МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Металлургия и обогащение полезных ископаемых»

Мұхамеди Алишер Ғазизұлы

«Проектирование отделения переработки пульпы кубовых остатков с получением пентаоксида ванадия»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

5В070900 – «Металлургия»

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Металлургия и обогащение полезных ископаемых»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНИТУ им. К.И. Сатпаева»
Горно-металлургический
институт им. О.А. Байконурова

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Зав. кафедрой МиОПИ
канд. техн. наук
_____ Барменшинова М.Б.
«30» 05 _____2019 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

на тему: «Проектирование отделения переработки пульпы кубовых остатков с получением пентаоксида ванадия»

5В070900 – «Металлургия»

Выполнил: Мұхамеди А.Ғ.

Научный руководитель:
канд. техн. наук,
сениор-лектор
_____Бошкаева Л.Т.
«29» мая _____2019 г.

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова

Кафедра «Металлургия и обогащение полезных ископаемых»

5В070900 – «Металлургия»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующая кафедрой МиОПИ
канд. техн. наук
_____ Барменшинова М.Б.
«30» _____ 2019 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломного проекта

Обучающемуся: *Мухамеди Алишеру Ғазизұлы*
Тема: *«Проектирование отделения переработки пульпы кубовых остатков с получением пентаоксида ванадия».*
Утверждена приказом проректора по научно-образовательной деятельности *№ 497-п от 20 декабря 2018 г.*
Срок сдачи законченного проекта: «24» мая 2019 г.
Исходные данные к дипломному проекту: *технологические данные по переработке пульпы кубовых остатков в условиях АО «УКТМК», расходные коэффициенты.*
Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов или краткое содержание дипломного проекта:
а) Аналитический обзор;
б) Выбор и обоснование принимаемого в проекте технологического решения
в) Практика извлечения пентоксида ванадия из руд и шлаков, металлургические расчеты;
г) Экономический расчет производства;
д)Безопасность и охрана труда.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей) демонстрационный материал представить на ___ слайдах.
Рекомендуемая основная литература из 15 наименований

ГРАФИК

подготовки дипломного проекта

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю или консультанту	Примечание
Аналитический обзор	21.01.2019 – 10.02.2019	
Технологические решения	11.02.2019 – 10.03.2019	
Технологические расчеты	11.03.2019 – 30.03.2019	
Экономическая часть	01.04.2019 – 28.04.2019	
Безопасность и охрана труда	29.04.2019 – 12.05.2019	
Заключение	13.05.2019 – 23.05.2019	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченного дипломного проекта
с указанием относящихся к ним разделов проекта

Наименования разделов	Научный руководитель, консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Экономическая часть	Бошкаева Л.Т., канд. техн. наук, сениор-лектор	26.04.19	
Раздел охраны труда	Бошкаева Л.Т., канд. техн. наук, сениор-лектор	13.05.19	
Нормоконтроль	Таймасова А.Н., магистр техн. наук	29.05.19	

Научный руководитель _____ Бошкаева Л. Т.

Задание принял к исполнению обучающийся _____ Мұхамеди А. Ғ.

Дата «___» _____ 2019 г.

АННОТАЦИЯ

Цель – проектирование отделения по переработки пульпы кубового остатка с получением пентаоксида ванадия, производительностью 140 тонн/год.

В дипломном проекте выполнены расчеты материального и теплового балансов, а также на основе данных действующего предприятия выбрано основное и вспомогательное оборудование.

В экономической части выполнены соответствующие расчеты с определением рентабельности и срока окупаемости предложенного проекта.

В проекте в необходимом объеме рассмотрены вопросы безопасности и охраны труда.

АНДАТПА

Жобаның мақсаты - өнімділігі жылына 140 тонна ванадий пентаоксидін алатын, қойыртпақты қайта өңдеу бөлімшесін жобалау.

Дипломдық жобада материалдық және жылу баланстарының есептеулері орындалды. Олардың негізінде, жұмыс істеп тұрған кәсіпорынның деректері негізгі және қосалқы жабдық таңдалған.

Дипломдық жобаның экономикалық бөлімі бизнес жоспар түрінде ұсынылған.

Жобада қажетті көлемде өндірістің қауіпсіздігі мен экология мәселелері қарастырылды.

ANNOTATION

The goal is to design a department for the processing of the bottoms pulp to produce vanadium pentoxide, with a capacity of 140 tons / year.

In the thesis project, the material and heat balances were calculated, on the basis of which, as well as the data of the operating enterprise, the main and auxiliary equipment was selected.

The economic part of the graduation project is presented in the form of a business plan.

The project in the necessary volume addressed issues of safety and environmental friendliness of production.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение
1 Аналитический обзор
1.1 Обзор технологий
1.2 Извлечение ванадия из титано-магнетитовых руд
1.3 Извлечение ванадия из передельных шлаков
1.4 Извлечение из патронитовых руд
1.5 Извлечение из роскоэлитовых руд
1.6 Извлечение из бокситов
1.7 Хлорирование феррованадия
1.8 Технологическая схема извлечения ванадия из технического тетрахлорида титана
2 Выбор и обоснование принимаемого в проекте технологического решения
2.1 Выбор технологической схемы
2.2 Номенклатура сырья и продукции
2.3 Описание основного технологического процесса
2.3.1 Переработка ПКО
2.3.2 Прием пульпы кубовых остатков из отделения по производству очищенного тетрахлорида титана
2.3.3 Упаривание пульпы кубовых остатков
2.3.4 Переработка упаренной пульпы кубовых остатков с отгонкой тетрахлорида титана в хлораторе
2.3.5 Хлорирование низших хлоридов титана
2.3.6 Хлорирование обогащенного расплава с отгонкой окситрихлорида ванадия
2.3.7 Дистилляция тетрахлорида титана
2.3.8 Дистилляция окситрихлорида ванадия
2.4 Получение пентаоксида ванадия
2.4.1 Передел растворения оксотрихлорида ванадия в солянокислом растворе с получением исходного ванадийсодержащего раствора
2.4.2 Передел экстракции ванадия эксолом-А
2.4.3 Передел промывки экстракта от титана
2.4.4 Передел реэкстракции ванадия
2.4.5 Осаждение метаванадата аммония (МВА) из реэкстракта с последующей фильтрацией
2.4.6 Передел термического разложения МВА до порошкового пентаоксида ванадия
2.4.7 Регенерация органической фазы
3 Металлургические расчеты
3.1 Расчет материального баланса

3.2 Расчет основного и вспомогательного оборудования и теплового баланса
4 Экономический расчет производства
5 Безопасность и охрана труда проекта
5.1 Техника безопасности в отделении переработки пульпы кубовых остатков с получением пентаоксида ванадия
Заключение
Список использованной литературы
Приложение А
Приложение Б
Приложение В
Приложение Г
Приложение Д

ВВЕДЕНИЕ

Бурное развитие авиации, ракетостроения, химии, атомной техники, электроники, переход к высоким скоростям на транспорте и появление других новых направлений в технике поставили перед технологами задачу создания широкой группы конструкционных материалов, обладающих высокой прочностью, способных сохранять определенные прочностные характеристики при высоких температурах и давлениях, имеющие стоикие антикоррозийные свойства в условиях агрессивных сред и характеризующихся в то же время небольшой плотностью. Среди элементов, свойства которых позволяют решать отдельные задачи этого плана, важное место занимает ванадий [5].

Ванадий – металл серебристо-серого цвета, 5-й группы периодической системы, его порядковый номер 23. Содержание в земной коре 0,015-0,020% (по массе), т. е. превышает содержание никеля, цинка, вольфрама, молибдена и некоторых других элементов.

Механические свойства ванадия в большой степени зависят от содержания в нем азота, кислорода и водорода.

Основная масса ванадия (85-95%) используется в металлургии. Около 50% легированных сталей содержат ванадий. Введение небольших количеств ванадия в стали резко повышает их прочность, предел текучести, износостойкость, твердость, сопротивление усталости и пластические свойства. Конструкционные стали с содержанием ванадия 0,15-0,20% обладают высокими прочностными и пластическими свойствами. Инструментальные стали, содержащие 1-2% ванадия, сохраняют твердость при повышенных температурах. Введение 0,03-0,05% ванадия в сталь, предназначенную для получения листового металла для глубокой штамповки, устраняет склонность листового металла к старению. Ванадий в количестве 10-13% входит в состав сталей для изготовления постоянных магнитов.

На территории бывшего СССР расположены крупные запасы ванадиевых руд. Специфической особенностью сырьевой базы бывшего СССР является наличие бедного ванадием железорудного сырья. Весьма крупными запасами ванадия характеризуются оолитовые фосфористые бурые железняки Аятского и Лисаковского месторождений Костанайской области Республики Казахстан. Эти руды являются бедными по содержанию железа и ванадия и перед доменной плавкой нуждаются в обогащении.

Обогащение ванадинитовых руд включает дробление, помол, выделение концентратов гравитационным способом и их флотацию. Титаномагнетиты легко обогащаются магнитной сепарацией, за исключением случаев, когда зерна ильменита и магнетита мелки и взаимно прорастают. При магнитной сепарацией магнетит [$FeO \cdot (Fe, V)_2O_3$] отходит в магнитную, а ильменит $FeO \cdot TiO_2$ – немагнитную фракцию.

1 Аналитический обзор

1.1 Обзор технологий

Проблема промышленного получения ванадия в основном решена использованием рассеянного ванадия, встречающегося в железных рудах. При доменной плавке ванадийсодержащих железных руд или агломератов после магнитного обогащения получается ванадиевый чугун, в который переходит 80-85 % ванадия.

Извлечение ванадия из чугуна слагается из следующих стадий:

1) получение обогащенного ванадием шлака в процессе передела чугуна в сталь;

2) переработка ванадиевого шлака с получением оксида ванадия, ванадата кальция или ванадата железа;

3) выплавка феррованадия;

4) получение металлического ванадия или его соединений высокой степени чистоты.

Ванадий и другие примеси, находящиеся в чугуне – кремний, марганец, хром, фосфор – в составе оксидов переходят в шлак. Поэтому для получения шлаков с высоким содержанием оксидов ванадия стремятся выплавлять чугуны с низким содержанием кремния и марганца и повышенным содержанием ванадия. Состав ванадиевого шлака зависит от характера руды, из которой выплавлен чугун.

1.2 Извлечение ванадия из титано-магнетитовых руд

Диоксид титана в титано-магнетитах затрудняет доменную плавку руды, так как повышает температуру плавления и вязкость шлаков. Для устранения этого в шихту доменной плавки предложено добавлять доломит (способ акад. М.А. Павлова) – образуются менее вязкие и менее тугоплавкие шлаки. Для плавки в домне концентрат агломерируют. Ванадиевый чугун переделывают на сталь в бессемеровских конвертерах, получая обогащенные ванадием шлаки.

1.3 Извлечение ванадия из передельных шлаков

Ванадий в шлаках содержится в основном в составе соединений типа шпинели $FeO{\cdot}V_2O_5$ и $MnO{\cdot}V_2O_5$. Ванадиевые шлаки представляют собой ванадиевые концентраты, относительно легко перерабатываемые на оксид ванадия или ванадат кальция, поскольку при переделе чугуна на сталь ванадиевые шлаки получают попутно. Это обусловливает сравнительно низкую себестоимость ванадия в шлаках. Оксид ванадия, получаемый из шлаков, может

конкурировать с оксидом ванадия, получаемым из богатых ванадиевых руд и концентратов. Ванадиевый шлак содержит, %: V_2O_5 до 18; FeO 19-20; MnO 10-25; SiO_2 12-30; TiO_2 4-6; Cr_2O_3 5-15; CaO 20-10.

Ванадиевые шлаки перерабатывают следующими способами:

1) окислительным обжигом с хлоридом натрия или сильвинитом;

2) окислительным обжигом с карбонатом натрия;

3) хлорированием.

При переработке высокоизвестковых шлаков (содержание CaO выше 10%) обжиг с содой дает более высокое извлечение, чем обжиг с поваренной солью. Хлорированием извлекают из конверторных шлаков наряду с ванадием также титан. При обжиге с хлоридами или содой ванадий образует водорастворимые ванадаты, при переработке хлорированием получается оксохлорид ванадия.

1.4 Извлечение из патронитовых руд

По одним схемам патронитовые руды подвергают окислительному обжигу, огарок ввиду большого содержания в нем ванадия алюминотермически восстанавливают в электропечах и получают феррованадий. По другим схемам концентрат обжигают и перерабатывают способами, описанными выше, т.е. путем выщелачивания обожженного материала растворами щелочей или кислот с последующим осаждением концентрата V_2O_5 из растворов.

1.5 Извлечение из роскоэлитовых руд

Богатые роскоэлитовые руды перерабатывают путем выщелачивания ванадия растворами щелочей или кислот. Из растворов осаждают концентрат ванадия.

Бедные руды (месторождения Казахстана) перерабатывают совместно с фосфоритами при производстве элементарного фосфора электротермическим способом. Ванадиевую руду, содержащую 75-80% SiO_2, используют вместо кварцитов в качестве флюсующей добавки:

$$Ca_3(PO_4)_2 + 5CO + 3SiO_2 = 3CaSiO_3 + 5CO_2 + P_2 \quad (1.1)$$

$$CO_2 + C = 2\,CO \quad (1.2)$$

В процессе плавки, кроме возгона элементарного фосфора, получается шлак и ванадийсодержащий феррофосфор. Его фазовый состав – Fe_2P, $(Fe, V)_2P$, γ-Fe; содержит до 4% ванадия.

Ванадиевый феррофосфор перерабатывают путем окислительного обжига с NaCl или смесью NaCl и Na_2CO_3 при 800°C Ванадий при этом образует

водорастворимый ванадат натрия. Из раствора ванадий выделяют описанными выше способами.

Другой способ переработки ванадиевого феррофосфора – получение ванадиевого шлака путем пропускания через расплав в конвертере воздуха. Шлак в этом случае содержит до 20% V_2O_5, его перерабатывают по какому- либо известному способу.

При переработке в 1 т ванадиевого феррофосфора получают 70 кг V_2O_5, около 3 т Na_3PO_4; извлечение ванадия из сплава 85-90%, фосфора 90%.

1.6 Извлечение из бокситов

При переработке бокситов методом Байера около 65% ванадия переходит в шлам, остальная часть (соединения ванадия V) - в алюминатный раствор. При наличии в алюминатном растворе 100-300 г/л Na_2O растворимость солей ванадия можно значительно снизить, добавив NaF в соотношении V_2O_5: NaF = 1:2. Ванадий переходит в осадок в составе соли $2Na_3VO_4NaF19H_2O$.

1.7 Хлорирование феррованадия

Пластичный металлический ванадий можно получить, восстанавливая низшие хлориды ванадия магнием, другими металлами, водородом, а также электрохимическим путем с применением в качестве электролита расплавленной смеси низших хлоридов ванадия и хлоридов щелочных металлов с последующей переплавкой полученного металла в электроннолучевой печи. Источник получения низших хлоридов ванадия – тетрахлорид VCl_4, получаемый хлорированием феррованадия. Феррованадий в данном случае можно рассматривать как концентрат ванадия.

Процесс получения металлического ванадия слагается из следующих операций: 1) тетрахлорид ванадия превращают в трихлорид перегонкой с обратным холодильником по реакции

$$2VCl_4 = 2VCl_3+Cl_2 \qquad (1.3)$$

в токе газаносителя, инертного по отношению к хлоридам ванадия; разложение ускоряется в присутствии катализаторов; 2) удаляют $VOCl_3$ из VCl_3 дистилляцией; 3) восстанавливают VCl_3 до металла, контролируя добавку его в расплавленный магний в атмосфере аргона; 4) удаляют магний и $MgCl_2$, вакуумной сепарацией; 5) выщелачивают оставшийся $MgCl_2$, затем промывают и сушат порошок ванадия.

Общее извлечение ванадия невысоко из-за потерь в составе $VOCl_3$ за счет адсорбции хлоридом железа (III). Потери ванадия можно снизить, если

хлорировать $VOCl_3$ до VCl_4 в присутствии угля при 700°С. Другой метод уменьшения потерь ванадия за счет адсорбции хлоридом железа (III) состоит в пропускании газообразных продуктов хлорирования через обогреваемую до 250 °С насадку из кусков хлорида натрия. Хлоропроизводные ванадия не реагируют с насадкой, а хлорид железа образует с хлоридом натрия малолетучий легкоплавкий $NaFeCl_4$. Появляющаяся на солевой насадке жидкая фаза способствует очистке и от других примесей в парогазовой смеси. Конденсат хлоропроизводных ванадия содержит железа не более 0,003 % (считая на оксид) [9].

1.8 Технологическая схема извлечения ванадия из технического тетрахлорида титана

Содержание ванадия в составе $VOCl_3$ в техническом тетрахлориде титана 0,07-0,08%. Очищенный $TiCl_4$ должен содержать менее 0,001 % V. $VOCl_3$ содержит кислород, который в процессе магниетермического восстановления $TiCl_4$ попадает в титановую губку, и это увеличивает твердость металла.

Для химической очистки $TiCl_4$ от $VOCl_3$ используют низшие хлориды титана, медный порошок, сероводород, минеральные масла.

