|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Формат | | Обозначение | | | | Наименование | | Кол.  листов | Примечание |
| А4  А1  А1  А1  А1  А1 | | 012.Д.2006.30.011.ПЗ  012.Д.2006.30.011.ТБ  012.Д.2006.30.011.СБ  012.Д.2006.30.011.ТС  012.Д.2006.30.011.ВО  012.Д.2006.30.011.ВО | | | | Пояснительная записка  Таблица основные технико- экономические показатели  Схема аппарата  Технологическая схема  План цеха  Разрез цеха | | 145  1  1  3  1  1 |  |
|  |  | | Подпись | Дата | Ведомость дипломной работы | | Литера У  Лист 1  Листов 1 | | |
| Студент | Д..Д. Чурило | |  |  |
| Рук. проекта | Е.В. Богатырева | |  |  |
| Зав. кафедрой | Е.А. Левашов | |  |  | Группа  МЦМ–01–3 | | |
|  |  | |  |  |

Аннотация

В последние годы потребление молибдена непрерывно растет, что обусловлено возрастающим спросом со стороны производителей нержавеющих сталей и автомобильных катализаторов. На фоне снижения качества добываемых руд, вызванного истощением запасов действующих предприятий, встает задача переработки небогатых концентратов с относительно высоким содержанием примесей (в частности, меди) с получением в качестве конечных продуктов парамолибдата аммония, триоксида молибдена и ферромолибдена, а также наиболее полное попутное извлечение спутника молибдена – рения.В связи с этим для ОАО СМК «Металлург» гидрометаллургическая переработки низкосортных молибденитовых концентратов с получением парамолибдата аммония (ПМА) и перрената аммония (ПРА), по которой ежегодно образуются 465 тонн твердых отвалов (кеков выщелачивания) и 12720 м3 жидких стоков (сбросных растворов).

В дипломном проекте предложены схемы утилизации твердых и жидких отходов, с получением ПМА, минерального удобрения и смеси для производства стройматериалов.

В проекте рассчитаны материальные балансы по молибдену и смеси солей и полные материальные балансы схем, выбрано основное и вспомогательное оборудование, проведен расчет спецаппарата – трехкорпусной выпарной установки.

В проекте предусмотрено выполнение требований и норм по БЖД, а также проведен анализ потенциально опасных и вредных факторов, и рассчитаны технические меры защиты от них, проведен экологический анализ проекта.

По экономике и управлению производством составлено штатное расписание цеха и проведен расчет заработной платы для основных и вспомогательных рабочих, а также цехового персонала, проведена калькуляция себестоимости продукции и рассчитаны затраты на реконструкцию и проведена оценка финансовой устойчивости предприятия.

Пояснительная записка к дипломному проекту изложена на 141 страницах, содержит 8 рисунков, 44 таблицы, список использованных источников из 38 наименований, 2 приложения.

Содержание

[Введение 9](#_Toc137555346)

[1 Аналитический обзор литературы 10](#_Toc137555347)

[1.2 Окислительный обжиг в печах кипящего слоя 14](#_Toc137555348)

[1.3 Окисление в расплавленных солях 16](#_Toc137555349)

[1.4 Окисление растворами гипохлорита натрия 16](#_Toc137555350)

[1.5 Азотнокислотное разложение 18](#_Toc137555351)

[1.6 Окисление кислородом в кислых средах в автоклавах 20](#_Toc137555352)

[1.7 Окисление кислородом в щелочных средах в автоклавах 22](#_Toc137555353)

[1.8 Переработка низкосортных молибденитовых концентратов и промпродуктов 23](#_Toc137555354)

[1.8.1 Переработка молибденитовых промпродуктов 23](#_Toc137555355)

[1.8.2 Переработка низкосортных концентратов по способу Симоли 24](#_Toc137555356)

[1.8.3 Переработка молибдено-медного промпродукта с использованием автоклавного окисления в щелочных средах 25](#_Toc137555357)

[1.9 Извлечение молибдена из окисленных руд и бедных концентратов 27](#_Toc137555358)

[1.9.1 Извлечение молибдена из окисленных руд 27](#_Toc137555359)

[1.9.1.1 Сернокислотный способ 27](#_Toc137555360)

[1.9.1.4 Извлечение окисленного молибдена из хвостов флотации на предприятиях фирмы «Клаймакс» 29](#_Toc137555361)

[1.9.2 Извлечение молибдена из бедных смешанных руд 30](#_Toc137555362)

[1.10 Обоснование выбора схем переработки 31](#_Toc137555363)

[1.10.1 Схема переработки жидких отходов (сбросных растворов) 32](#_Toc137555364)

