З_{\text{т.р}}, \quad (73)$$

$$\sum Z_2 = 354\,838,65 + 118\,279,55 + 236\,559,1 = 709\,677,3 \text{ руб./год.}$$

Общепроизводственные расходы составляют:

$$З_{\text{общ}} = 788\,761,75 + 709\,677,3 = 1\,498\,439,05 \text{ руб./год.}$$

6.6 Расчет технологических затрат

6.6.1 Затраты на электроэнергию

Затраты на электроэнергию определим согласно следующей формуле:

$$З_{\text{эл}} = C_{\text{эл}} \cdot W \cdot T_{\text{р.обор}} \quad (74)$$

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

W – потребляемая мощность, кВт;

$T_{\text{р.обор}}$ – время работы оборудования в год ($350 \cdot 24 = 8400$ ч).

Потребляемая мощность оборудования: электролизер, 2 шт. – 3,72 кВт; вакуумный насос, 1 шт. – 1,5 кВт; центробежный насос, 4 шт – 1,5 кВт; дополнительное оборудование – 15% от общего потребления электроэнергии оборудованием.

Мощность, потребляемая оборудованием будет равна:

$$W_{\text{об}} = (2 \cdot 3,72) + 1,5 + (4 \cdot 1,5) = 14,94 \text{ кВт.}$$

Следовательно, общая потребляемая мощность будет равна:

$$W = 14,94 + (14,94 \cdot 0,15) = 17,18 \text{ кВт.}$$

Тогда затраты на электроэнергию составят:

$$З_{\text{эл}} = 4,2 \cdot 17,18 \cdot 8400 = 606\,145,68 \text{ руб./год.}$$

6.6.2 Затраты на освещение

Затраты на освещение определяются по следующей формуле:

$$З_{\text{эл}} = C_{\text{эл}} \cdot W_{\text{осв}} \quad (75)$$

$$W_{\text{осв}} = \frac{W_{\text{СП}} \cdot S_{\text{п}} \cdot M \cdot T}{1000} \quad (76)$$

где $W_{\text{СП}}$ – количество Ватт на 1 м² пола, $W_{\text{СП}} = 10$ Вт;

S_{Π} – площадь пола, $S_{\Pi} = 600 \text{ м}^2$;

M – количество часов искусственного освещения в сутки, $M = 24 \text{ ч}$;

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

Тогда мощность, потребляемая освещением будет равна:

$$W_{\text{осв}} = \frac{10 \cdot 600 \cdot 24 \cdot 365}{1000} = 52\,560 \text{ кВт/год.}$$

Следовательно, затраты на освещение составят:

$$З_{\text{эл}} = 4,2 \cdot 52\,560 = 220\,752 \text{ руб./год.}$$

6.6.3 Затраты на вентиляцию

Затраты на вентиляцию определяются по следующей формуле:

$$З_{\text{эл}} = C_{\text{эл}} \cdot W_{\text{вент}}, \quad (77)$$

$$W_{\text{вент}} = P_{\text{эд}} \cdot 24 \cdot T \quad (78)$$

где $P_{\text{эд}}$ – мощность электродвигателя, $P_{\text{эд}} = 25 \text{ кВт}$.

Тогда мощность, потребляемая вентиляцией будет равна:

$$W_{\text{вент}} = 25 \cdot 24 \cdot 365 = 219\,000 \text{ кВт/год.}$$

Следовательно, затраты на вентиляцию составят:

$$З_{\text{эл}} = 4,2 \cdot 219\,000 = 919\,800 \text{ руб./год.}$$

6.6.4 Затраты на отопление

Затраты на отопление определяются по следующей формуле:

$$З_{\text{эл}} = C_{\text{эл}} \cdot P_{\text{от}}, \quad (79)$$

$$P_{\text{от}} = \frac{\alpha \cdot T \cdot V}{1000}, \quad (80)$$

где α – количество тепла на 1 м^3 помещения, $\alpha = 38 \text{ Вт}$;

T – продолжительность отопительного сезона, $T = 5448 \text{ ч}$;

V – объем отапливаемого помещения. $V = 4200 \text{ м}^3$.

Следовательно, затраты на отопление составят:

$$P_{\text{от}} = \frac{52 \cdot 5448 \cdot 4200}{1000} = 869\,500,8 \text{ кВт/год,}$$

$$З_{эл} = 4,2 \cdot 869\,500,8 = 3\,651\,903,36 \text{ руб./год.}$$

6.7 Затраты на ОТ и ТБ

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

$$З_{ОТ\text{и}ТБ} = 9\,239\,639 \cdot 0,15 = 1\,385\,945,85 \text{ руб./год.}$$

6.8 Отчисления на социальные нужды

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

$$З_{соц} = 9\,239\,639 \cdot 0,30 = 2\,771\,891,7 \text{ руб./год.}$$

6.9 Калькуляция себестоимости электролиза золота

Себестоимость процесса электролитической переработки щелочных элюатов объемом 2700 м³/год определим согласно таблице 6.14.

Таблица 6.14 – Калькуляция себестоимости электролиза золота

Статьи затрат	Ед. изм.	Цена, руб.	Норма в год	Сумма руб./год
Электроэнергия на тех. нужды	кВт	4,2	1 285 372,80	5 398 565,76
Итого условно-переменные затраты				5 398 565,76
Фонд ЗП:				
- основных рабочих	руб.			6 471 311,00
- ИТР, служащих, пр.персонала и вспомогательных рабочих	руб.			2 768 328,00
Отчисления на соц. нужды	руб.			2 771 891,70
Расходы на:				
– амортизация оборудования	руб.			236 559,10
– тек. и кап. ремонты	руб.			354 838,65
– содержание оборудования	руб.			118 279,55

Продолжение таблицы 6.14

Цеховые расходы:				
– амортизация здания	руб.			315 504,70
– содержание здания	руб.			283 954,23
– тек. и кап. ремонты	руб.			189 302,82
– расходы на ОТ и ТБ	руб.			1 385 945,85
Общепроизводственные расходы	руб.			1 498 439,05
Итого условно-постоянные затраты				14 895 915,90
Себестоимость процесса электролиза золота				20 294 469

5.10 Заключение по разделу

Спустя сотню лет, до сих пор процесс цианистого выщелачивания является основным способом извлечения золота. Извлечение золота с использованием цианидов используется в традиционной технологии, и соответственно разностороннее изучен, что соответственно снижает экономические затраты, связанные с разработкой альтернативных методов. Из цианистых растворов золото можно выделить несколькими способами, основными из них являются электролиз и цементация.

Сравнивая электролиз и цементацию золота из цианистых растворов можно сделать выводы о экономической целесообразности использования процесса электролиза:

1. Простота аппаратного оформления;
2. Нет нужды в закупке дорогостоящих осадителей;
3. Экономия на производственных площадях;
4. Более высокое качество осаждаемого золота, вследствие чего нет нужды переработки по сложной технологической схеме.

На основании вышеприведенных выводов был проведен экономический расчёт для цеха электролитического выделения золота из цианистых растворов. В результате проведенной работы был проведен расчет себестоимости данного

технологического процесса, расходы на монтаж, обслуживание и эксплуатацию оборудования, численность рабочего персонала и их заработные платы. Все данные занесены в таблицы.