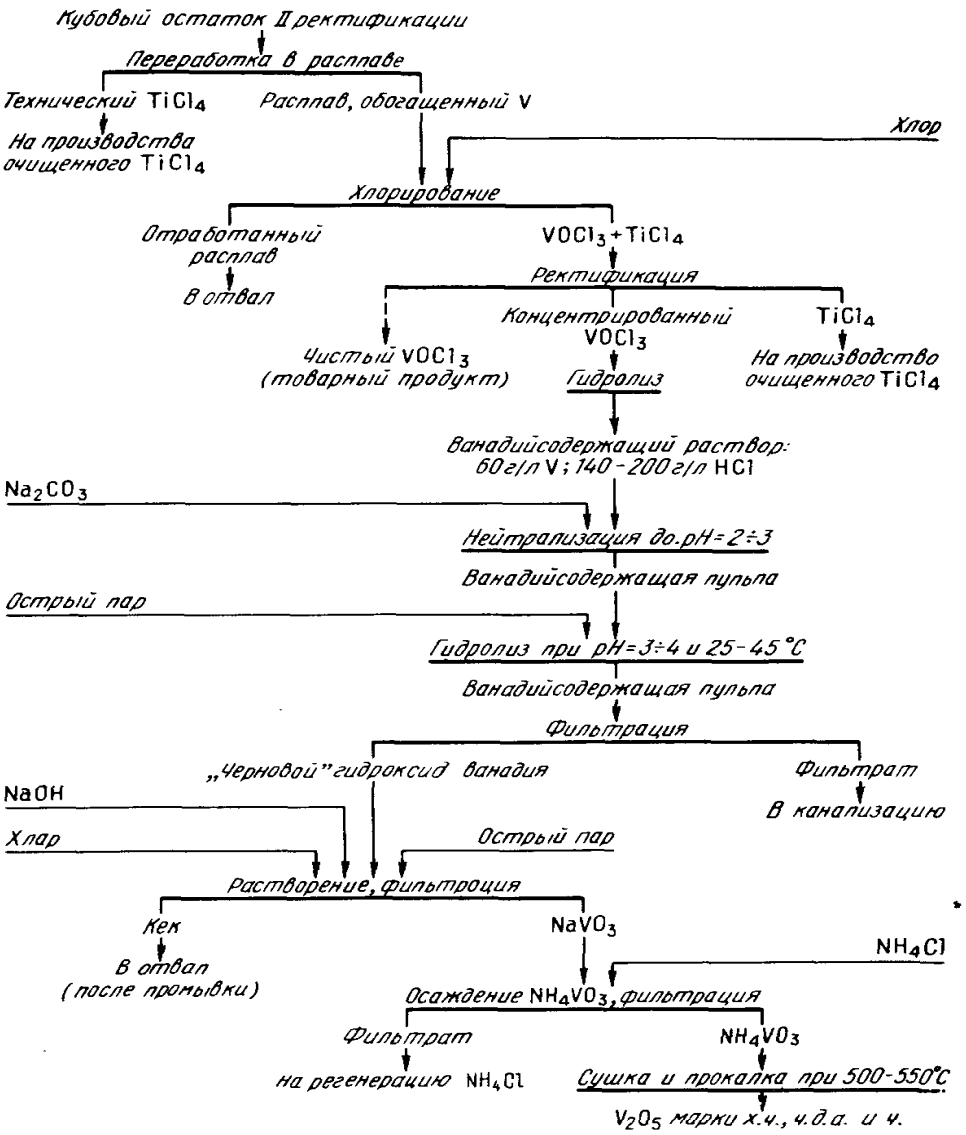

Рисунок 1.1 – Принципиальная технологическая схема извлечения ванадия из технического тетрахлорида титана

Сущность процесса очистки заключается в избирательном взаимодействии добавляемых веществ с $VOCl_3$, при этом образуются малорастворимые в $TiCl_4$ высококипящие соединения ванадия низших степеней окисления, легко удаляемые при очистке тетрахлорида титана, например:

$$VOCl_3 + 3TiCl_3 = VOCl_2\downarrow + TiCl_4 \quad (1.4)$$

$$VOCl_3 + Cu = VOCl_2\downarrow + CuCl \quad (1.5)$$

В отечественной практике наибольшее распространение получил способ очистки низшими хлоридами титана, которые получают, восстанавливая $TiCl_4$ алюминиевой пудрой. Расход Al-пудры 0,8-1,2 кг на 1 т $TiCl_4$.

Продолжительность контакта низших хлоридов титана с техническим тетрахлоридом титана 1-2 ч. Низшие хлориды титана как восстановители имеют преимущества по сравнению с медным порошком: реагент более дешев (расходуется Al-пудра), повышается степень очистки $TiCl_4$ от ванадия. Недостатки способа – взрывоопасность Al-пудры (нижний предел взрывоопасности 40 ч/м^3), периодичность процесса получения низших хлоридов титана.

Очистку от ванадия с помощью Al-пудры совмещают с процессом ректификации технического $TiCl_4$ от твердых веществ. Таким образом, ванадий концентрируется в кубовых остатках II ректификации $TiCl_4$.

Технологическая схема получения V_2O_5 из кубовых остатков представлена на рисунке 1.1 По этой схеме кубовой остаток ($TiCl_4$, $VOCl_2$, $AlCl_3$, другие твердые хлориды) нагревают в солевом хлораторе, где на первом этапе отгоняют основную часть $TiCl_4$. Затем в хлоратор подают хлор, при этом хлорируется $VOCl_2$:

$$2VOCl_2 + Cl_2 = 2VOCl_3 \qquad (1.6)$$

Большая часть твердых хлоридов остается в солевом расплаве. Смесь $VOCl_3$ и $TiCl_4$ разделяют ректификацией. $TiCl_4$ возвращают на производство титана; $VOCl_3$ может быть товарным продуктом или переработан на V_2O_5. В последнем случае ректификацию ведут до получения не чистого, а концентрированного по $VOCl_3$ продукта, который затем растворяют в растворе HCl, получая раствор с 60 г/л ванадия и 140-200 г/л HCl. При этом возможны реакции:

$$VOCl_3 + H_2O = VO_2Cl + 2HCl \qquad (1.7)$$

$$TiCl_4+2H_2O = Ti(OH)_2Cl_2 + 2HCl \qquad (1.8)$$

Раствор нейтрализуеют содой до pH=2÷3 и при подогреве острым паром гидролизуют. Пульпу фильтруют. «Черновой гидроксид ванадия» (содержит титан) растворяют в растворе гидроксида натрия при подогревании.

На этой стадии происходит растворение соединений ванадия с образованием $NaVO_3$ и очистка от титана; гидроксид титана и титанат натрия – малорастворимы. Из раствора $NaVO_3$ с помощью NH_4Cl выделяют NH_4VO_3, который сушат и прокаливают при 500-550°С, получая V_2O_5. Извлечение ванадия из кубовых остатков в товарную V_2O_5 85%.

По этой технологии возможно получение реактивного оксида ванадия (V) марки «хч», содержащего (ТУ 6-09-4093- 75) – не менее 98% V_2O_5 [9].

2 Выбор и обоснование технологического решения

2.1 Выбор технологической схемы

Изначально ванадий содержится в титановом шлаке – сырье для получения технического тетрахлорида титана методом хлорирования. Как известно, в процессе хлорировании титанового шлака ванадий переходит в парогазовую смесь (далее ПГС) в виде $VOCl_3$, затем конденсируется вместе с тетрахлоридом титана и другими примесями образуя технический тетрахлорид титана. Технический $TiCl_4$ очищают от ванадия химическим способом с помощью алюминиевой пудры. При этом протекает реакция:

$$3TiCl_4 + Al = 3TiCl_3 + AlCl_3 \quad (2.1)$$

Затем трихлорид титана взаимодействует с $VOCl_3$ по реакции:

$$TiCl_3 + VOCl_3 = TiCl_4 + VOCl_2 \quad (2.2)$$

Образующийся при этом $VOCl_2$ являясь нерастворимым в $TiCl_4$ выпадает в осадок и концентрируется в кубовом остатке. Пульпа кубового остатка является отходом процесса ректификации и поступает на переработку с целью извлечения ванадия.

Технологическая схема переработки ПКО с получением пентаоксида ванадия состоит из двух основных стадий:

1) переработка ПКО методом хлорирования с получением возвратного тетрахлорида титана и окситрихлорида ванадия технического (Рисунок 2.1);

2) получение пентаоксида ванадия из окситрихлорида ванадия гидрометаллургическим способом (Рисунок 2.2). На рисунке штриховой линией показана схема получения возвратного тетрахлорида титана.

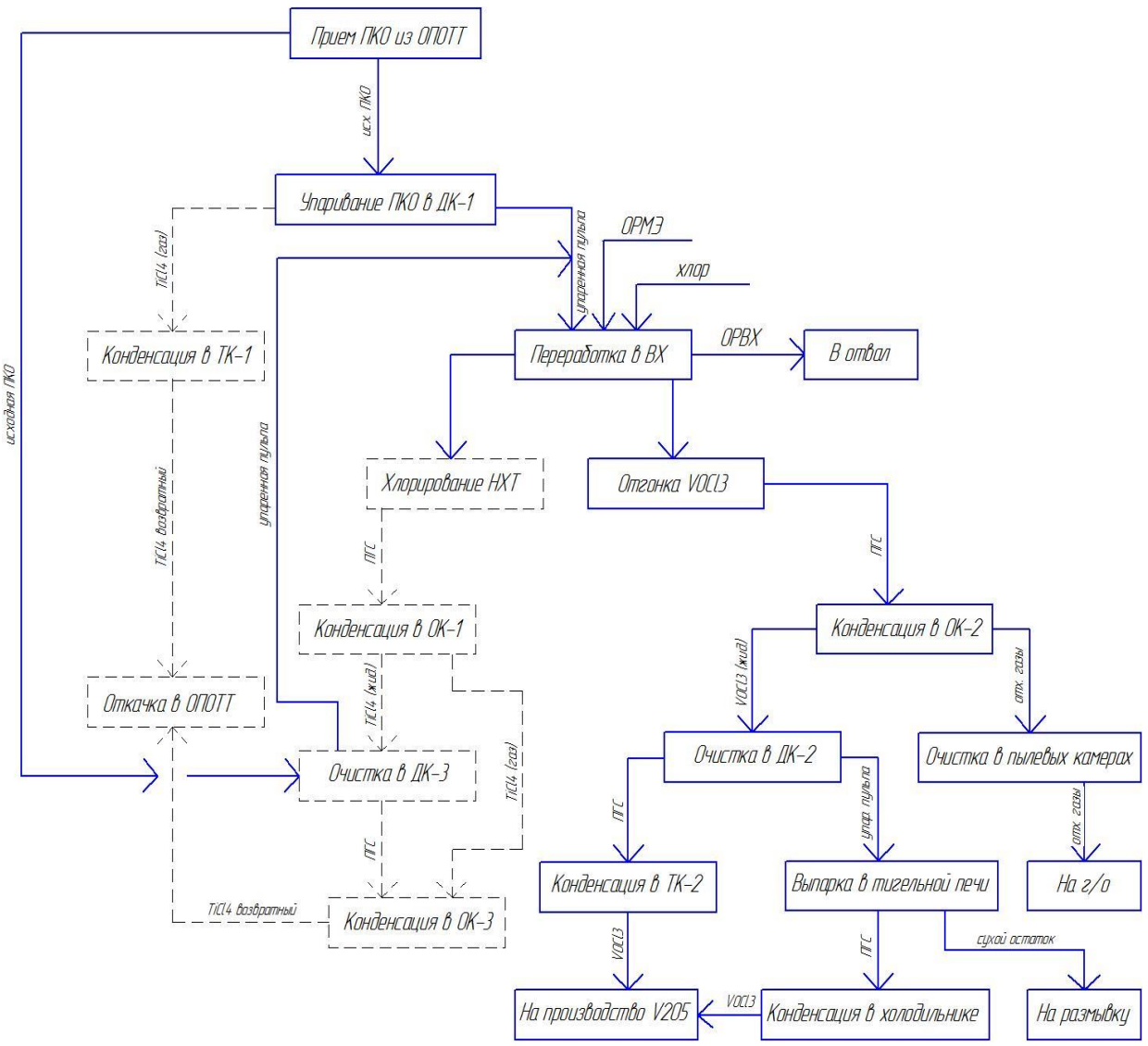

Рисунок 2.1 – Технологическая схема переработки ПКО

Где ПКО – пульпа кубовых остатков; ОПОТТ – отделение производства очищенного тетрахлорида титана; ДК – дистилляционный куб; ТК – теплообменник кожухотрубный; ОК – оросительный конденсатор; ПГС – парогазовая смесь; НХТ – низшие хлориды титана; ОРМЭ – отработанный расплав магниевых электролизеров; ВХ – ванадиевый хлоратор; ОРВХ – отработанный расплав ванадиевого хлоратора; г/о – газоочистка.

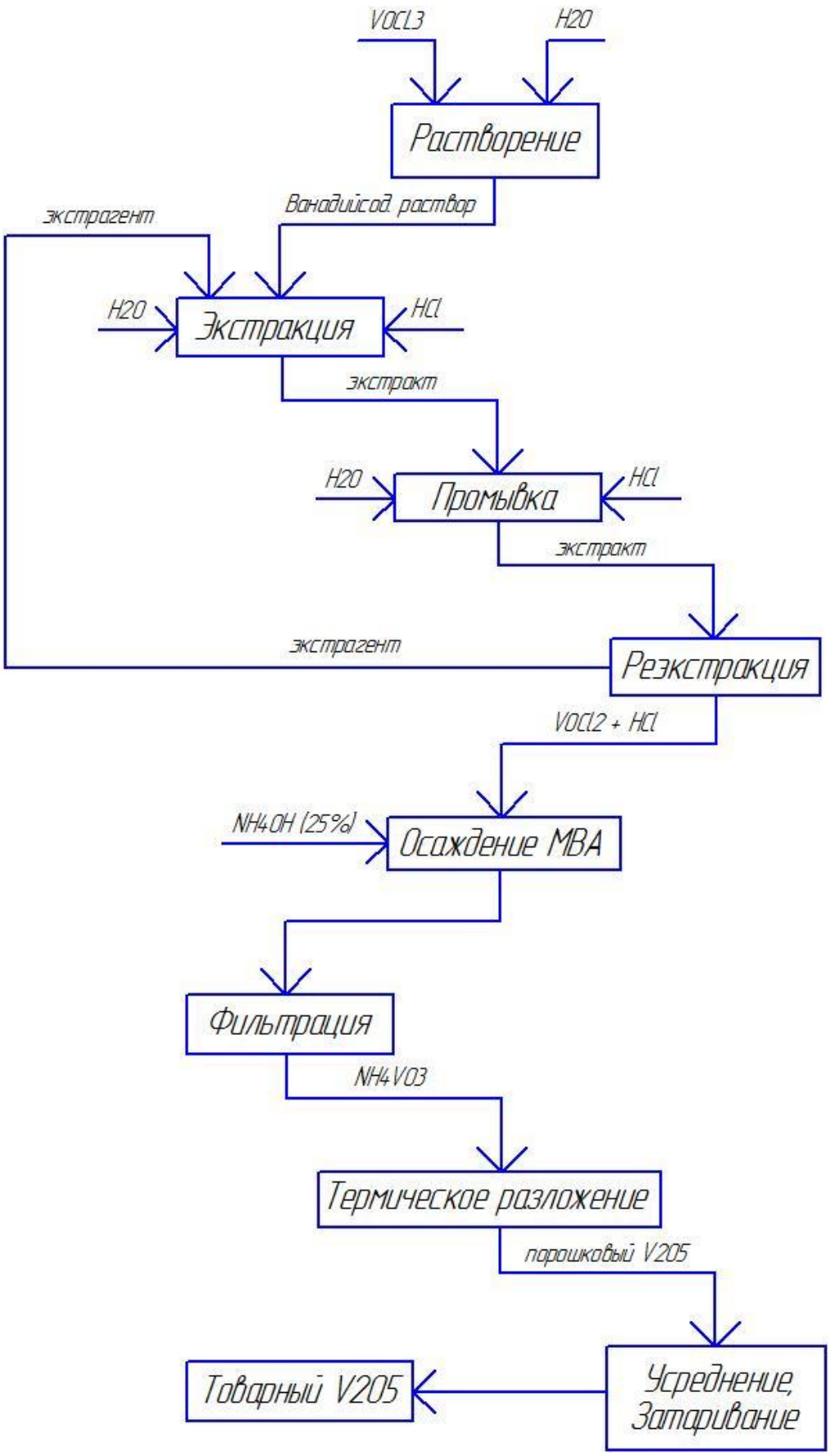

Рисунок 2.2 – Технологическая схема получения пентаоксида ванадия

Основные технологические показатели переработки ПКО показаны в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Основные технологические показатели переработки ПКО

Наименование технологических параметров	Единица измерения	Величина
Содержание твердых взвесей в исходной ПКО, не более	г/дм^3	200
Расход хлоргаза: - при переработке ПКО; - при хлорировании НХТ и обогащенного расплава	 нм^3/ч нм^3/ч	 10,0÷12,0 60÷100
Давление хлора: - на хлорной гребенке, не более; - перед хлороподводом	 кгс/см^2 кгс/см^2	 1,5 0,3÷0,75
Расход упаренной ПКО в хлоратор, не более	т/ч	2,5
Температура расплава: - при переработке ПКО; - при хлорировании НХТ; - при хлорировании обогащенного расплава	 °С °С °С	 570 ± 20 600 ± 20 600 ± 20
Температура ПГС на выходе из хлоратора	°С	320 ÷ 420
Температура ПГС после ОК-1	°С	50 ± 10
Температура ПГС после ОК-3	°С	20 ± 10
Температура ПГС после ОК-2	°С	15 ± 5
Температура хладагента (воды)	°С	15 ± 10
Температура рассола на входе	°С	-17 ÷ -24
Температура тигельной печи	°С	250 ± 25
Разрежение: - в хлораторе; - после ОК-1; - после ОК 2, 3; - перед хвостовым вентилятором; - в каналах №№2, 3; - в газоходе тигельной печи	 мм вод.ст. мм вод.ст. мм вод.ст. мм вод.ст. мм вод.ст. мм вод.ст.	 20 ÷ 70 80 ÷ 120 100 ÷ 130 80 ÷ 140 40 ÷ 100 10 ÷ 50

Основные технологические показатели получения пентаоксида ванадия показаны в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Основные технологические показатели получения пентаоксида ванадия

Наименование технологических параметров	Единица измерения	Величина
Растворение оксотрихлорида ванадия в соляной кислоте с получением исходного ванадийсодержащего раствора: - кислотность солянокислого раствора;	г/дм^3	120÷130
- скорость подачи оксотрихлорида ванадия; - температура раствора, не более; - расход оксотрихлорида ванадия	кг/ч °С кг	150÷460 40 1400÷1700
Экстракция ванадия Эксолом-А: - плотность промывного раствора; - плотность реэкстрагента; - подача исходного раствора; - подача экстрагента; - подача реэкстрагента; - подача промывного раствора	г/см^3 г/см^3 дм^3/ч дм^3/ч дм^3/ч дм^3/ч	1,05÷1,06 1,02÷1,03 300÷500 350÷770 400÷900 75÷200
Осаждение МВА из реэкстракта с последующей фильтрацией: - температура осаждения; - pH осаждения; - расход реэкстрагента; - расход аммиачной воды; - температура фильтрации; - количество МВА на фильтрацию; - количество маточного раствора	°С ед. м^3/сут м^3/сут °С кг/сут м^3/сут	50÷80 7,0÷8,0 10÷12 2,0÷3,0 25÷50 800÷1000 12÷19
Термическое разложение МВА: - температура; - скорость подачи	°С кг/ч	330÷690 20÷45
Расшихтовка и упаковка V_2O_5: - количество V_2O_5, загружаемого в смеситель	кг	300÷400
Регенерация органической фазы: - температура; - время отстоя, не менее	°С сутки	60÷70 1
Очистка отходящих газов печей термического разложения: - разрежение в скруббере	мм вод.ст.	20÷50

2.2 Номенклатура сырья и продукции

Сырьём для получения пентаоксида ванадия служит пульпа кубовых остатков ректификационных колонн (далее ПКО), поступающая из участка производства очищенного тетрахлорида титана. Пульпа кубовых остатков ректификационных колонн (далее ПКО), состоит из тетрахлорида титана с взвешенными частицами оксихлоридов ванадия, трихлоридов титана, алюминия, железа (Таблица 2.3). Пульпа кубовых остатков поставляется сортов ПКО-1 и ПКО-2, согласно ФС РК 00202028 АО-114.