[1.10.2 Схема переработки твердых отходов (кеков выщелачивания) 36](#_Toc137555365)

[2 Обоснование проекта реконструкции цеха 39](#_Toc137555366)

[2.1 Обоснование выбора места реконструкции 39](#_Toc137555367)

[2.2 Обоснование реконструкции цеха 41](#_Toc137555368)

[2.3 Характеристика исходного сырья и вспомогательных материалов 41](#_Toc137555369)

[2.4 Характеристика основной выпускаемой продукции 42](#_Toc137555370)

[3 Технологическая часть 43](#_Toc137555371)

[3.1 Технологическая схема переработки жидких отходов (сбросных растворов) 43](#_Toc137555372)

[3.1.1 Описание технологической схемы переработки жидких отходов (сбросных растворов) 43](#_Toc137555373)

[3.1.2 Расчет баланса по смеси солей 47](#_Toc137555374)

[3.1.3 Расчет материального баланса по технологическим операциям 48](#_Toc137555375)

[*Выпаривание* 48](#_Toc137555376)

[*Кристаллизация* 50](#_Toc137555377)

[*Сушка-грануляция* 51](#_Toc137555378)

[*Грохочение* 52](#_Toc137555379)

[*Дробление* 53](#_Toc137555380)

[*Крупная фракция………………………*..*ρ = 1,6965 кг/дм3, н.м. = 0,55×ρ* 53](#_Toc137555381)

[*Мокрая очистка* 53](#_Toc137555382)

[3.2 Технологическая схема переработки твердых отходов(кеков выщелачивания) 54](#_Toc137555383)

[3.2.1 Описание схемы переработки твердых отходов (кеков выщелачивания) 54](#_Toc137555384)

[3.2.2 Расчет баланса по молибдену 55](#_Toc137555385)

[3.2.2 Расчет материального баланса по технологическим операциям 56](#_Toc137555386)

[*Распульповка* 56](#_Toc137555387)

[*Выщелачивание* 58](#_Toc137555388)

[*Разбавление* 60](#_Toc137555389)

[*Сорбция* 60](#_Toc137555390)

[*Промывка* 63](#_Toc137555391)

[*Десорбция молибдена* 63](#_Toc137555392)

[*Промывка* 67](#_Toc137555393)

[*Регенерация* 67](#_Toc137555394)

[*Очистка от примесей* 69](#_Toc137555395)

[*Осаждение ПоМА* 71](#_Toc137555396)

[*Перекристаллизация* 74](#_Toc137555397)

[*Промывка* 75](#_Toc137555398)

[*Сушка* 75](#_Toc137555399)

[*Сгущение-отстаивание* 76](#_Toc137555400)

[*Сушка - нейтрализация* 76](#_Toc137555401)

[*Доукрепление* 77](#_Toc137555402)

[3.3 Выбор основного и вспомогательного оборудования 77](#_Toc137555403)

[4 Специальная часть 79](#_Toc137555404)

[4.1 Устройство и работа установки 80](#_Toc137555405)

[4.2 Расчет трехкорпусной выпарой установки 82](#_Toc137555406)

[*От депрессии* 85](#_Toc137555407)

[4.2.1 Определение температур кипения растворов в корпусах 86](#_Toc137555408)

[4.2.2 Расчет теплопередачи по корпусам 87](#_Toc137555409)

[4.2.3 Составление тепловых балансов по корпусам (без учета тепловых потерь) 91](#_Toc137555410)

[4.2.3 Распределение полезной разницы температур по корпусам 92](#_Toc137555411)

[4.2.4 Определение поверхности нагрева 93](#_Toc137555412)

[5 Организация производства 96](#_Toc137555413)

[5.1 Организация производства 96](#_Toc137555414)

[5.1.1 Расчет численности и фонда оплаты труда производственных рабочих [32] 96](#_Toc137555415)

[5.1.2 Расчет численности и фонда оплаты труда цехового персонала 99](#_Toc137555416)

[5.1.3 Расчет годового фонда времени работы машин и оборудования 100](#_Toc137555417)

[6 Безопасность жизнедеятельности 101](#_Toc137555418)

[6.1 Объемно-планировочные решения зданий и сооружений цеха 101](#_Toc137555419)

[6.2 Отопление и вентиляция 102](#_Toc137555420)

[6.3 Производственное освещение 103](#_Toc137555421)

[6.4 Санитарно-бытовые помещения 105](#_Toc137555422)

[6.5 Потенциально опасные и вредные производственные факторы при проведении технологических процессов и эксплуатации оборудования 106](#_Toc137555423)

[6.6 Анализ опасных и вредных производственных факторов технологической схемы переработки жидких отходов 110](#_Toc137555424)

[6.7 Разработка мер защиты от выявленных потенциально опасных и вредных производственных факторов 111](#_Toc137555425)

[6.8 Разработка мер пожарной безопасности 112](#_Toc137555426)

[6.9 Экологический анализ проекта 113](#_Toc137555427)

[6.9.1 Утилизация твердых отходов 113](#_Toc137555428)

[6.9.2 Выброс загрязняющих веществ 116](#_Toc137555429)

[6.10 Техника безопасности и охрана труда 116](#_Toc137555430)

[6.11 Противопожарные мероприятия 119](#_Toc137555431)

[6.12 Расчет скруббера 120](#_Toc137555432)

[7 Экономика производства 124](#_Toc137555433)

[7.1 Определение капитальных затрат и стоимости основных фондов 124](#_Toc137555434)

[7.2 Расчет стоимости основного технологического оборудования 125](#_Toc137555435)

[7.3 Расчет себестоимости продукции 128](#_Toc137555436)

[7.3.1 Определение затрат на сырье, материалы и энергию 128](#_Toc137555437)

[7.3.2 Расчет расходов на содержание и эксплуатацию оборудования 129](#_Toc137555438)

[7.3.3 Расчет цеховых расходов 130](#_Toc137555439)

[7.3.4 Плановая калькуляция себестоимости товарной продукции 131](#_Toc137555440)

[7.3.5 Основные технико – экономические показатели проекта 132](#_Toc137555441)

[Заключение 139](#_Toc137555442)

[Список использованных источников 140](#_Toc137555443)

# Введение

Основной областью применения молибдена является металлургия, где он используется как легирующий компонент в сталях, чугунах и суперсплавах для улучшения их закаливаемости, прочности, вязкости, стойкости к износу и коррозии. Молибден используется, прежде всего в виде оксидов или ферромолибдена, в сочетании с хромом, ниобием, марганцем, никелем, вольфрамом и другими легирующими металлами.

В последние годы потребление молибдена непрерывно растет, что в основном обусловлено возрастающим спросом со стороны производителей нержавеющих сталей и автомобильных катализаторов. В ассортимент товаров мирового рынка молибдена входят главным образом молибденовые руды и концентраты и ферромолибден, в меньшей степени – металл и оксиды молибдена. На фоне снижения качества добываемых руд, вызванного истощением запасов действующих предприятий, встает задача переработки небогатых концентратов с относительно высоким содержанием примесей (в частности, меди) и кеков с получением в качестве конечных продуктов парамолибдата аммония, триоксида молибдена и ферромолибдена, а также наиболее полное попутное извлечение спутника молибдена – рения.

В связи с этим в настоящее время привлечено внимание к разработке различных вариантов чисто гидрометаллургических схем переработки молибденитовых концентратов и промпродуктов. Один из них - окисление молибденита кислородом под давлением в азотнокислом растворе.

Однако по технологии образуются твердые и жидкие отходы, которые требуют утилизации. Решение проблемы утилизации этих отходов и просвещен дипломный проект.

# 1 Аналитический обзор литературы

Мировые прогнозные ресурсы молибдена по оценкам составляют около 20 млн. т, общие запасы – почти 23 млн. т, из них подтвержденные – свыше 12 млн. т. Крупнейшими странами-держателями запасов являются Китай, США, Чили, Перу и Канада, на долю которых приходится 80 %[[1]](#footnote-1) общих и 76 % подтвержденных запасов[1].

Свыше 80 % добываемого на земле молибдена потребляет металлургия специальных сталей. В нашей стране сталь, содержащая молибден (3,7 %), была выплавлена впервые в 1886 году на Путиловском заводе. Молибден задерживает рост зерна в процессе кристаллизации стали и тем самым придает ей мелкую однородную структуру, обеспечивающую высокие свойства металла. Молибден в сталях устраняет хрупкость после отпуска, заметно повышает прокаливаемость стали. Легированная этим элементом сталь характеризуется также значительной прочностью при высоких температурах и большим сопротивлением ползучести. Сходное влияние на свойства стали оказывает и вольфрам, но действие молибдена, например, на прочность металла значительно эффективнее: 0,3 % молибдена могут заменить 1 % вольфрама — металла более дефицитного.