Таблица 2.3 – Состав ПКО

Наименование показателей	Нормы для марок	
	ПКО-1	ПКО-2
Ванадий, %, не менее	0,85	0,50
Твердые взвеси, г/л, не более	200	200

Пульпа кубовых остатков из отделения по производству очищенного тетрахлорида титана (далее ОПОТТ) перекачивается по одному из двух трубопроводов (один резервный) в приемный бак.

Конечным продуктом является пентаоксид ванадия. В соответствии с СТ АО 00202028-004 пентаоксид ванадия производится трех марок ВнО-0, ВнО-1 и ВнО-2 (Таблица 2.4).

Таблица 2.4 – Химический состав пентаоксида ванадия

Марка	Химический состав, %														
	V_2O_5 не менее	Массовая доля примесей, не более													
		V_2O_4	Fe	Si	Mn	Cr	S	Ti	P	CI	As	(Na+K)	C	Нерастворимый остаток	Потери при прокалке
ВнО-0	-	1,2	0,01	0,01	0,04	0,02	0,005	0,01	0,01	0,01	0,003	0,10	0,005	0,15	0,20
ВнО-1	99,3	1,4	0,05	0,05	0,04	0,02	0,005	-	0,01	0,01	0,003	0,10	-	0,20	0,20
ВнО-2	98,6	2,2	0,15	0,10	0,10	0,07	0,010	-	0,01	0,02	0,010	0,30	-	0,30	0,30

2.3 Описание основного технологического процесса

2.3.1 Переработка ПКО

Технология переработки пульпы кубовых остатков ректификационных колонн основана на последовательном хлорно-термическом выделении из них тетрахлорида титана технического возвратного и ванадия окситрихлорида технического, поэтому процесс ведется циклично. Каждый цикл рассчитан, как правило, на 18÷24 часа.

Технологический процесс ведут в хлорирующей установке.

Хлорирующая установка включает в себя следующие аппараты:

- два хлоратора, работающие попеременно (один в работе, другой в резерве), каждый хлоратор включает в себя узел подачи упаренной пульпы кубовых остатков, узел подачи хлора, узел водяного охлаждения токоподводов электродов, узел слива расплава с приямком и местной вентиляцией;
- три оросительных конденсатора (ОК-1, 2, 3) с погружными насосами, холодильниками типа «ТТ» (охлаждение водой или раствором хлористого кальция, поступающего из отделения по приему и передаче хлора и производства холода) и мешалками;
- три дистилляционных куба (ДК-1, 2, 3) с нагревателями, погружными насосами и холодильниками кожухотрубными (охлаждение водой);
- пылевая камера;
- баки-сборники продуктов №№1, 2, 3, 4;
- бак дозатор упаренной ПКО с шестеренчатым насосом и мешалкой;
- приемный бак ПКО;
- расходные баки ПКО с мешалками №№1, 2;
- аварийный бак;
- тигельная печь с тиглем;
- короба для слива отработанного расплава.

На первой стадии процесса переработки пульпы кубовых остатков парогазовая смесь из хлоратора поступает в два последовательно соединенных оросительных конденсатора ОК-1, 3. Сконденсированный в баке ОК-1 промежуточный продукт – некондиционный тетрахлорид титана, подвергают очистке от твердых взвесей методом дистилляции в дистилляционном кубе №3 (ДК-3). При этом из баков-сборников пульпу кубовых остатков периодически дозируют в куб ДК-3 для очистки конденсата от ванадия. Парогазовая смесь из ДК-3 поступает в ОК-3 и там конденсируется. Дистиллят из ОК-3 поступает через перелив в баки-сборники №№1, 2, откуда его откачивают в ОПОТТ. Продукт, собирающийся в баках №№1, 2, является тетрахлоридом титана техническим возвратным. Пульпу из ДК-3 периодически откачивают в бак-дозатор и перерабатывают в хлораторе. После обогащения расплава ванадием прекращают процесс переработки пульпы кубовых остатков, увеличивают расход хлора для хлорирования низших хлоридов титана, находящихся в

обогащенном хлоридном расплаве. Затем, глубоким хлорированием, из обогащенного расплава отгоняют парогазовую смесь, состоящую большей частью из окситрихлорида ванадия технического, которую конденсируют в оросительном конденсаторе №2. Некондиционный $VOCl_3$ подвергают очистке от твердых взвесей перегонкой в ДК-2. Дистиллят из холодильника ДК-2 (ванадия оксотрихлорид технический) поступает в бак-сборник №4, оттуда, по мере накопления, откачивают на участок получения пентаоксида ванадия или в танки склада $VOCl_3$. Ванадия окситрихлорид технический должен соответствовать ФС РК 00202028 АО-134.

Упаренную пульпу из ДК-2 периодически откачивают в тигельную печь на выпарку. ПГС из тигельной печи поступает в холодильник и конденсируется, а остаток твердых примесей направляют на размывку в «мокрую комнату» цеха №9.

ПГС после оросительного конденсатора поступает в трехсекционную пылевую камеру, где за счет изменения направления и падения скорости движения потока твердые частицы оседают.

Пылевую камеру периодически размывают промводой, образовавшиеся отходы откачивают в коллектор кислой канализации.

Отходящие газы по подземным каналам №№2, 3 поступают на газоочистку №5 цеха №9.

После завершения цикла отработанный расплав из хлоратора сливают в два короба, установленные в приямке.

Для проведения следующего цикла в хлоратор заливают свежий отработанный электролит из цеха №1.

2.3.2 Прием пульпы кубовых остатков из отделения по производству очищенного тетрахлорида титана

Пульпу кубовых остатков (ПКО) ректификационных колонн принимают по одному из двух трубопроводов (один резервный) в приемный бак. Прием ПКО производит каждая смена в количестве 10,0÷20,0 т.

Из приемного бака ПКО перекачивают в баки-сборники №№1, 2 для дозировки в ДК-1, ДК-3.

2.3.3 Упаривание пульпы кубовых остатков

Упаривание ПКО производят с целью сокращения объема перерабатываемой в хлораторе пульпы, при этом отделяют 30÷45 % тетрахлорида титана. Из баков-сборников №1, 2 ПКО периодически упаривают в дистилляционном кубе (ДК-1). Продолжительность упарки в ДК-1 до 2 часов. Пары тетрахлорида титана технического возвратного конденсируются в

кожухотрубном теплообменнике и поступают в бак-сборник №3. По химическому составу тетрахлорид титана технический возвратный должен соответствовать нормам, приведенным в ФС РК 00202028 АО-112. По мере накопления тетрахлорид титана технический возвратный откачивают в отделение по производству очищенного тетрахлорида титана.

Упаренную пульпу с содержанием твердых 300÷400 г/дм^3 из ДК-1 перекачивают в бак-дозатор с мешалкой.

2.3.4 Переработка упаренной пульпы кубовых остатков с отгонкой тетрахлорида титана в хлораторе

Длительность операции до 14 часов.

Упаренную пульпу из бак-дозатора шестеренчатым насосом непрерывно подают на зеркало расплава хлоратора в количестве не более 2,5 т/ч, в зависимости от температуры расплава хлоратора. Расход пульпы регулируется изменением производительности шестеренчатого насоса. Для барботажа под расплав хлоратора подается хлоргаз по графитовому хлороподводу. Допускается временно на период ввода в работу графитового хлороподвода барботаж расплава на стадии переработки пульпы кубовых остатков вести осушенным сжатым воздухом через барботажную трубу диаметром 38 мм, изготовленную из ст. 12Х18Н10Т по ГОСТ 5632.

В хлораторе протекают следующие основные реакции:

$$2TiCl_3 + Cl_2 = 2TiCl_4 \quad (2.3)$$

$$VOCl_2 + K(Na)Cl = K(Na)VOCl_3 \quad (2.4)$$

$$AlCl_3 + K(Na)Cl = K(Na)AlCl_4 \quad (2.5)$$

$$FeCl_3 + K(Na)Cl = K(Na)FeCl_4 \quad (2.6)$$

Твердые примеси пульпы (хлориды железа, алюминия, и др.), вступая во взаимодействие с хлоридами щелочных металлов, образуют малолетучие, легкоплавкие соединения и остаются в расплаве. При этом происходит насыщение расплава соединениями ванадия.

2.3.5 Хлорирование низших хлоридов титана

С целью максимального извлечения титана из расплава и повышения концентрации $VOCl_3$ в окситрихлориде ванадия технического проводят

операцию хлорирования НХТ, при этом увеличивая расход хлоргаза до 60÷100 нм^3/ч.

Продолжительность операции при работе на хлоре до 1,5 часов.

Операцию ведут до окрашивания парогазовой смеси, выходящей из хлоратора, в оранжево-красный цвет. ПГС конденсируется в титановой системе конденсации.

2.3.6 Хлорирование обогащенного расплава с отгонкой окситрихлорида ванадия

Продолжительность операции до 8,0 часов.

При окрашивании парогазовой смеси в оранжево-красный цвет, газы переводят на ОК-2 (ванадиевую систему) и производят глубокое хлорирование обогащенного соединениями ванадия расплава.

При этом протекает следующая основная реакция:

$$VOCl_2 + ½CI_2 = VOCl_3 \qquad (2.7)$$

Окончание процесса хлорирования ванадия определяют по снижению температуры ПГС на выходе из хлоратора и изменению цвета парогазовой смеси (из оранжево-красного в белый).

После окончания процесса отгонки $VOCI_3$ прекращают подачу хлоргаза в хлоратор. Расплав из хлоратора сливают в два короба, установленные в приямке.

2.3.7 Дистилляция тетрахлорида титана

$TiCI_4$ из ОК-1, подвергают очистке в дистилляционном кубе (ДК-3) с предварительной закачкой в ДК-3 из баков-сборников №№1, 2 исходной ПКО в количестве до 3 тонн через каждые 3÷4 часа работы ДК-3. Упаренную пульпу откачивают в бак-дозатор и перерабатывают в хлораторе вместе с упаренной в ДК-1 ПКО.

ПГС из ДК-3 поступает и конденсируется в оросительном конденсаторе ОК-3. Сконденсировавшийся $TiCI_4$ из ОК-3 поступает в баки-сборники №№1, 2. Из баков-сборников №№1, 2 по мере накопления $TiCI_4$ откачивают в отделение по производству ОТТ.

2.3.8 Дистилляция окситрихлорида ванадия

$VOCI_3$, содержащий твердые взвеси, очищают путем дистилляции в дистилляционном кубе (ДК-2). Пары технического $VOCI_3$ конденсируют в кожухотрубном теплообменнике. Сконденсированный дистиллят самотеком

поступает в бак-сборник №4. Ванадия окситрихлорид технический, соответствующий ФС РК 00202028 АО-134, по мере накопления откачивается на участок производства пентаоксида ванадия или в танки склада $VOCI_3$.

Накопившуюся в ДК-2 упаренную ванадийсодержащую пульпу с содержанием твердых более 400 г/дм3 откачивают в тигельную печь на выпарку и сушку. ПГС из тигельной печи поступает в холодильник, конденсируется и сливается в бак-сборник №4. Тигель с сухим остатком после охлаждения отвозят в «мокрую комнату» цеха №9 на размывку.

2.4 Получение пентаоксида ванадия

Пентаоксид ванадия получают из технического оксотрихлорида ванадия по экстракционной технологии, в которую входят следующие переделы:

- растворение оксотрихлорида ванадия в солянокислом растворе или рафинате с получением исходного ванадийсодержащего раствора;
- экстракция ванадия Эксолом-А;
- промывка экстракта от титана;
- реэкстракция ванадия;
- осаждение метаванадата аммония (МВА) из реэкстракта с последующей фильтрацией;
- термическое разложение МВА до порошкового пентаоксида ванадия;
- расшихтовка и упаковка пентаоксида ванадия в партии готовой продукции;
- регенерация органической фазы.

2.4.1 Передел растворения оксотрихлорида ванадия в солянокислом растворе с получением исходного ванадийсодержащего раствора

Исходный ванадийсодержащий раствор получают растворением технического оксотрихлорида в солянокислом растворе (120÷130) г/дм3 или растворе, приготовленном с использованием рафинатов экстракционного передела. Процесс растворения протекает со значительным выделением тепла по следующим реакциям:

$$VOCl_3 + H_2O = VO_2Cl + 2HCl + Q, \quad (2.8)$$

$$TiCl_4 + 2H_2O = Ti(OH)_2Cl_2 + 2HCl + Q, \quad (2.9)$$

$$FeCl_3 + 2H_2O = Fe(OH)_2Cl + 2HCl + Q, \quad (2.10)$$

Увеличение температуры процесса более 40°С приводит к восстановлению ванадия (V) до ванадия (IV) по реакции:

$$2VO_2Cl + 4HCl = 2VOCl_2 + 2H_2O + Q; \qquad (2.11)$$

Поэтому реакционная смесь охлаждается до (20÷40)°С посредством теплосъёма через водяную рубашку реакторов гидролиза оксотрихлорида ванадия.

С повышением концентрации соляной кислоты до 160 г/дм^3 образуется оксохлорванадиевая кислота:

$$VO_2Cl + 2HCl = H_2VO_2Cl_3 + Q; \qquad (2.12)$$

Наличие в исходном растворе ванадия (IV) приводит к снижению извлечения на стадии экстракции, так как ванадий (IV) не экстрагируется Эксолом-А.

Узел растворения технического оксотрихлорида ванадия состоит из двух приемных баков с весоизмерительными устройствами и двух реакторов, снабженных водяными рубашками и барботерами для подачи воздуха, насосов КНЗ 6/30. Технический оксотрихлорид ванадия на растворение подается со скоростью (150÷460) кг/ч под слой солянокислого раствора. Готовый исходный ванадийсодержащий раствор закачивается в напорный бак, из которого поступает на экстракцию.

Отходящие газы от узла растворения улавливаются местным отсосом и направляются на нейтрализацию в цех №9.

2.4.2 Передел экстракции ванадия эксолом-А

Процесс экстракции ванадия (V) Эксолом-А из солянокислого раствора протекает по гидратно-сольватному механизму.

Полнота извлечения ванадия из исходного раствора в органическую фазу достигается за шесть противоточных ступеней экстракции. Процесс экстракции можно представить следующим уравнением:

$$H_2VO_2Cl_3 + S + H_2O + HCl \longrightarrow H_2VO_2Cl_3{\cdot}S{\cdot}H_2O{\cdot}HCl, \qquad (2.13)$$

где S – экстрагент (Эксол-А).

Процесс экстракции происходит следующим образом. Исходный ванадийсодержащий раствор из напорного бака через расходомер поступает на I-ю ступень экстракции, в противотоке к нему движется органическая фаза,

которая поступает из своего напорного бака через соответствующий расходомер на VI-ю ступень экстракции. Пройдя шесть ступеней экстракции, насыщенная органическая фаза поступает на промывку от титана на VI-ю ступень промывки, а рафинат с VI-ой ступени экстракции поступает в бак-сборник рафината.

2.4.5 Передел промывки экстракта от титана

В процессе экстракции, помимо ванадия, в органическую фазу переходит титан. Промывка от титана осуществляется раствором соляной кислоты до содержания титана в нем до (0,01÷0,02) г/дм^3.

Передел промывки состоит из напорного бака одного четырехъячеечного и одного двухъячеечного экстракторов. Процесс промывки происходит следующим образом. Промывной раствор из напорного бака через расходомер поступает на 1-ю ступень промывки и движется в противотоке к насыщенной органической фазе. Пройдя шесть ступеней промывки, отмытая от титана органическая фаза, поступает на VI-ю ступень реэкстракции, а промывной раствор с VI-ой ступени промывки, объединяясь с исходным раствором, поступает на экстракцию.

2.4.6 Передел реэкстракции ванадия

В качестве реэкстрагента используется раствор соляной кислоты. Полная реэкстракция ванадия из органической фазы происходит при плотности раствора реэкстрагента 1,02÷1,03 г/см3 в шесть ступеней в противотоке. При этом оксохлорванадиевая кислота разрушается и экстрагируемый комплекс распадается по реакции:

$$H_2VO_2Cl_3 \cdot S \cdot H_2O \cdot HCl = VO_2Cl + S + H_2O + 3HCl. \qquad (2.14)$$

Передел реэкстракции состоит из напорного бака одного четырехъячеечного и одного двухъячеечного экстракторов, баков органической фазы и реэкстракта.

Процесс реэкстракции происходит следующим образом. Реэкстрагент из напорного бака через расходомер подается на 1-ю ступень реэкстракции, двигаясь в противотоке к отмытой от титана органической фазе. Пройдя шесть ступеней реэкстракции, органическая фаза, отмытая от ванадия, с 1-ой ступени реэкстракции самотеком сливается в бак экстрагента и оттуда возвращается на экстракцию, а реэкстракт собирается в баке реэкстрагента и оттуда поступает на осаждение.