Универсальность молибдена в улучшении разнообразных свойств сплавов обеспечила ему важную роль в современных индустриальных технологиях, которые все больше испытывают потребность в материалах, пригодных к эксплуатации в условиях высоких давлений, широкого диапазона температур и высококоррозионных сред. Благодаря тугоплавкости и низкому коэффициенту теплового расширения этот металл широко применяют в электротехнике, радиоэлектронике, технике высоких температур. Крючки (керны), на которых подвешена вольфрамовая нить в обыкновенной электрической лампочке, сделаны из молибдена. Из него же изготовляют многие детали радиоламп, рентгеновских трубок. Молибденовые спирали служат нагревателями в мощных вакуумных электропечах сопротивления, где развиваются весьма высокие температуры.

Разнообразное применение нашли соединения молибдена. Благодаря ему эмали приобретают высокую кроющую способность. Молибденовые красители используют в производстве керамики и пластических масс, в кожевенной, меховой и текстильной промышленности. Триоксид молибдена служит катализатором при крекинге нефти и других химических процессах.

Сплавы молибдена с хромом, кобальтом, никелем обладают отличной кислотоупорностью и применяются для производства химической аппаратуры. Для некоторых сплавов тех же элементов характерно большое сопротивление истиранию. Сплавы молибдена с вольфрамом могут заменять платину. Для изготовления электротехнических контактов используют сплавы этого элемента с медью и серебром.

Кроме того, он активно используется как жаропрочный металл в химической промышленности, в частности, в производстве катализаторов, смазочных материалов и пигментов. Многообразие сфер применения молибденсодержащих материалов определяет более интенсивный спрос на молибден по сравнению с другими легирующими металлами.

В настоящее время основным промышленным способом разложения молибденитовых концентратов является окислительный обжиг, целью которого является перевод молибденита в растворимую форму – триоксид молибдена. Продуктом окислительного обжига является огарок, содержащий триоксид молибдена и примеси других соединений. Огарок служит исходным продуктом для выплавки ферромолибдена, для производства металлического молибдена и его соединений из триоксида молибдена. Для получения чистого триоксида молибдена требуется проводить очистку от таких примесей, как медь, железо, мышьяк, цинк, свинец, фосфор, олово, вольфрам, что осуществляется возгонкой или гидрометаллургической переработкой огарка. На фоне снижения качества добываемых руд, вызванного истощением запасов действующих предприятий, встает задача переработки небогатых концентратов с относительно высоким содержанием примесей.

В процессе переработки молибденитовых концентратов на ОАО Скопинский металлургический комбинат «Металлург» образуются кеки выщелачивания и сбросные растворы сульфата и нитрата аммония. Перечисленные соли находят широкое применение в сельском хозяйстве в качестве минеральных удобрений. Так сульфат аммония используется под все виды сельскохозяйственных культур (от картофеля до цитрусовых) на черноземах и сероземах. Аммонийный азот сульфата аммония легко усваивается растениями. Сера необходима для питания всех культур, так как входит в состав некоторых синтезируемых растениями незаменимых аминокислот. Нитрат аммония - универсальное азотное удобрение может применяться в качестве предпосевного (основного) удобрения и как подкормка. Особенно эффективна для ранневесенней подкормки зерновых. Марка А - применяется в промышленности, Б - в сельском хозяйстве. В связи с выше перечисленным переработка растворов сульфата и нитрата аммония является актуальной.

Переработка кеков выщелачивания позволит повысить извлечение молибдена в ПМА и решить экологическую задачу утилизации твердых отходов.

1.1 Окислительный обжиг в многоподовой печи [2–5]

Многоподовые печи давно используют для обжига пиритных, а также медных и цинковых сульфидных концентратов. Хорошее перемешивание, осуществление противотока материала и газов и интенсивное окисление во взвешенном состо­янии в моменты пересыпания материала с пода на под обеспечивают возможность ведения процесса за счет теплоты реакции в печах этого типа. Разогрев форсунками, устанавливаемыми, например, на четных подах, необходим только при запуске печи. На нижних подах для доведения содержания серы в огарках до установленных кондиций (0,05–0,25 % Sобщ) форсунки постоянно работают. Такое низкое содержание общей серы требуется в огарках, поступающих на выплавку ферромолибдена.

Суммарную реакцию окисления молибденита кислородом (1) можно представить следующим образом:

  (1)

Температура на подах не должна превышать 580–600 °С. Нагревание до 700–800 °С недопустимо, так как при этих температурах триоксид молибдена интенсивно возгоняется. Кроме того, наблюдаемые в этом случае спекание и оплавление огарка вызывают зарастание отверстий и быстрый износ гребков.