2.4.7 Осаждение метаванадата аммония (МВА) из реэкстракта с последующей фильтрацией

Осаждение МВА из реэкстракта достигается обработкой водным раствором аммиака. При этом протекают следующие реакции:

$$HCl + NH_4OH \rightarrow NH_4Cl + H_2O \quad (2.15)$$

$$VO_2Cl + NH_4OH \rightarrow VO_2(OH) + NH_4Cl \quad (2.16)$$

$$VO_2(OH) + NH_4OH \rightarrow VO_2(NH_3)OH + H_2O \quad (2.17)$$

$$VO_2(NH_3)OH \rightarrow NH_4VO_3 \quad (2.18)$$

Хлористый водород взаимодействует с аммиачной водой с образованием хлорида аммония, а ванадий образует гидраты, которые растворяются в избытке аммиака. Из перенасыщенных растворов при температуре (50÷80)°С и pH=7÷8 выпадает МВА.

Узел осаждения МВА состоит из реакторов, снабженных водяной рубашкой, и барботеров для подачи воздуха и пара, приемных танков аммиачной воды, промежуточного бака, нутч-фильтров, вакуум-насосов типа РМК-3, ловушек вакуумных, бака для переработки некондиционных продуктов, фильтр-пресса и баков аммиачных стоков.

Процесс осаждения МВА проводят следующим образом. В реактор осаждения заливают, аммиачную воду, туда же подают реэкстракт до достижения pH=7÷8. Открывают пар и нагревают реакционную смесь до (50÷80)°С. Процесс осаждения контролируют по переходу окраски раствора из желтой в бесцветную. После этого пар закрывают и подают воздух. Пульпу, охлажденную до (25÷50)°С, передают на нутч-фильтр, работающий в замкнутом цикле с вакуум-ловушкой. В качестве фильтрующего материала используется ткань типа «Бельтинг». МВА направляют на термическое разложение, сточные воды собирают в баке аммонийных стоков и вывозят в отстойник отвального хозяйства комбината.

Отходящие газы улавливаются местным отсосом и направляются на газоочистку цеха №9.

2.4.8 Передел термического разложения МВА до порошкового пентаоксида ванадия

Полученный метаванадат аммония, направляется на термическое разложение.

Процесс разложения МВА протекает по реакции:

$$2NH_4VO_3 \rightarrow V_2O_5 + 2NH_3 + H_2O \qquad (2.19)$$

Протекание процесса зависит от концентрации газообразных продуктов реакции в зоне разложения, скорости нагрева. При превышении температуры в печи выше заданной, происходит разогрев внутренней части гранул МВА и их оплавление, что приводит к загрязнению пентаоксида ванадия оксидом ванадия (IV), ионами хлора и аммония.

Для получения качественного пентаоксида ванадия необходимо соблюдать температурный режим.

Узел термического разложения МВА включает в себя вращающуюся электропечь, скруббер с баком для улавливания пыли.

МВА периодически загружают в печь. Проходя внутреннюю полость печи, МВА разлагается по реакции . На выходе из печи в реторте установлен классификатор, через который пентаоксид ванадия попадает в барабан, а надситовый продукт (окатыши, оплавыши) выгружаются в промежуточную емкость. Полученный пентаоксид ванадия анализируется на содержание примесей и направляется на участок расшихтовки. Окатыши доизмельчаются и подшихтовываются в готовую продукцию. Оплавыши направляются на повторную переработку. При получении пентаоксида ванадия с завышенным содержанием тетраоксида ванадия его подшихтовывают в МВА и загружают в печь повторно.

Газы, пыль из печей направляются в двухходовой скруббер, орошаемый водой или щелочным раствором. При накоплении твердых в баке скруббера,

(20÷30) см осадка, пульпа откачивается в бак переработки некондиционных продуктов.

Окончательное улавливание ванадийсодержащей пыли производится в 7-ом скруббере 4-ой газоочистки цеха №9. Скрубберные воды из 7-го скруббера, по мере накопления, передаются в бак переработки некондиционных продуктов.

Извлечение ванадия из некондиционных продуктов осуществляется по существующей технологии с применением хлористого аммония и маточника после фильтрации МВА.

2.4.9 Регенерация органической фазы

В процессе экстракции из-за насыщения органической фазы железом снижается ее активность. По этой причине органическая фаза подвергается регенерации. В реактор закачивается Эксол-А и вода, через барботер подается пар. Смесь нагревается до 60÷70°С. После этого пар закрывается и реактор находится на отстое не менее 1 суток. После этого водная фаза через бак-

уловитель органической фазы сливается в кислую канализацию, а регенерированная органическая фаза направляется на экстракцию.

3 Металлургические расчеты

3.1 Расчет материального баланса

Рациональный состав исходного сырья ПКО представлен в таблице 3.1

Таблица 3.1 - Рациональный состав ПКО

Вещ-ва/эл-ты	Ti	V	Al	Fe	Cl	O	Итого
$TiCl_4$	22,46	-	-	-	66,51	-	88,97
$TiCl_3$	1,6	-	-	-	3,55	-	5,15
$VOCl_2$	-	0,57	-	-	0,79	0,18	1,54
$AlCl_3$	-	-	0,82	-	3,23	-	4,05
$FeCl_3$	-	-	-	0,1	0,19	-	0,29
Итого	24,06	0,57	0,82	0,1	74,27	0,18	100

Были проведены расчеты материального баланса переработки пульпа кубовых остатков, переработки 1000 кг ПКО, получения пентаоксида ванадия, материальный баланс производства V2O5 на 1000 кг VOCl3.

Полные расчеты материального баланса приведены в приложении А.

3.2 Выбор и расчет основного и вспомогательного оборудования и теплового баланса

В разделе были выполнены расчеты бака-сборника предназначеного для приема и хранения бинарной смеси, дистилляционного куба, теплообменника, хлоратора, холодильника для охлаждения тетрахларида титана поступающего на орошение оросительных конденсаторов, соответственно и тепло которое необходимо снять и т.д.

Полный расчет основных и вспомогательных обрудований и тепловые балансы приведены в приложени Б.

4 Экономический расчет производства

В данном разделе была описана реализации технико-экономической составляющей проекта по разработке технологического процесса получения пентаоксида ванадия путем переработки пульпы кубового остатка.

Полный расчет экономического обоснования производства приведены в приложени В.

5 Безопасность и охрана труда проекта

5.1 Техника безопасности в отделении переработки пульпы кубовых остатков с получением пентаоксида ванадия

Охране труда на предприятиях цветной металлургии уделяется большое внимание. Ускоренное развитие современных технологий привело к повышению требований по обеспечению безопасности труда рабочих. Большое внимание стало уделяться не только техническим, но и организационным санитарно-гигиеническим и экологическим факторам.

В цеха имеются вредные вещества, которые влияют на здоровье работников. К ним относятся: пентаоксид ванадия (V2O5), хлористый водород, соляная кислота и ее растворы, окситрихлорид ванадия (VOCl3) , аммиачная вода, эксол-А, хлористый аммоний (NH_4CI). может представлять опасность при термическом разложении, так как при этом выделяются пары аммиака и хлористого водорода. При возникновении отравления этими веществами необходимо обратиться в медицинское учреждение.

Широкое использование электрического тока для самых разнообразных целей придает вопросам защиты от его воздействия на человеческий организм важное значение.

Общая или общеобменная вентиляция предназначена для обмена воздуха во всем помещении.

Для вентиляции подается не загрязненный воздух. В необходимых случаях подаваемый в помещение воздух подвергается нагреву или охлаждению, увлажнению или сушке, очистке от пыли.

Для создания благоприятных условий труда важное значение имеет рациональное освещение. Неудовлетворительное освещение затрудняет проведение работ, снижает производительность труда и может явиться причиной несчастных случаев и заболевание глаз.

Пожары на производстве представляют большую опасность для работающих и причиняют значительный материальный ущерб. Поэтому ведется исследовательская, практическая и организационная работа по предупреждению и тушению пожаров. Для уменьшения опасности возникновения и распространения пожаров большое значение имеет рациональное устройство цеха.

Полное описание мероприятий по безопасности и охране труда приведены в приложени Г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе разработан проект отделения переработки пульпы кубовых остатков с получением пентаоксида ванадия. Производительность отделения 140 тонн товарного пентаоксида ванадия в год. Дано обоснование технологической схемы процессов переработки пульпы кубовых остатков и получения пентаоксида ванадия, составлен материальный баланс процесса переработки.

Произведены выбор и расчет аппаратов отделения. Разработаны мероприятия по безопасности и охране труда.

В экономической части произведен расчет стоимости оборудования, капитальных затрат на строительство отделения, численности и годового фонда заработной платы рабочих и ИТР отделения, составлена калькуляция себестоимости товарного пентаоксида ванадия, рассчитана прибыль, рентабельность (193,9%) и срок окупаемости затрат (0,5 года).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Основы металлургии. Том четвертый. Редкие металлы / Н. С. Грейвер, Н. П. Сажин, И. А. Стригин и др. – М.: Металлургия, 1967. – 643с.

2 А. Н. Зеликман, Б. Г. Коршунов. Металлургия редких металлов. – М.: Металлургия, 1991. – 432 с.

3 Надольский Н. А. Расчеты процесса производства тугоплавких металлов. – М.: Металлургия, 1978. – 127 с.

4 Худайбергенов Т. Е. Титаномагниевое производство. – Алматы: ИПФ S&K, 1996. – 178 с.

5 А. с. 2080403 (Россия), C22B34/22. Способ извлечения ванадия из ванадийсодержащего сырья / Г. К Тарабарин, В. А. Бирюкова, Е. М. Рабинович и др. (Россия) № 95115249/02; Заяв. 05.09.1995; - Опубл. 27.05.1997 г.

6 А. с. 2112066 (Казахстан), C22B34/22, C01G31/02. Способ получения гранулированного чистого оксида ванадия / В. А. Козлов, Н. Д. Белоножко. (Казахстан) № 96114632/02; Заяв. 18.07.1996; - Опубл. 27.05.1998.

7 А. с. 2162113 (Россия), C22B34/22, C01G31/02. Способ извлечения ванадия / Г. К Тарабарин, В. А. Бирюкова, Е. М. Рабинович и др. (Россия) № 99121009/02; Заяв. 06.10.1999; - Опубл. 20.01.2001 г.

9 А. с. 2090640 (Россия), C22B34/22. Способ извлечения ванадия из шлаков / Г. К Тарабарин, В. А. Бирюкова, Е. М. Рабинович и др. (Россия) № 95118274/02; Заяв. 25.10.1995; - Опубл. 20.09.1997 г.

10 А. с. 2100463 (Казахстан), C22B34/22. Способ извлечения ванадия из ванадийкремнийсодержащих растворов / В. А. Козлов, Л. Х. Батракова, Т. И. Осташко и др. (Казахстан) № 5063106/02; Заяв. 25.09.1992; - Опубл. 27.12.1997 г.

11 А. с. 2080400 (Россия), C22B34/22, C22B3/02. Способ извлечения ванадия из ванадийсодержащих материалов и устройство для его осуществления / В. П. Борисенко, В. С. Волков, Н. Е. Мерзляков и др. (Россия) № 93025286/02; Заяв. 13.05.1993; - Опубл. 27.05.1997 г.

12 А. с. 2193072 (Россия), C22B34/22, C22B1/04, C22B7/00. Способ извлечения ванадия / Г. К Тарабарин, В. А. Бирюкова, Е. М. Рабинович и др. (Россия) № 2001132272/02; Заяв. 28.11.2001; - Опубл. 20.11.2002 г.

13 А. с. 2172789 (Россия), C22B34/22, C01G31/02, C22B3/12. Способ получения пентаоксида ванадия / Ю. П. Кудрявский, В. А. Колесников, Ю. Ф. Трапезников и др. (Россия) № 2000105029/02; Заяв. 29.02.2000; - Опубл. 27.08.2001 г.

14 А. с. 2178468 (Россия), C22B34/22, C01G31/02, C22B3/12. Способ получения пятиокиси ванадия / Ю. П. Кудрявский, В. В. Стрелков, Н. А. Шундиков и др. (Россия) № 2000105029/02; Заяв. 29.02.2000; - Опубл. 27.08.2001 г.

15 А. с. 2175990 (Россия), C22B34/22, C22B34/12, C22B3/44, C01G31/02. Способ получения пентаоксида ванадия / Ю. П. Кудрявский, В. А. Колесников,

Приложение А

А Расчет материального баланса

А.1 Расчет материального баланса переработки ПКО

Расчет ведем на 1000 кг ПКО. На переработку поступает: $TiCl_4$ 889,7 кг; $VOCl_2$ 15,4 кг; $TiCl_3$ 51,5 кг; $AlCl_3$ 40,5 кг; $FeCl_3$ 2,9 кг.

ПКО из расходных баков подается на упаривание в дистилляционном кубе №1 (ДК-1). Упаривание ПКО производят с целью сокращения объема перерабатываемой в хлораторе пульпы, при этом отделяют 30-45 % тетрахлорида титана. Принимаем, что упарка $TiCl_4$ из исходной ПКО составляет 40 %. Тогда после упаривания $TiCl_4$ в ПКО останется: 889,7 – 889,7*0,4 = 533,82 кг.

Упаренная пульпа поступает на переработку в хлоратор, где на первой стадии производится хлорирование низших хлоридов титана (НХТ) по реакций:

$$2TiCl_3 + Cl_2 = 2TiCl_4 \qquad (A.1)$$

Из этого уравнения определим количество образующегося $TiCl_4$ и количество необходимого для этого хлора:

$$\begin{array}{ccccc} 51{,}5 & & a & & b \\ 2TiCl_3 & + & Cl_2 & = & 2TiCl_4 \\ 308{,}46 & & 70{,}9 & & 379{,}36 \end{array}$$

a = 11,84 кг; b = 63,34 кг, т. е. $TiCl_4$ образуется 63,34 кг, для этого требуется 11,84 кг хлора.

Твердые примеси пульпы ($VOCl_2$, $AlCl_3$, $FeCl_3$), вступая во взаимодействие с хлоридами щелочных металлов расплава (отработанный электролит магниевых ванн), образуют малолетучие, легкоплавкие соединения и остаются в расплаве. При этом происходит насыщение расплава соединениями ванадия по реакциям:

$$VOCl_2 + K(Na)Cl = K(Na)VOCl_3 \qquad (A.2)$$

$$AlCl_3 + K(Na)Cl = K(Na)AlCl_4 \qquad (A.3)$$

$$FeCl_3 + K(Na)Cl = K(Na)FeCl_4 \qquad (A.4)$$

Из этих реакции определим количество отработанного электролита, необходимое для связывания твердых частиц в расплаве:

$$\begin{array}{ccc} 15{,}4 & & a \\ VOCl_2 + K(Na)Cl & = & K(Na)VOCl_3 \end{array}$$

137,84 74,54

a = 8,33 кг. Так как, калия в отработанном электролите содержится 76 % [10], общее количество электролита найдем из пропорции:

8,33 кг – 76 %
x кг – 100 %

x = 10,96 кг, т. е. для связывания 15,4 кг $VOCl_2$ требуется 10,96 кг электролита. Аналогично определяем количество электролита, необходимое для связывания $AlCl_3$ и $FeCl_3$. Получается 29,79 кг и 1,75 кг соответственно. Тогда расход отработанного электролита на 1000 кг ПКО составит 42,5 кг, что согласуется с данными приведенными в [1].

На второй стадии переработки ПКО производят глубокое хлорирование обогащенного соединениями ванадия расплава. При этом протекает следующая основная реакция:

$$2VOCl_2 + Cl_2 = 2VOCl_3 \qquad (A.5)$$

По этой реакции определим расход хлора и количество образующегося $VOCl_3$:

15,4 a b
$2VOCl_2 + Cl_2 = 2VOCl_3$
275,68 70,9 346,58

a = 3,96 кг; b = 19,36 кг. Результаты расчетов материального баланса приведены в таблице А.1.

Таблица А.1 - Материальный баланс переработки на 1000 кг ПКО

Загружено	Получено
Упаривание исходной ПКО в ДК-1	
Исходная ПКО 1000 кг, в том числе: $TiCl_4$ 889,7 кг $VOCl_2$ 15,4 кг $TiCl_3$ 51,5 кг $AlCl_3$ 40,5 кг $FeCl_3$ 2,9 кг	$TiCl_4$ возвратный 355,88 кг Упаренная пульпа 644,12 кг, в том числе: $TiCl_4$ 533,82 кг $VOCl_2$ 15,4 кг $TiCl_3$ 51,5 кг $AlCl_3$ 40,5 кг $FeCl_3$ 2,9 кг Итого: 1000 кг.

Продолжение таблицы А.1

Хлорирование НХТ	
Упаренная пульпа 644,12 кг, в том числе: $TiCl_4$ 533,82 кг $VOCl_2$ 15,4 кг $TiCl_3$ 51,5 кг $AlCl_3$ 40,5 кг $FeCl_3$ 2,9 кг	$TiCl_4$ возвратный 597,16 кг, в том числе: $TiCl_4$ упаренный 533,82 кг $TiCl_4$ от хлорирования НХТ 63,34 кг Обогащенный расплав 101,3 кг, в том числе: $VOCl_2$ 15,4 кг $AlCl_3$ 40,5 кг
Хлор 11,84 кг ОЭМЭ 42,5 кг Итого: 698,46 кг	$FeCl_3$ 2,9 кг ОЭМЭ 42,5 кг Итого: 698,46 кг
Отгонка $VOCl_3$	
Обогащенный расплав 101,3 кг, в том числе: $VOCl_2$ 15,4 кг $AlCl_3$ 40,5 кг $FeCl_3$ 2,9 кг ОЭМЭ 42,5 кг Хлор 3,96 кг Итого: 105,26 кг	$VOCl_3$ 19,36 кг ОРВХ 85,9 кг Итого: 105,26 кг

А.2 Расчет материального баланса получения пентаоксида ванадия

Расчет ведем на 1000 кг $VOCl_3$. Исходный ванадийсодержащий раствор получают растворением технического оксотрихлорида в солянокислом растворе (120÷130) г/дм^3 или растворе, приготовленном с использованием рафинатов экстракционного передела. Процесс растворения протекает со значительным выделением тепла по реакции:

$$VOCl_3 + H_2O = VO_2Cl + 2HCl \qquad (A.6)$$

Определим количество воды, необходимое для растворения 1000 кг $VOCl_3$:

$$\begin{array}{ccccccc} 1000 & & a & & b & & c \\ VOCl_3 & + & H_2O & = & VO_2Cl & + & 2HCl \\ 173{,}29 & & 18 & & 118{,}39 & & 72{,}9 \end{array}$$

Отсюда: a = 103,87 кг, b = 683,19 кг, c = 420,68 кг.

Продолжение приложения А

С повышением концентрации соляной кислоты до 160 г/дм^3 образуется оксохлорванадиевая кислота:

$$\begin{array}{ccccc} 683{,}19 & 420{,}68 & & a & \\ VO_2Cl & + 2HCl & = & H_2VO_2Cl_3 & \\ 118{,}39 & 72{,}9 & & 191{,}29 & \end{array}$$

Отсюда: a = 1103,87 кг.

Полученный ванадийсодержащий раствор направляется на экстракцию. В качестве экстрагента применяется эксол-А. Полнота извлечения ванадия из исходного раствора в органическую фазу достигается за шесть противоточных ступеней экстракции. Процесс экстракции можно представить следующим уравнением:

$$H_2VO_2Cl_3 + S + H_2O + HCl \longrightarrow H_2VO_2Cl_3{\cdot}S{\cdot}H_2O{\cdot}HCl \qquad (A.7)$$

где S – экстрагент (Эксол-А).

Определим необходимое количество реагентов и продуктов реакций:

$$\begin{array}{ccccccccc} 1103{,}87 & & a & & b & & c & & d \\ H_2VO_2Cl_3 & + & S & + & H_2O & + & HCl & \longrightarrow & H_2VO_2Cl_3{\cdot}S{\cdot}H_2O{\cdot}HCl \\ 191{,}29 & & 274{,}5 & & 18 & & 36{,}45 & & \end{array}$$

Отсюда: a = 1584,05 кг; b = 103,87 кг; c = 210,34 кг; d = 3002,13 кг.

Затем экстракт направляется на передел реэкстракций. В качестве реэкстрагента используется раствор соляной кислоты. Полная реэкстракция ванадия из органической фазы происходит при плотности раствора реэкстрагента 1,02÷1,03 г/см^3 в шесть ступеней в противотоке. При этом оксохлорванадиевая кислота разрушается и экстрагируемый комплекс распадается по реакции:

$$H_2VO_2Cl_3{\cdot}S{\cdot}H_2O{\cdot}HCl = VO_2Cl + S + H_2O + 3HCl \qquad (A.8)$$

Произведем расчеты:

$$\begin{array}{ccccccccc} 3002{,}13 & & & & a & & b & c & d \\ H_2VO_2Cl_3{\times}S{\times}H_2O{\times}HCl & = & VO_2Cl & + & S & + & H_2O & + & 3HCl \\ 520{,}24 & & 118{,}39 & & 274{,}5 & & 18 & & 109{,}35 \end{array}$$

Отсюда: a = 683,19 кг; b = 1584,05 кг; c = 103,87 кг; d = 631,02 кг.

Продолжение приложения А

Осаждение метаванадата аммония (МВА) из реэкстракта достигается обработкой водным раствором аммиака. При этом протекают следующие реакции:

$$HCl + NH_4OH = NH_4Cl + H_2O \quad (A.9)$$

$$VO_2Cl + NH_4OH = VO_2(OH) + NH_4Cl \quad (A.10)$$

$$VO_2(OH) + NH_4OH = VO_2(NH_3)OH + H_2O \quad (A.11)$$

$$VO_2(NH_3)OH = NH_4VO_3 \quad (A.12)$$

Хлористый водород взаимодействует с аммиачной водой с образованием хлорида аммония, а ванадий образует гидраты, которые растворяются в избытке аммиака. Из перенасыщенных растворов при температуре (50÷80)°С и pH=7÷8 выпадает МВА.

$$\begin{array}{ccccccc} 613{,}71 & & a & & b & & c \\ HCl & + & NH_4OH & = & NH_4Cl & + & H_2O \\ 36{,}45 & & 35 & & 53{,}45 & & 18 \end{array}$$

Отсюда: a = 589,3 кг; b = 899,94 кг; c = 303,07 кг.

$$\begin{array}{ccccccc} 683{,}19 & & a & & b & & c \\ VO_2Cl & + & NH_4OH & = & VO_2(OH) & + & NH_4Cl \\ 118{,}39 & & 35 & & 99{,}94 & & 53{,}45 \end{array}$$

Отсюда: a = 201,97 кг; b = 576,72 кг; c = 308,44 кг.

$$\begin{array}{ccccccc} 576{,}72 & & a & & b & & c \\ VO_2(OH) & + & NH_4OH & = & NH_4VO_3 & + & H_2O \\ 99{,}94 & & 35 & & 116{,}94 & & 18 \end{array}$$

Отсюда: a = 201,97 кг; b = 674,82 кг; c = 103,87 кг. Необходимое количество аммиачной воды для проведения осаждения МВА: 589,3 + 201,97 + 201,97 = 993,24 кг.

Полученный метаванадат аммония направляется на термическое разложение.

Процесс разложения МВА протекает по реакции:

$$2NH_4VO_3 \longrightarrow V_2O_5 + 2NH_3 + H_2O \quad (A.13)$$

Продолжение приложения А

Протекание процесса зависит от концентрации газообразных продуктов реакции в зоне разложения, скорости нагрева. При превышении температуры в печи выше заданной, происходит разогрев внутренней части гранул МВА и их оплавление, что приводит к загрязнению пентаоксида ванадия оксидом ванадия (IV), ионами хлора и аммония.

Для получения качественного пентаоксида ванадия необходимо соблюдать температурный режим.

$$\begin{array}{ccccccc} 674{,}82 & & a & & b & & c \\ 2NH_4VO_3 & \longrightarrow & V_2O_5 & + & 2NH_3 & + & H_2O \\ 233{,}88 & & 181{,}88 & & 34 & & 18 \end{array}$$

Отсюда: a = 524,78 кг; b = 98,1 кг; c = 51,94 кг. Результаты расчетов материального баланса приведены в таблице 3.3.

Таблица А.2 - Материальный баланс производства V_2O_5 на 1000 кг $VOCl_3$

Загружено	Получено
Получение исходного ванадийсодержащего раствора	
$VOCl_3$ 1000 кг H_2O 103,87 кг Итого: 1103,87 кг	$H_2VO_2Cl_3$ 1103,87 кг
Экстракция	
$H_2VO_2Cl_3$ 1103,87 кг Экстрагент 1584,05 кг H_2O 103,87 кг HCl 210,34 кг Итого: 3002,34 кг	$H_2VO_2Cl_3 \times S \times H_2O \times HCl$ 3002,13 кг
Реэкстракция	
$H_2VO_2Cl_3 \times S \times H_2O \times HCl$ 3002,13 кг	VO_2Cl 683,19 кг S 1584,05 кг H_2O 103,87 кг HCl 631,02 кг Итого: 3002,13 кг

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.2

Осаждение МВА	
HCl 613,71кг NH_4OH 993,24 кг VO_2Cl 683,19 кг Итого: 2290,14 кг	NH_4Cl 1208,38 кг H_2O 406,94 кг NH_4VO_3 674,82 кг Итого: 2290,14 кг
Термическое разложение МВА	
NH_4VO_3 674,82 кг	V_2O_5 524,78 кг NH_3 98,1 кг H_2O 51,94 кг Итого: 674,82 кг

Приложение Б

Б Выбор и расчет основного и вспомогательного оборудования и теплового баланса

Б.1 Бак –сборник

Бак предназначается для приема и хранения кубовых остатков. Количество пульпы – 45,0 т/сутки или 26,4 м^3/сутки. Принимается запас хранения пульпы 24 часа. Необходимая емкость при этом составит:

$$\frac{26,4}{0,9} = 29,4 \text{ м}^3$$

где 0,9- коэффициент заполнения.

Устанавливаются три бака емкостью 10 м^3 каждый.

Б.2 Дистилляционный куб

На упарку поступает – 45,0 т/сутки пульпы кубовых остатков. Для расчета принимаем:

- температуру испарения $TiCl_4$= 140^{0}С
- время испарения – 19 часов.

Для расчета необходимой мощности дистилляционного куба производим расчет теплового баланса.

1. Тепло, необходимое на нагрев пульпы до t =140^{0}С

$$\frac{45000}{19} \cdot 0,19(140 - 20) = 54000 \text{ ккал/час}$$

где 0,19 ккал/кг^{0}С – теплоемкость пульпы.

2. Тепло, необходимое на испарение

$$\frac{23680}{19} \cdot 47 = 58600 \text{ ккал/час}$$

где 23680 кг- количество испаренного

47 ккал/кг – теплота испарения

Общее количество необходимого тепла составит:

54000+58600=112600 ккал/час.

Количество теплопотерь в окружающую среду принимаем равным 20%. Итого: 135120 ккал/час.

Мощность, необходимая составит:

$$\frac{135120}{860} = 182 \text{ квт}$$

К установке принимаются 2 дистилляционных куба мощностью 400 квт (в том числе один резервный).

Б.3 Теплообменник

Для конденсаци испаренного $TiCl_4$ необходимо отобрать:
Тепло конденсации $TiCl_4$

$$\frac{23680}{19} \cdot 47 = 58600 \text{ ккал/час}$$

Тепло охлаждения сконденсированного $TiCl_4$ от t =140^{0}C до t =30^{0}C

$$\frac{23680}{19} \cdot 0{,}19(140 - 30) = 26000 \text{ккал/час}$$

Общее количество тепла составит: 84600 ккал/час.
Поверхность теплообмена:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t} \qquad (Б.1)$$

где K - коэффициент теплопередачи = $120 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2\text{час}^0\text{C}}$
Δt- средняя логарифмическая разность температур

$$\Delta t = \frac{t_1 - t_2}{2{,}3\ lg \frac{t_1}{t_2}} \qquad (Б.2)$$

140-30 – температуры сконденсированного $TiCl_4$

$\frac{30-25}{110-5}$ - температуры воды

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{110-5}{2{,}3\ lg\ \frac{110}{5}} = \frac{105}{2{,}3\ lg\ 22{,}0} = \frac{105}{2{,}3 \cdot 1{,}342} = 34^0\text{C}$$

$$F = \frac{84600}{120 \cdot 34} = 20{,}8\ \text{м}^2$$

К установке принимается теплообменник поверхностью 31 м^2.

Расход воды на охлаждение

$$\frac{84000}{1000 \cdot 5} = 17\ \text{м}^3/\text{час}$$

Б.4 Хлоратор

На хлорирование поступает – 21,25 т/сутки пульпы. Применяем хлоратор производительностью 20 т/сутки по исходной пульпе. Годовой фонд рабочего времени хлоратора – 300 дней.

Требуется хлораторов:

$$\frac{21{,}25 \cdot 365}{20 \cdot 300} = 1{,}3\ \text{шт.}$$

Принимаем к установке 2 хлоратора.

При работе на полный объем переработки ванадийсодержащих отходов, загрузка хлораторов составит ~85%.

Б.5 Конденсация четыреххлористого титана

На конденсацию поступает парогазовая смесь в количестве 23865,061 кг/сутки в течение 19 часов при t = 220^{0}С. Согласно технологической схеме парогазовая смесь проходит последовательно два оросительных конденсатора; в первом парогазовая смесь охлаждается до t = 50^{0}С, во втором до t = -5^{0}С.

Расчет 1-й ступени конденсации

Количество парогазовой смеси

Продолжение приложения Б

$$\frac{23865{,}061}{19} = 1256{,}0 \text{ кг/час}$$

Теплоемкость парогазовой смеси 0,208 ккал/кг^{0}С
Теплота конденсации $TiCl_4$ -45,286 ккал/кг.
Скрытая теплота испарения твердых – 70 ккал/кг.
Теплота конденсации $VOCl_3$ – 46,16 ккал/кг.

Таблица Б.1 - Состав парогазовой смеси

$TiCl_4$	17971,794	945,88	111,6 нм^3/час
$VOCl_3$	36,279	1,91	0,25 -"-
Твердые	46,11	2,43	0,408 -"-
CO	5,99	0,315	0,252 -"-
CO_2	29,953	1,576	0,802 -"-
N_2	4714,6	248,136	198,51
Cl_2	11,98	0,63	0,39
HCl	89,859	4,72	2,896
O_2	958,496	50,44	35,308
Итого:	23865,061 кг/ час	1256,0 кг/час	350,416 нм^3/час

При температуре отходящих газов 50^{0}С упругость паров $TiCl_4$ составит – 43 мм.рт.ст., следовательно, на объем газов приходится давление:

760-43=716 мм.рт.ст.

Количество тетрахлорида титана в отходящих газах после 1-го оросительного конденсатора

$$\frac{43 \cdot 350{,}416}{716} = 21{,}044 \text{ нм}^3\text{/час}$$

или по весу:

$$\frac{190 \cdot 21{,}044}{22{,}4} = 178{,}498 \text{ кг/час}$$

В первом оросительном конденсаторе сконденсируется четыреххлористого титана:

945,88-178,498=767,382 кг/час.

Продолжение приложения Б

Тепло, которое необходимо снять в конденсаторе:

-тепло осаждения газов:

$$1256 \cdot 0{,}208(220 - 50) = 44412{,}16 \text{ ккал/час}$$

-тепло конденсации тетрахлорида титана

$$767{,}382 \cdot 45{,}282 = 34748{,}592 \text{ ккал/час}$$

-тепло конденсации хлорикиси ванадия

$$1{,}91 \cdot 46{,}16 = 88{,}16 \text{ ккал/час}$$

-тепло конденсации твердых

$$2{,}43 \cdot 70 = 170{,}1 \text{ ккал/час}$$

Итого: 79419,012 ккал/час.

На орошение подается тетрахлорид титана в количестве 90 $м^3$/час (153,0 т/час) при t=40^0C, а из конденсатора уходит с температурой:

$$153000 \cdot 0{,}19 \cdot 40 + 79419{,}012 = 153771{,}962$$

$$t = \frac{153000 \cdot 0{,}19 \cdot 40 + 79419{,}012}{153771{,}692 \cdot 0{,}19} = 42{,}51^0\text{C}$$

Расчет 2-ой ступени конденсации.

Во 2-ом оросительном конденсаторе снимается следующее количество тепла:

-тепло охлаждения газов

$$1256 \cdot 0{,}208 \cdot [50 - (-5{,}0)] = 14368{,}64 \text{ ккал/час}$$

-и тепло конденсации $TiCl_4$

При температуре отходящих газов - 5^0C, упругость паров $TiCl_4$ - 2,1 мм.рт.ст. Количество $TiCl_4$ после конденсации в газе составит:

$$\frac{2{,}1 \cdot 350{,}416}{760 - 2{,}1} = 0{,}971 \text{ нм}^3\text{/час}$$

или по весу:

$$\frac{190 \cdot 0{,}971}{22{,}4} = 8{,}236 \text{ кг/час}$$

Во втором оросительном конденсаторе конденсируется четыреххлористого титана:

178,498-8,236=170,262 кг/час.

Тепло конденсации тетрахлорида титана

$$170{,}262 \cdot 45{,}282 = 7709{,}84$$

Всего: 22078,443 ккал/час.

На орошение подается тетрахлорид титана в количестве 90 м^3/час (153,0 т/час) при t= -10^{0}С, а из конденсатора уходит с температурой:

$$153000 \cdot 0{,}19(-10) + 22078{,}443 = 153170{,}262 \cdot 0{,}19\, t$$

$$t = \frac{153000 \cdot 0{,}19 \cdot 10 + 22078{,}443}{153170{,}262 \cdot 0{,}19} = \frac{-268621{,}557}{29102{,}35} = -9{,}23^0\text{C}.$$

Б.6 Расчет оросительного конденсатора

Из условия меньшего каплеуноса принимаем скорость газов внутри конденсатора 0,5 м/сек по последнему стояку конденсатора.

Таблица Б.2 - Количество газов на выходе из конденсатора

$TiCl_4$	178,498	21,044
CO	0,315	0,252
CO_2	1,576	0,802
N_2	248,136	198,51
Cl_2	0,63	0,39
HCl	4,72	2,896
O_2	50,44	35,308
Итого:	484,315 кг/час	259,202 нм^3/час

Продолжение приложения Б

Сечение конденсатора должно быть:

$$\frac{259{,}202}{3600 \cdot 05} = 0{,}144 \text{ м}^2$$

Диаметр стояка:

$$d = \sqrt{\frac{0{,}144}{0{,}785}} = \sqrt{0{,}1834} = 0{,}428 \text{ м}$$

К установке принимаются оросительные конденсаторы с диаметром стояк 600 мм в количестве 4 штуки, в т.ч. два из них резервные.

Плотность орошения, ихсдоя из производительности установленных насосов 90 $м^3$/час, получается равной:

$$\frac{90 \text{ м}^{\ 3}}{0{,}282 \text{ м}^2 \cdot \text{час}} = 160 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{час}$$

где 0,282 $м^2$- сечение одного стояка оросительного конденсатора 2-количество стояков.

Охлаждение тетрахлорида титана, поступающего на орошение оросительных конденсаторов

Тетрахлорид титана, поступающий на орошение конденсатора первой ступени охлаждается водой с начальной температурой 25^0С, тетрахлорид титана, поступающий на орошение конденсатора второй ступени, охлаждается рассолом с начальной температурой минус 17^0С.

Б.7 Холодильник

Количество тепла, которое необходимо отнять у тетрахлорида титана:

$$153000 \cdot 0{,}19(42{,}51 - 40) = 72965{,}7 \frac{\text{ккал}}{\text{час}}.$$

Для расчета принимаем коэффициент теплопередачи равный 160 ккал/$м^2$ час^{0}С.

Средняя разность температур:

-$TiCl_4$ 42,51-40

Продолжение приложения Б

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{15 - 12{,}51}{2{,}3\ lg\dfrac{15}{12{,}51}} = \frac{2{,}49}{2{,}3\ lg 1{,}19} = \frac{2{,}49}{2{,}3 \cdot 0{,}0755} = 14{,}339^0\text{C}$$

-Вода $\frac{30-25}{12{,}51^0\text{C} \cdot 15^0\text{C}}$

Поверхность теплопередачи:

$$F = \frac{72965{,}7}{160 \cdot 14{,}339} = 31{,}8\ \text{м}^2$$

К установке принимаются холодильники типа "Труба в трубе" поверхностью 35 м^2, охлаждаемые водой в количестве 2 штук, в т.ч. один из них резервный.

Расход воды:

$$\frac{79965{,}7}{5 \cdot 1000} = 15{,}9\ \text{м}^3/\text{час}$$

б) Холодильник

Количество тепла, которое необходимо отнять у тетрахлорида титана:

$$153000 \cdot 0{,}19[(-9{,}23 - (-10)] = 22383{,}9\text{ккал/час}$$

Коэффициент теплопередачи – 160 ккал/м^{2}час^{0}С.

Средняя разность температур

-$TiCl_4$	- 10	-9,23
-Рассол	- 17	-16,0
	+7^{0}С	16,77^{0}С

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{7 + 6{,}77}{2} = 6{,}885^0\text{C}$$

Поверхность теплопередачи:

$$F = \frac{22383{,}9}{160 \cdot 6{,}885} = 20{,}31\ \text{м}^2$$

Продолжение приложения Б

К установке принимаются холодильники типа "труба в трубе" поверхностью 35 м^2, охлаждаемые рассолом в количестве 2 штуки, в том числе один резервный.

Расход рассола:

$$\frac{22383{,}9}{1 \cdot 1000} = 23 \text{ м}^3/\text{час}$$

Конденсация смеси $TiCl_4$ – $VOCl_3$

На конденсацию поступает парогазовая смесь в количестве 3105,411 кг/сутки в течение 4-х часов при t=620^{0}С.

Согласно технологической схеме парогазовая смесь проходит последовательно два конденсатора; в первом парогазовая смесь охлаждается до t=50^{0}С, во втором до t=-5^{0}С.

а) Расчет 1-й ступени конденсации

Количество парогазовой смеси:

$$\frac{3105{,}411}{4} = 776{,}352 \text{ кг/час}$$

Теплоемкость парогазовой смеси $\sim 0{,}208 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}^0\text{C}}$

Теплота конденсации $TiCl_4$ - 45,286 ккал/кг

Скрытая теплота испарения твердых - 70 ккал/кг

Теплота конденсации $VOCl_3$ - 46,16 ккал/кг.

Таблица Б.3 - Состав парогазовой смеси

$TiCl_4$	1622,691	405,673	47,85
$VOCl_3$	814,086	203,521	26,276
Твердые	5,56	1,39	0,233
Cl_2	14,62	3,65	1,15
HCl	21,93	5,48	3,36
CO_2	29,24	7,31	3,72
N_2	476,66	119,165	95,328
CO	3,65	0,912	0,729
O_2	116,9736	29,243	20,47
Итого:	3105,411 кг/сутки	776,339 кг/час	199,116 нм^3/час

Продолжение приложения Б

При температуре отходящих газов 50^0C упругость паров $TiCl_4$ составит – 43 мм.рт.ст., следовательно, на объем газов приходится давление 760-43=716 мм.рт.ст.

Количество тетрахлорида титана в отходящих газах после 1-го оросительного конденсатора:

$$\frac{43 \cdot 199{,}116}{716} = 11{,}958 \text{ нм}^3/\text{час}$$

или по весу:

$$\frac{190 \cdot 11{,}958}{22{,}4} = 101{,}43 \text{ кг/час}$$

В первом оросительном конденсаторе сконденсируется четыреххлористого титана:

$$405{,}673 - 101{,}43 = 304{,}243 \text{ кг/час}$$

Упругость паров $VOCl_3$ при t= 50^0C составит – 74,7 мм.рт.ст., следовательно, на объем газов приходится давление

$$700 - 74{,}7 = 685{,}3 \text{ мм. рт. ст.}$$

Количество хлорокиси ванадия в отходящих газах после 1-го оросительного конденсатора:

$$\frac{74{,}7 \cdot 199{,}116}{685{,}3} = 21{,}7 \text{ нм}^3/\text{час}$$

или по весу:

$$\frac{21{,}7 \cdot 173{,}5}{22{,}4} = 168{,}11 \text{ кг/час}$$

В первом оросительном конденсаторе сконденсируется хлорокиси ванадия

$$203{,}521 - 168{,}11 = 35{,}41 \text{ кг/час}$$

Продолжение приложения Б

Тепло, которое необходимо снять в конденсаторе:
тепло охлаждения газов:

$$776{,}339 \cdot 0{,}208(620 - 50) = 92042{,}75 \text{ ккал/час}$$

Тепло конденсации тетрахлорида титана

$$304{,}243 \cdot 45{,}82 = 13940{,}41 \text{ ккал/час}$$

Тепло конденсации хлорокиси ванадия

$$35{,}41 \cdot 46{,}16 = 1634{,}5256 \text{ ккал/час}$$

Итого: 107617,6856 ккал/час.

На орошение подается смесь тетрахлорида титана и хлорокиси ванадия в количестве 90 $м^3$/час (153,0 т/час) при t=40^{0}C, а из конденсатора уходит с температурой:

$$153000 \cdot 019 \cdot 40 + 107617{,}6856 = 153339{,}653 \cdot 0{,}19$$
$$= \frac{153000 \cdot 0{,}19 \cdot 40 + 107617{,}6856}{153339{,}653 \cdot 0{,}19} = 43{,}6^0\text{C}$$

б) Расчет 2-й ступени конденсации

При температуре отходящих газов – 5^{0}C, упругость $TiCl_4$ составляет 2,1 мм.рт.ст.

Количество $TiCl_4$ в газе после конденсации составит:

$$\frac{2{,}1 \cdot 199{,}116}{760 - 2{,}1} = 0{,}552 \text{ нм}^3\text{/час}$$

или по весу:

$$\frac{190 \cdot 0{,}552}{22{,}4} = 4{,}682 \text{ кг/час}$$

Во 2-ом оросительном конденсаторе конденсируется четыреххлористого титана:

$$101{,}43 - 4{,}682 = 96{,}748 \text{ кг/час.}$$

Продолжение приложения Б

Упругость паров $VOCl_3$ при t= -5^{0}C -20 мм.рт.ст., следовательно количество $VOCl_3$ в газе после конденсации составит:

$$\frac{20 \cdot 199{,}116}{760 - 20} = 5{,}38 \text{ нм}^3/\text{час}$$

или по весу:

$$\frac{5{,}38 \cdot 173{,}5}{22{,}4} = 41{,}682 \text{ кг/час}$$

Во 2-ом оросительном конденсаторе сконденсируется хлорокиси ванадия в количестве 168,11-41,682=126,428 кг/час.

Тепло, которое необходимо снять в конденсаторе:

-Тепло охлаждения газов:

$$436{,}686 \cdot 0{,}208[50 - (-5)] = 4995{,}69 \text{ ккал/час}$$

-Тепло конденсации

$$96{,}748 \cdot 45{,}82 = 4432{,}993 \text{ ккал/час}$$

-Тепло конденсации хлорокиси ванадия

$$126{,}428 \cdot 46{,}16 = 5835{,}916 \text{ ккал/час}$$

Итого: 15264,599 ккал/час.

На орошение подается бинарная смесь ($TiCl_4$ - $VOCl_3$) в количестве 90 м^3/час (153,0 т/час) при t= -10^{0}C, а из конденсатора уходит с температурой:

$$153000 \cdot 0{,}19(-10) + 15264{,}599 = 153223{,}176 \cdot 0{,}19$$

$$t = \frac{153000 \cdot 0{,}19 \cdot 10 + 15264{,}599}{153223{,}176 \cdot 0{,}19} = -9{,}46^0\text{C}$$

Б.8 Расчет оросительного конденсатора

Из условия меньшего каплеуноса принимается скорость газов внутри конденсатора – 0,5 м/сек по последнему стояку конденсатора.

Продолжение приложения Б

Таблица Б.4 - Количество газов на выходе из конденсатора

$TiCl_4$	101,43	11,958
$VOCl_3$	168,11	21,7
CO	0,912	0,729
Cl_2	3,65	1,15
CO_2	7,31	3,72
N_2	119,65	95,328
HCl	5,48	3,36
O_2	29,243	20,47
Итого:	435,3 кг/час	158,415 нм^3/час

Сечение конденсатора должно быть:

$$\frac{158{,}415}{3600 \cdot 0{,}5} = 0{,}088 \text{ м}^2$$

Диаметр стояка:

$$d = \sqrt{\frac{0{,}088}{0{,}785}} = 0{,}334 \text{ м}$$

К установке принимаем оросительный конденсатор с диаметром стояка 600 мм. Плотность орошения – 160 м^3/м^{2}час, исходя из производительности установленных насосов.

Охлаждение бинарной смеси, поступающей на орошение оросительных конденсаторов

Бинарная смесь $TiCl_4$ - $VOCl_3$ поступающая на орошение конденсаторов первой ступени охлаждается водой с начальной температурой 25^{0}С, поступающей на орошение конденсатора второй ступени охлаждается рассолом с начальной температурой минус 17^{0}С.

Б.9 Холодильник

Количество тепла, которое необходимо отнять у бинарной смеси - $TiCl_4$ - $VOCl_3$ составляет:

$$153000 \cdot 0{,}19\ (43{,}6 - 40) = 104652{,}0 \text{ ккал/час}$$

Продолжение приложения Б

Для расчета принимаем коэффициент теплопередачи = 200 ккал/м^{2}час^{0}С.
Средняя разность температур:

-Смесь	43,6	40
-Вода	30,0	25
	13,6^{0}С	15^{0}С

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{15 - 13{,}6}{2{,}3\ \ lg\dfrac{15}{13{,}6}} = \frac{1{,}4}{2{,}3\ \ lg1{,}1} = \frac{1{,}4}{2{,}3 \cdot 0{,}0414} = 14{,}9^0\text{C}$$

Поверхность теплопередачи будет:

$$\frac{104652}{200 \cdot 14{,}9} = 35\ \text{м}^2$$

К установке принимаем холодильник типа "труба в трубе", поверхностью 35 м^2, охлаждаемый водой.

Расход воды:

$$\frac{104652}{5 \cdot 1000} = 21{,}0\ \text{м}^3/\text{час}$$

б) Холодильник

Количество тепла, которое необходимо отнять у бинарной смеси.

$$153000 \cdot 0{,}19[-9{,}46 - (-10)] = 15697{,}8\ \text{ккал/час}$$

Коэффициент теплопередачи принимается равным $120\ \text{ккал/м}^2 \cdot \text{час}^0\text{C}$

Средняя разность температур:

Смесь	-10	-9,46
Рассол	-17	-16
	+7^{0}С	+6,77^{0}С

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{7 - 6{,}77}{2{,}3\ \ lg\dfrac{7}{6{,}77}} = \frac{0{,}23}{2{,}3\ \ lg1{,}04} = \frac{0{,}23}{2{,}3 \cdot 0{,}017} = 5{,}8^0\text{C}$$

Поверхность теплопередачи:

$$F = \frac{1567{,}8}{120 \cdot 5{,}8} = 23\ \text{м}^2$$

К установке принимается холодильник типа "труба в трубе" поверхностью 35 м^2, охлаждаемый рассолом.

Расход рассола:

$$\frac{15697{,}8}{1 \cdot 1000} = 15{,}69\ \text{м}^3/\text{час}\ = 16\ \text{м}^3/\text{час}$$

Б.10 Бак-сборник

Баки предназначаются для хранения сконденсированного тетрахлорида титана.

Количество $TiCl_4$ составляет:

$$23{,}68\ \text{т/сутки} + 17{,}874\ \text{т/сутки}\ = 41{,}554\ \text{т/сутки}$$

или

$$24{,}114\ \text{м}^3/\text{сутки}$$

Принимаем запас хранения – 12 часов.

Необходимая емкость при этом составит:

$$\frac{24{,}114 \cdot 12}{0{,}9 \cdot 24} = 13{,}4\ \text{м}^3$$

где 0,9- коэффициент заполнения.

Принимается к установке два бака емкостью 8 м^3 каждый.

Б.11 Бак-сборник

Бак предназначен для приема и хранения бинарной смеси ($TiCl_4$ - $VOCl_3$) в количестве 2373,438 кг/сутки или 1,3643 м^3/сутки.

Принимаем запас хранения – 24 часа.

Необходимая емкость при этом составит:

$$\frac{1{,}3643}{0{,}9} = 1{,}52\ \text{м}^3$$

Устанавливается 1 бак емкостью 2 м^3.

Продолжение приложения Б

Б.12 Испаритель

На испарение поступает смесь ($TiCl_4$ - $VOCl_3$) в количестве 2,373 т/сутки – 1,364 м^3/сутки.

Смесь необходимо нагреть до температуры кипения и испарить.

Тепло, которое необходимо для нагрева смеси и испарения, составляет:

$$\frac{2373{,}438}{4\ \text{часа}} \cdot 0{,}19(136-30) + \frac{2373{,}438}{4} \cdot 47 = 11950{,}26 + 27887{,}896 = 39838{,}156\ \text{ккал/час}$$

Теплопотери в окружающую среду принимаем = 20%.

Отсюда количество тепла составит:

- 47805,756 ккал/час.

Необходимая мощность:

$$N = \frac{47805{,}756}{860{,}0} = 56{,}0\ \text{квт}$$

К установке принимается испаритель с погружным насосом мощностью – 400 квт.

Б.13 Теплообменник

Количество тепла, которое необходимо, чтобы сконденсировать смесь – ($TiCl_4$ - $VOCl_3$) составит 39838,156 ккал/час.

Поверхность теплообмена определяем по формуле (3.30).

Средняя разность температур:

-Смесь	140	30
-Вода	30	25
	110^{0}C	5^{0}C

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{110-5}{2{,}3\ lg\frac{110}{5}} = \frac{105}{2{,}3\ lg 22{,}0} = \frac{105}{2{,}3 \cdot 1{,}3424} = 34^0\text{C}$$

K- коэффициент теплопередачи, равный 120 ккал/м^{2}час^{0}C.

Поверхность теплообменника:

$$F = \frac{39838{,}156}{120 \cdot 34{,}0} = 10{,}74 \text{ м}^2$$

К установке принимается теплообменник поверхностью 23 м^2.

Расход воды на охлаждение:

$$W = \frac{39838{,}156}{1000 \cdot 5} = \sim 8{,}0 \text{ м}^3/\text{час}$$

Б.14 Бак –сборник

Бак предназначается для приема и хранения первичного ванадиевого продукта в количестве – 1,364 м^3/сутки. Принимаем запас хранения – 48 часов. Необходимая емкость при этом составит:

$$\frac{1{,}3643 \cdot 48}{0{,}9 \cdot 24} = 3 \text{ м}^3$$

К установке принимаются 2 бака, емкостью 2 м^3 каждый.

Б.15 Отделение гидрометаллургии. Резервуар для приема и хранения 25% аммиачной воды.

Часовая потребность в 25% аммиаке составляет 0,056 м^3/час. Принимается запас хранения 12 часов.

Необходимая емкость составит:

$$\frac{0{,}056 \cdot 12}{0{,}8} = 0{,}85 \text{ м}^3$$

где 0,8- коэффициент заполнения.

Устанавливается один реактор емкостью 1 м^3.

Б.16 Реактор

Ёмкость рассчитывается из следующего режима работы (Таблица):

Продолжение приложения Б

Таблица Б.5 - Режим работы

а) приготовление 10% аммиачной воды	30'
б) загрузка хлорокиси ванадия	30'
в) операция осаждения, перемешивания, охлаждения, отстоя, химанализа (проверка на полноту осаждения)	11 часов
г) фильтрация пульпы	4 часа
Итого:	16 часов

Необходимая емкость:

$$\frac{0{,}134 \cdot 16}{0{,}8} = 2{,}7 \text{ м}^3$$

где 0,134- количество пульпы, $м^3$/час;
0,8- коэффициент заполнения

Устанавливается два эмалированных реактора емкостью 1,6 $м^3$ каждый.

Б.17 Ленточный фильтр

На фильтрацию поступает:

а) пульпа ванадата аммония	3,22 $м^3$/сутки
б) промводы	4,27"
Итого:	7,5 $м^3$/сутки

Принимаем скорость фильтрации ванадата аммония равной 300 л/$м^2$час. Устанавливаем ленточный фильтр поверхностью 1,6 $м^2$ типа ЛК 1,6-0,5-3,2-1 в количестве 1 шт. Продолжительность фильтрации составит при этом:

$$\frac{7{,}5}{0{,}3 \cdot 1{,}6 \cdot 1} = 16 \text{ часов.}$$

где 1 – число операций за сутки.

Б.18 Печь для прокалки метаванадата аммония

Для прокалки метаванадата аммония принимается барабанная электропечь сопротивления типа СБЗ-2,2-25/6С исп.МО2, максимальная температура 600^0С.

Продолжение приложения Б

Исходные данные для поверочного расчета печи.

1. Угол наклона печи - 0-50.
2. Скорость вращения барабана - 0,5-5 об/мин
3. Размера рабочего пространства барабана
   диаметр 195 мм
   длина 2500 мм
4. Насыпной вес метаванадата аммония ~1,0 т/м^3

На прокалку поступает 22 кг/час метаванадата аммония.

Поверочный расчет печи:

1. Определение коэффициента заполнения печи:

$$V = \frac{A \cdot \tau}{\gamma \cdot U}, \qquad (Б.3)$$

где V - объем печи, м^3;

A- производительность печи, т/час;

γ- удельный вес материала, т/м^3;

U - коэффициент заполнения, в долях единицы;

τ - время пребывания материала в печи, час

$$U = \frac{A \cdot \tau}{V \cdot \gamma} = \frac{0{,}022 \cdot 0{,}5}{0{,}0746 \cdot 1} = 0{,}22$$

$$U = 22\%.$$

2. Определение скорости вращения барабана печи и угла наклона.

Скорость движения материала в печи должна обеспечивать время прокалки метаванадата аммония.

$$W = \frac{L \cdot A}{\gamma \cdot \bar{n}Д^2 \cdot U} \mathrm{h} \frac{L}{\tau}, \qquad (Б.4)$$

где W - скорость движения материала,/час;

Д- внутренний диаметр печи, м;

L- длина зоны прокалки, м.

$$W = \frac{2{,}5}{0{,}75} = \sim 3{,}4 \text{ м/час}.$$

Продолжение приложения Б

Скорость движения материала в печи может быть определена из условий движения по формуле:

$$W = 5{,}78 \cdot Д \cdot \beta \cdot n \qquad (Б.5$$

где β- угол наклона печи градуса

n- число оборотов печи в минуту, об/мин.

Задаваясь числом оборотов печи 0,5 об/мин определяем угол наклона печи:

$$\beta = \frac{W}{5{,}78 \cdot Д \cdot n} = \frac{3{,}4}{5{,}78 \cdot 0{,}195 \cdot 0{,}5} = 60^0$$

Задаваясь числом оборотов печи 5 об/мин, определяем угол наклона печи

$$\beta = \frac{3{,}4}{5{,}78 \cdot 0{,}195 \cdot 5} = 0{,}6^0$$

Принимаем угол наклона печи 1^0, тогда число оборотов будет:

$$n = \frac{W}{5{,}78 \cdot Д \cdot \beta} = \frac{3{,}4}{5{,}78 \cdot 0{,}195 \cdot 1} = 3 \text{ об/мин}$$

Б.19 Рукавный фильтр

От вращающейся печи на газоочистку поступает ПГС с температурой 500^0С состава:

V_2O_5	-0,66 кг/час	или 0,084 нм^3/час
NH_3	-3,0 "	" 4,0 нм^3/час
H_2O	-1,0 "	20,0 "
Итого:		24 нм^3/час

Принимаем для улавливания V_2O_5 ткань нитрон. Для такой ткани газ следует охладить до t=130^0С.

При подсосе воздуха увеличение объема воздуха составит:

$$\frac{500 - 130}{130 - 30} = 3{,}7 \text{ или } 370\%$$

Продолжение приложения Б

где 30- температура подсасываемого воздуха (летнее время, наихудший случай).

Подсос воздуха охлаждения составит при н.у.

$$24 \cdot 3{,}7 = 89 \text{ нм}^3/\text{час}$$

Общий объем газов на входе в рукавный фильтр при н.у. составит:

$$24 + 89 = 113 \text{ нм}^3/\text{час}$$

или при рабочих условиях (без учета разрежения перед фильтрами:

$$\frac{113(273 + 130)}{273} = 170 \text{ м}^3/\text{час}$$

При скорости фильтрации равной 0,7 м/мин необходимая площадь фильтрации составит:

$$\frac{170}{0{,}7 \cdot 60} = 4 \text{ м}^2$$

Принимаем рукавный фильтр поверхностью 8 $м^2$ за счет врезки в газоход перед рукавными фильтрами газохода от узла затаривания готовой продукции.

Приложение В

В Экономический расчет производства

Для решения задач, поставленных в начале проекта, в технологической части было выбрано оборудование, балансовая стоимость которого представлена в таблице В.1. Также представлена балансовая стоимость зданий и сооружений.

Таблица В.1 - Технико-экономическая характеристика основных фондов

Наименование ОПФ	Балансовая стоимость, тг
Здания	
Здание цеха	2480793
АБК	1500000
Сооружение	
Дымовая труба	991420
Рабочее оборудование	
Хлорирующая установка	228000000
Печь тигельная	1647000
Кран мостовой	1127571
Конденсатор оросительный	3500000
Бак-сборник	291833
Дистилляционный куб	2607929
Печь вращающаяся	5425642
Кран-балка	535548

Расчет производственных запасов. Производственные запасы – часть материально-технических запасов, хранящихся на складе для обеспечения бесперебойного хода производственного хода процесса.

Для непрерывного производственного процесса необходимо определить норму запаса сырья на складе. Она определяется по формуле:

$$N = N_{з.} * Р * Ц, \quad (В.1)$$

где $N_{з.}$ – норма запасов в днях, которая определяется по формуле:

$$N_{з.} = N_{тек} + N_{подг.} + N_{трансп.} + N_{гор}, \quad (В.2)$$

где $N_{тек}$ – текущий запас (15 дней);

$N_{подг.}$ – подготовительный запас (2 дня);

$N_{трансп.}$ – транспортный запас (8 дней);

$N_{гор}$ – гарантийный запас (8 дней).

$$N_з = 15 + 2 + 30 + 8 = 55 \text{ дней} \quad (В.3)$$

Продолжение приложения В

Р – однодневный расход материала;
Ц – цена единицы материала

Расход материала и его цена определяется на основе данных полученных с предприятия (таблица В.2).

Таблица В.2 - Расчет сырья и материалов

Наименование сырья и материалов	Годовой объем	Расход материальных ресурсов		Цена, тенге	Сумма всего, тыс. тенге
		Норма на ед. объема	На годовой объем		
Сырье и основные материалы: - ПКО, т	140	117	16380	15000	245700,00
Вспомогательные материалы: - хлор, т - электролит, т - аммиачная вода, т - соляная кислота, т		3,108 4,7 0,49 0,4	435,12 658 68,6 56	22000 5000 26400 7000	9572,64 3290,00 1811,04 392,00
Всего сырья и материалов					15065,68
Электроэнергия на процесс восстановления		1456,6	45570	7,87	66377,262
ИТОГО материальных ресурсов					327142,942

Расчет труда и заработной платы. Персонал предприятия, т.е. рабочая сила, является основным видом производственных ресурсов. Трудовые ресурсы участвуют в процессе создания стоимости при помощи средств производства.

Затраты на трудовые ресурсы включаются в калькуляцию себестоимости, поэтому необходимо рассчитать издержки предприятия на содержание его персонала.

В ТЭО предполагается определить численность основных производственных рабочих, вспомогательных рабочих, И.Т.Р. (таблица В.3).

Продолжение приложения В

Таблица В.3 - Планирование труда

Наименование Профессии	Разряд	Количество ед. оборудования	Сменность работ оборудования	Норматив числен-	Явочный штат, чел.	Коэффициент спис. сост.	№ штатных, чел.	Списочный штат, чел.
Старший печевой	VI	9	2	0,22	3,96	1,16	4,18	6
Печевой	V	30	2	0,2	12	1,16	12,2	8
Старший аппаратчик	IV	30	2	0,25	15	1,16	15,25	6
Аппаратчик	IV	1	2	1,0	2	1,16	3	8
Итого								28

На основании количества основных производственных рабочих осуществляем распределение работников по категориям (таблица В.4).

Таблица В.4 - Распределение работников по категориям

Наименование профессии	%	Количество человек
Вспомогательные рабочие	40	15
Руководители	5	3
Специалисты	12	5
Итого		23

Вспомогательные рабочие в состав отделения не включаются и осуществляют выполнение работ на основании договора-подряда.

Заработная плата определяется на основании оклада для каждой категории работников, а также предусмотрены премии и надбавки за работу во вредных условиях, в праздничные дни, в ночное время (таблица В.5).

Продолжение приложения В

Таблица В.5 - Расчёт заработной платы основных производственных рабочих

№	Наименование профессии	Раз-ряд	Коли-чество	Оклад	По тарифу	Премии	Празд-ничные	Ночные	Всего	Всего с учётом предприятия
1	Старший печевой	VI	5	37600	2256000	90240	31584	374496	2752320	3578016
2	Печевой	V	14	35900	6031200	1206240	84436,8	1001179,2	8323056	10819972,8
3	Старший аппаратчик	IV	18	33700	7279200	1455840	101908,8	1208347,2	10045296	13058884,8
4	Аппаратчик	IV	4	31900	1531200	306240	21436,8	254179,2	2113056	2746972,8
5	ИТОГО				18628800	3725760	260803,2	3092380,8	25707744*	33420067,2

* для расчета прибыли или убытка фонд заработной платы увеличиваем на коэффициент 1,3

Продолжение приложения В

Расчёт фонда заработной платы ИТР. Оплата труда этих категорий работников осуществляется на основании оклада. Должностные разряды руководителей, специалистов и МОП определяются исходя из размера минимальной заработной платы и тарифных коэффициентов.

Оклад определяется по формуле:

$$О_{мес.} = ЗП_{min} * К_{пр.} * К_{отр.} * К_{ti}, \quad (В.4)$$

где $ЗП_{min}$ – минимальная заработная плата (определяется ежегодно правительством РК);

$К_{пр}$ – коэффициент, участвующий особенности предприятия (принимается 1,3);

$К_{отр}$ – коэффициент, участвующий особенности отрасли;

$К_{ti}$ – тарифный коэффициент, соответствующий i-тому разряду;

Фонд заработной платы определяется для каждой категории работников по следующей формуле:

$$ФЗП_i = (О_{месi} + ПР_i) * 12 * К_р * N_{pi}, \quad (В.5)$$

где $ПР_i$ – размер премии, которой принимается для руководителей и специалистов в размере 25-30% от оклада.

$К_р$ – районный коэффициент который учитывает климатические особенности региона;

N_{pi} – количество работников i- той категории

Таблица В.6 - Расчёт заработной платы, руководителей, специалистов и МОП

Должность	Раз-ряд	Коли-чество	Оклад	Премии	ФЗП
Начальник цеха	XIII	1	53548,64	16064,59	835358,76
Старшие специалисты	XI	2	42376,62	12712,99	1322150,64
Мастера ОПУ	IX	5	38524,2	11557,26	1802932,56
ИТОГО					6181053,96*

Продолжение приложения В

* для расчета прибыли или убытка фонд заработной платы увеличиваем на коэффициент 1,3

Калькуляция себестоимости продукции.

Таблица В.7 - Калькуляция себестоимости продукции

Наименование	Ед. изм.	Цена за ед., тг	Расход на ед., т	Кол-во	Сумма
Сырьё					
Пульпа кубового остатка	т	15 000,0	117,00	16 380,0	245 700,0
Вспомогательные материалы					
Хлор	т	22 000,00	3,000	420,00	9 240,0
Электролит	т	5 000,00	4,700	658,00	3 290,0
Аммиачная вода	т	26 400,00	0,49000	68,60	1 811,0
Соляная кислота	т	7 000,00	0,400	56,00	392,0
ИТОГО материалы и сырьё	т				260 433,0
Энергозатраты технологические					
Электроэнергия	Квт/ч	7,87	45570	6 379 800,0	50 209,0
ИТОГО:					50 209,0
Затраты на оплату труда					
Основные рабочие	чел./vtc	80 000,0	28,0		26 880,0
Вспомогательные рабочие	чел./vtc	70 000,0	15,0		12 600,0
ИТР	чел./vtc	120 000,0	8,0		11 520,0
ИТОГО ЗАРПЛАТЫ:					51 000,0
Отчисления с заработной платы					
Налог соц.	%		11%		5 610,00

Продолжение приложения В

Продолжение таблицы В.7

Затраты на охрану труда	%		12%		6 120,00
ИТОГО:					62 730,0
Транспортные расходы					
Транспортные расходы	%		5%		13 021,7
ИТОГО СЕБЕСТОИМОСТЬ:	тенге	1 т V_2O_5	2 760,0		386 393,7

Показатели эффективности проекта. Период окупаемости проекта (Payback Period – PBP). Периодом окупаемости проекта называется время, за которое сумма поступлений от реализации проекта (Cash inflows) покроет сумму затрат.

$$PBP = \frac{II}{ACI} = \frac{\text{II (Initial investment) сумма инвестиций}}{\text{ACI (Annual cash inflows) ежегодные поступления}} \qquad (B.6)$$

$$PBP = \frac{\text{2308,7318 тыс. тенге}}{\text{4483,0044 тыс. тенге}} = 0{,}5 \text{ года}$$

Чистая приведённая величина дохода (Net Present Value - NPV)

Чистая приведенная величина дохода представляет собой оценку сегодняшней стоимости потока будущего дохода.

Чистая приведенная стоимость равна приведенной стоимости будущих поступлений, дисконтированных с помощью соответствующей процентной ставки, за вычетом приведенной стоимости затрат. NPV используется для оценивания и ранжирования различных предложений об инвестициях, с использованием общей базы для сравнения.

$$NPV = -Invest + \sum_{t=1}^{n} CF(t) \times \left[1 + \frac{Interest}{100}\right]^{-1} \qquad (B.7)$$

где Invest – сумма инвестиций 2 308, 7318 тыс. тенге

Interest – годовая процентная ставка 12%

Продолжение приложения В

IRR

$$\sum_{t=1}^{n} CF(t) \times [1 + \frac{IRR}{100}]^{-1} - Invest = 0 \qquad (B.8)$$

CF(t) – денежные поступления 26898,0266 тыс. тенге за период времени t. t = 6 лет

Инвестор должен отдавать предпочтение только тем проектам, NPV которых имеет положительное значение.

$$NPV = - 2308731,1 + 26898026,6 \times [1 + \frac{12}{100}]^{-1} = 24\ 557\ 055,8$$

Внутренняя норма рентабельности (Internal Rate of Return – IRR)

Показатель «Внутренняя норма рентабельности» иногда называют коэффициентом рентабельности инвестиций, который рассчитывается путем определения ставки дисконтировация, при которой приведенная стоимость суммы будущих поступлений равняется приведенной стоимости затрат

где Invest – сумма инвестиций 2 308, 7318 тыс. тенге

CF(t) – денежные поступления в период t 26898,0266 тыс. тенге, t = 6 лет.

Значение внутреннего коэффициента рентабельности, при котором проект можно считать привлекательным, должно превышать условную стоимость капитала инвестора, например ставку по долгосрочным банковским кредитам. Обычно минимально допустимая величина внутреннего коэффициента рентабельности принимается большей, чем стоимость капитала, с учетом риска проекта.

В нашем случае значение IRR вычисляется с помощью встроенной в MS EXCEL функции ВНДОХ и составляет 193,9 %, что говорит о привлекательности данного проекта: значение IRR выше уровня процентной ставки банка.

График накопления денежных средств, с учетом оборудования и инвестиций (рисунок В.1) и диаграмма затрат на способ производства пентаоксида ванадия (рисунок В.2).

Продолжение приложения В

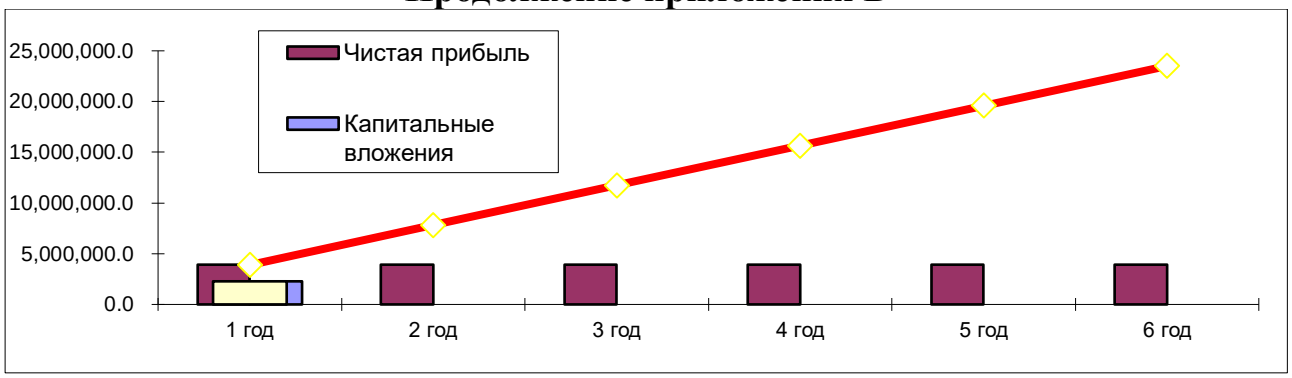

Рисунок В.1 – График накопления денежных средств

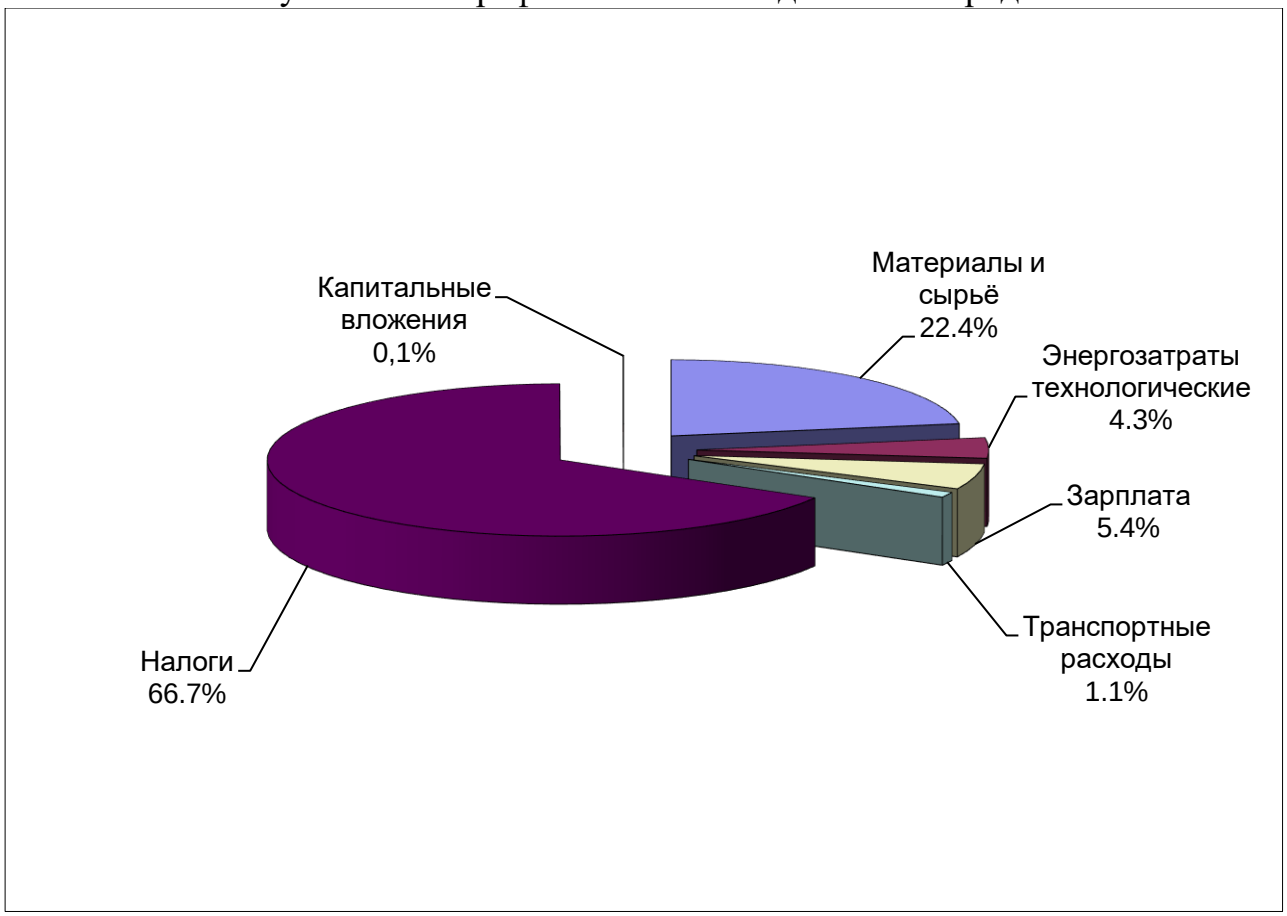

Рисунок В.2 – Диаграмма затрат на производство

Выводы:

1) Данный проект экономически привлекателен, реализация его даёт прибыль в размере 4 483,0044 тыс. тенге в год.

Продолжение приложения В

2) Приведенные данные показывают экономическую целесообразность применения данной технологии по производству пентаоксида ванадия и тетрахлорида титана возвратного.

Приложение Г

Г Безопасность и охрана труда проекта

Г.1 Техника безопасности в отделении переработки пульпы кубовых остатков с получением пентаоксида ванадия

Общие требования безопасности. Охране труда на предприятиях цветной металлургии уделяется большое внимание. Ускоренное развитие современных технологий привело к повышению требований по обеспечению безопасности труда рабочих. Большое внимание стало уделяться не только техническим, но и организационным санитарно-гигиеническим и экологическим факторам.

Сводная номенклатура установлена для своевременного планирования, целевого финансирования и осуществления мероприятий по предупреждению несчастных случаев, заболеваний на производстве и общему улучшению условий труда.

Перечень номенклатурных мероприятий по охране труда состоит из трех разделов:

а) мероприятия по предупреждению несчастных случаев:

модернизация технологического, подъемно-транспортного и другого оборудования, а также различных приспособлений и инструментов в соответствии с требованиями техники безопасности;

устройство дополнительных и защитных приспособлений, блокировок, дублирующих средств безопасности на оборудовании;

усовершенствование в соответствии с правилами безопасности приспособлений для автоматического защитного отключения трансформаторных установок электростанции и других систем и агрегатов;

установка пусковых приборов и устройств с необходимыми блокировками и сигнализацией автоматического или дистанционного управления различными двигателями;

приобретение приборов контроля статического электричества, измерения сопротивления изоляции, контроля взрывоопасной и газонасыщеной среды;

осуществление свето-звуковой сигнализации;

установка средств теле- и радиоуправлния технологическими процессами;

механизация уборки производственных помещений, очистки вентиляционных устройств;

приведение в соответствие с правилами техники безопасности производственных коммуникаций;

б) мероприятия по предупреждению заболеваний на производстве;

приобретение или изготовление устройств защищающих рабочих от действий опасных для здоровья излучений и других вредных факторов внешней среды в рабочей зоне;

Продолжение приложения Г

усовершенствование герметизации оборудования и процессов, связанных с выделением ядовитых веществ, газов, пыли, избыточного тепла;

устройство новых и реконструкция действующих вентиляционных систем;

приобретение м монтаж систем контроля за состоянием воздушной среды, сигнализирующих о повышении ПДК пыли и газов;

установка приспособлений по снижению и устранению производственного шума и вибрации;

в) мероприятия по общему улучшению условий труда;

рационализация естественного и искусственного освещения, если это вызвано дополнительными требованиями улучшения условий труда;

реконструкция санитарно–бытовых помещений; На основании документа СНиП РК 3.02-04-2002 «Административные и бытовые здания» произведен анализ санитарно-бытовых помещений и оборудования.

оборудование кабинетов по охране труда;

Характеристика вредных веществ, специфичных для данного производства:

К опасным относятся производственные факторы, которые при определенных условиях могут стать причиной получения травм или резкого ухудшения здоровья. Такими факторами являются:

- движущиеся и вращающиеся части оборудования;
- железнодорожный, напольный и автомобильный транспорт;
- грузоподъемные механизмы и грузы, перемещаемые ими;
- находящиеся под напряжением электрическое оборудование, приборы и электроинструмент;
- ядовитые, агрессивные вещества, применяемые в технологии и опасные для здоровья работающих в концентрациях, превышающих ПДК.

К вредным относятся производственные факторы, которые при воздействии на организм человека в течение продолжительного времени могут привести к заболеванию или ухудшению здоровья. К таким факторам относятся:

- повышенная или пониженная температура воздуха на рабочем месте, сквозняки;
- повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте, пониженная освещенность;
- излучения нагретых аппаратов и сварочной дуги;
- наличие различных вредных веществ (определенной концентрации) в воздухе рабочей зоны (хлора, его соединений, паров кислот, производственной пыли и др.).

Пентаоксид ванадия (V_2O_5) представляет собой порошок от желтоватого до красновато - коричневого цвета с температурой плавления (670÷690)ºС.

Продолжение приложения Г

Попадает в атмосферу экстракционной установки и участка расшихтовки при разгерметизации оборудования, затаривании и расшихтовки продукции в виде пыли и аэрозоли. Пентаоксид ванадия - яд, по степени воздействия на организм человека относится ко II-му классу высокоопасных веществ. При попадании внутрь организма может вызвать изменения в кровообращении, органах дыхания, нервной системе, обмене веществ, воспалительные и аллергические заболевания кожи, обладает выраженными раздражающими свойствами. Предельно-допустимая концентрация (ПДК) в воздухе рабочей зоны составляет: для пыли 0,5 мг/м3, для аэрозолей и дымов 0,1 мг/м3.

Индивидуальная защита от пентаоксида ванадия органов дыхания - респиратор «Лепесток-200» или противогазы с коробкой «БКФ»; глаз - герметичные очки; кожи, головы - спецодежда, каска. Обеспечение работы вентиляции, пылеулавливающих устройств, герметизация оборудования также предохраняет человека от поражения.

При возникновении симптомов поражения обратиться в медицинское учреждение.

Хлористый водород, соляная кислота и ее растворы.

Хлористый водород (HCI) - бесцветный, удушающий газ, попадает в атмосферу производственных помещений при разгерметизации оборудования, проливах технологических солянокислых растворов. Хорошо растворяется в воде с образованием соляной кислоты. ПДК для хлористого водорода в воздухе рабочей зоны составляет 5 мг/м3.

Соляная кислота на воздухе дымит, туман паров соляной кислоты при высоких концентрациях вызывает раздражение слизистых оболочек, дыхательных путей. Вызывает охриплость, чувство удушья, покалывание в груди, кашель. Длительное воздействие хлористого водорода может вызвать катар дыхательных путей, помутнение роговицы глаз. При воздействии на кожу соляной кислоты вызывает ожоги II, III степени.

Индивидуальные средства защиты: суконная одежда, резиновые сапоги, противокислотные рукавицы, защитные очки, противогаз с коробкой «БКФ» или «В».

При попадании соляной кислоты на кожные покровы ее необходимо немедленно смыть обильной струей воды, при попадании в глаза - промыть их струей воды с последующим отправлением пострадавшего в медпункт. При отравлении соляной кислотой - немедленно вынести пострадавшего на свежий воздух, освободить от стесняющей дыхания одежды и затем отправить его в медпункт.

Окситрихлорид ванадия (VOCl3) может попасть в атмосферу производственных помещений при разгерметизации оборудования. Бурно

разлагается от воздействия влаги с обильным выделением паров хлористого водорода и аэрозоли пентаоксида ванадия. Вызывает резкое раздражение слизистых оболочек и дыхательных путей. Попадание на кожу может вызвать ожоги, аналогично действию соляной кислоты. ПДК по пентаоксиду ванадия в воздухе рабочей зоны составляет 0,1 мг/м^3.

Защитные средства те же, что и от соляной кислоты.

Аммиачная вода. Представляет собой водный раствор аммиака (NH_4OH). Аммиак (NH_3) - бесцветный газ с удушающим резким запахом и едким вкусом. Аммиак взрывоопасный газ, пределы взрывоопасных концентраций в воздухе (15÷28) %. Температура самовоспламенения аммиака 650ºС. Аммиак может попасть в атмосферу экстракционной установки при проливах аммиачной воды. При работе с аммиачной водой возможны отравления аммиаком, ожоги кожи и глаз. ПДК в воздухе рабочей зоны составляет 20 мг/м^3.

Индивидуальные средства защиты: противогаз с коробкой «КД», спецодежда, спецобувь, кислотостойкие рукавицы, герметичные очки.

При попадании брызг аммиачной воды в глаза - немедленно обильно промыть их водой и отправить пострадавшего в медпункт. При поражении кожи обмыть водой и отправить в медпункт. При отравлении вывести пострадавшего на свежий воздух и направить в медпункт.

Эксол-А - горючая, бесцветная жидкость. В виде тумана раздражает слизистые оболочки, обладает общетоксичным действием. ПДК паров в воздухе рабочей зоны не определена.

Индивидуальные средства защиты: спецодежда, резиновые перчатки, противогаз с коробкой «М» или «А». Эксол-А пожароопасный реагент. При возгорании следует тушить углекислотными или пенными огнетушителями.

Хлористый аммоний (NH_4CI) может представлять опасность при термическом разложении, так как при этом выделяются пары аммиака и хлористого водорода. При нормальных условиях опасности не представляет.

Электробезопасность. Широкое использование электрического тока для самых разнообразных целей придает вопросам защиты от его воздействия на человеческий организм важное значение.

Воздействие электрического тока на организм может вызвать опасные для здоровья последствия и даже привести к смерти. Опасность усугубляется тем, что наличие электрического напряжения не может быть безопасно обнаружено при помощи наших органов чувств. Вероятность смертельного исхода при поражении электрическим током велика.

Степень поражения электрическим током зависит от напряжения, силы тока и электрического сопротивления тела человека. Опасным для жизни человека является напряжение 40 В и выше. В сырых помещениях становится опасным и напряжение 36 В. Ток силой выше 0,05 А представляет большую

опасность для человека. Сопротивление человека принято считать равным ≈1000 Ом. Оно изменяется в зависимости от температуры и влажности помещения, кожного покрова, одежды человека, а также от степени его усталости. Наименьшую проводимость имеет сухой кожный покров человеческого тела. Если кожа увлажнена, то сопротивление ее падает на 50- 70 %.

Для тушения горящих электрических проводов, кабеля, электрооборудования и приборов, находящихся под напряжением, нельзя применять воду. Прежде всего, снимают напряжение, а затем для тушения используют песок, углекислотный или порошковый огнетушитель.

Назначение защитного заземления – создание между металлическими конструкциями или корпусом электрической установки и землей электрического соединения достаточно малого сопротивления, чтобы в случае замыкания на землю при прикосновении человека через его тело прошел ток малой величины, безопасный для организма.

Заземляющее устройство – совокупность заземлителя и заземляющих проводников. Заземлитель – металлический проводник, находящийся в непосредственном соприкосновении с землей. Заземляющие проводники – металлические проводники, соединяющие заземляющие части электрической установки с заземлителем.

Для заземления используют естественные и искусственные заземлители. Естественные заземлители – металлические конструкции, арматура, железобетонные конструкции, трубопроводы и оборудование, имеющее надежное соединение с землей. В качестве искусственных заземлителей используют вертикально погруженные стальные трубы, металлические стержни и т. д.

Для вентиляции подается не загрязненный воздух. В необходимых случаях подаваемый в помещение воздух подвергается нагреву или охлаждению, увлажнению или сушке, очистке от пыли.

Приточный воздух подают в производственные помещения системами механической вентиляции в рабочую зону.

Удаление воздуха предусматривается из верхней зоны. Выброс в атмосферу загрязненного воздуха производится под кровлей здания так, чтобы не было заноса загрязнений в помещение.

Для создания благоприятных условий труда важное значение имеет рациональное освещение. Неудовлетворительное освещение затрудняет проведение работ, снижает производительность труда и может явиться причиной несчастных случаев и заболевание глаз. Освещенность помещений устраивается так, чтобы рабочий длительное время мог вести наблюдения за всеми операциями без напряжения и утомления зрения и при этом сохранилась

Продолжение приложения Г

нормальная трудоспособность глаз. Производственная освещенность удовлетворяет требованиям ПЭУ нормам СНиП РК 2.04-05-2002 «Естественное и искусственное освещение».

Естественное освещения помещения может быть:

- боковое - через окна в наружных стенах;
- верхнее - через световые проемы в покрытии, а также в местах перепадов высот смежных пролетов здания;
- комбинированное - верхнее освещение плюс боковое.

Освещенность помещения нормируется прямым (светотехническое нормирование) путем.

Светотехническое нормирование производят по коэффициенту естественной освещенности. Нормированное значение для проектируемого цеха равно:

Искусственное освещение-это электрическое освещение, требуемое для работ в темное время суток без достаточного естественного освещения.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломный проект
(наименование вида работы)
Мұхамеди Алишер Ғазизұлы
(Ф.И.О. обучающегося)
5В070900 - Металлургия
(шифр и наименование специальности)

Тема:
«Проектирование отделения переработки пульпы кубовых остатков с получением пентаоксида ванадия»

Целью данной работы является проектирование отделения переработки пульпы кубовых остатков с получением пентаоксида ванадия в условиях АО «УК ТМК», производительностью 140 тонн/год.

В дипломном проекте сделан обзор известных способов извлечения ванадия и его соединений из руд и концентратов, промежуточных продуктов и отходов металлургического производства. Достаточно подробно описано технология извлечения ванадия в виде его пентаоксида из кубовых остатков цеха хлорирования титановых шлаков и очистки технического тетрахлорида титана. Выбраны и обоснованы основные технологические решения. Выполнены расчеты материального и теплового балансов, а также на основе данных действующего предприятия выбрано основное и вспомогательное оборудование. В экономической части выполнены соответствующие расчеты с определением рентабельности и срока окупаемости предложенного проекта, и в необходимом объеме рассмотрены вопросы безопасности и охраны труда.

В целом, дипломный проект выполнен на хорошем теоретическом и практическом уровне, соответствует требованиям, предъявляемым к подобным работам. В процессе подготовки и написания дипломного проекта студент Мұхамеди А.Ғ. соблюдал все сроки выполнения календарного графика и проявил отличные навыки в работе с теоретическими источниками и практическими данными.

Дипломный проект допускается к защите, рекомендованная оценка «отлично» (90%), а его автор Мұхамеди А.Ғ. заслуживает присвоения академической степени «бакалавр» по специальности «5В070900 - Металлургия».

Научный руководитель
сениор-лектор, канд.техн.наук
(должность, уч. степень, звание)
Бошкаева Л.Т.
(подпись)
«29» мая 2019 г.

Отчет подобия

Университет:	Satbayev University
Название:	«Проектирование отделения переработки пульпы кубовых остатков с получением пентаоксида ванадия»
Автор:	Мұхамеди Алишер Ғазизұлы
Координатор:	Лайла Бошкаева
Дата отчета:	2019-05-30 07:33:52
Коэффициент подобия № 1: ?	**12,3%**
Коэффициент подобия № 2: ?	**5,8%**
Длина фразы для коэффициента подобия № 2: ?	25
Количество слов:	10 123
Число знаков:	78 828
Адреса пропущенные при проверке:	
Количество завершенных проверок: ?	57

К вашему сведению, некоторые слова в этом документе содержат буквы из других алфавитов. Возможно - это попытка скрыть позаимствованный текст. Документ был проверен путем замещения этих букв латинским эквивалентом. Пожалуйста, уделите особое внимание этим частям отчета. Они выделены соответственно.

Количество выделенных слов 21

>> **Самые длинные фрагменты, определеные, как подобные**

>> Документы,содержащие подобные фрагменты: Из домашней базы данных

>> Документы,содержащие подобные фрагменты: Из внешних баз данных

>> Документы,содержащие подобные фрагменты: Из интернета

Детали отчета подобия

Фрагменты, найденные в документах базы данных отмечены красным цветом.
Фрагменты, найденные в интернете отмечены в зеленый .
Фрагменты, найденные в базе данных Юридических актов отмечены синим фоном .

Мұхамеди Алишер Ғазиұлы Проектирование отделения переработки пульпы кубовых остатков с получением пентаоксида ванадия ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

5В070900 - «Металлургия»

Алматы 2019

УТВЕРЖДАЮЗаведующая кафедрой МиОПИ кандидат технических наук _____Барменшинова М.Б.«____» _____ 2019 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломного проекта

Обучающемуся Мұхамеди Алишеру Ғазиұлы
Тема «Проектирование отделения переработки пульпы кубовых остатков с получением пентаоксида ванадия».
Утверждена приказом проректора по научно-образовательной деятельности No 497-п от 20 декабря 2018 г.
Срок сдачи законченного проекта 31» мая 2019 г.
Исходные данные к дипломному проекту технологические данные переработки АО «Усть-Каменогорский титано-магниевый комбинат Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов или краткое содержание дипломного проекта
а)Технологические методы извлечения пентоксида ванадия из руд и шлаков;
б) Аналитический обзор;
в Выбор и обоснование принимаемого в проекте технологического решения г)Металлургические расчеты;
д) Техника безопасности Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей демонстрационный материал представить на ___ слайдах, дипломный проект состоит из 31 страниц , 6 таблцов, 3 иллюстрации.
Рекомендуемая основная литература из 15 наименований **График**
подготовки дипломного проекта