Обжиг ведут в печах с 8, 12 и 16 подами и диаметром от 6 до 6,5 м. Температуру регулируют подачей воздуха отдельно на каждый под. Газы отводятся с каждого пода в общий газоход. Такая система обеспечивает поддержание необходимой температуры с помощью автоматических регуляторов. Скорость вращения вала (в зависимости от производительности печи) может изменяться от 0,3 до 0,9 об/мин. Продолжительность пребывания материала в печи около 10 ч.

Поды и боковые стенки печей футеруют шамотным огнеупором (53 % SiO2, 40 % А12O3). Вследствие абразивности огарков гребки изготавливают из материала «рефракс» (материал на основе карбида и нитрида кремния) со сроком службы до трех лет. При описанной системе подачи воздуха и отвода газов с каждого пода пылеунос достигает 15–18 %, причем пыль состоит в основном из необожженного концентрата. Пыль улавливают и возвращают на обжиг.

Производительность многоподовых печей составляет 70–90 кг/(м2сут). Продукт обжига – огарок, содержащий триоксид молибдена, значительное количество диоксида молибдена и молибдата кальция, поступает на выплавку ферромолибдена и служит исходным продуктом для производства химических соединений, важ­нейшее из которых триоксид молибдена. Для его получе­ния применяют способ возгонки триоксида из огарков или гидрометаллургические схемы переработки огарка.

## 1.2 Окислительный обжиг в печах кипящего слоя

Для получения огарков с высоким содержанием выщелачиваемого в растворах аммиака молибдена необходимо вести обжиг при возможно меньшем взаимном контакте частиц (для сведения к минимуму образование молибдатов и диоксида молибдена). Эти условия соблюдаются в наибольшей степени при обжиге в кипящем слое (КС) [2,3,5,6].

Печь КС представляет собой огнеупорную камеру круглого сечения, в нижней части которой расположена воздухораспределительная решетка, состоящая из ряда стальных сопел с грибовидными съемными колпачками. Скорость дутья 0,05–0,07 м/с, что соответствует расходу воздуха 180–250 м3/ч на 1 м2 пода.

Концентрат подается в печь автоматизированным узлом загрузки, состоящим из цилиндрического бункера, под которым находится тарельчатый питатель с регулируемой скоростью оборотов. Нож питателя сбрасывает концентрат в бункер герметичного шлюзового затвора, откуда он по течке поступает в КС. На уровне 1–1,5 м от подины в кладке имеется разгрузочное отверстие (порог выгрузки), через которое огарок непрерывно выгружается и через шлюзовой затвор ссыпается в приемники.

Вследствие близости температур возгорания молибденитового концентрата в КС 500–510 °С и начала спекания огарков 580–590 °С обжиг концентрата можно проводить лишь при относительно низкой температуре в слое, поддерживаемой в пределах 560–570 °С. При более высокой температуре обжига на стенках печи в надслоевой зоне образуются плотные наросты (результат окисления уносимых тонких частиц концентрата, приводящего к повы­шению температуры в этой зоне до 650–700 °С). Куски наростов падают в слой, постепенно накапливаются на подине, что приводит к нарушению процесса.

С газами уносится 20–40 % концентрата (в зависимости от его гранулометрического состава). Система, состоящая из циклонов и мокрого электрофильтра, обеспечивает полное улавливание пыли, причем в циклонах ее оседает примерно 85–90 %. Однако при описанном режиме обжига пыль окислена неполностью (примерно на 70–80 %) и содержит 8–10 % серы. Пыль можно возвращать на обжиг после предварительной грануляции (укрупнения частиц) в чашевом грануляторе.

Опыт работы промышленных печей показал несомненные преимущества обжига в случае последующей гидрометаллургической переработки огарков: - производительность печи 1200 – 1300 кг/м2 пода печи в сутки (для негранулированного концентрата), что в 15–20 раз выше, чем многоподовых печей;

- процесс полностью автоматизирован;

- oбжиг ведут за счет теплоты реакции (автогенно) при строго определенной температуре;

- качество получаемых огарков, характеризуемое со­держанием в них выщелачиваемого молибдена, выше, чем при обжиге в подовых печах; это объясняется незначитель­ным протеканием реакции образования молибдатов и диоксида молибдена;

- при обжиге в печах КС обеспечивается высокая от­гонка спутника молибдена - рения (возгоняется более 90 % Re в виде Re2O7). При обжиге в подовых печах степень возгонки рения составляет 60–70 %.

Недостаток обжига в печи КС – высокое содержание общей серы в огарках, равное 2–2,5 %, из которых 1,5–2 % – сульфатная сера, приблизительно 0,5 % – сульфидная сера. Это объясняется тем, что при обжиге в печах КС подавляющая часть примеси кальцита реагирует с SO3, образуя CaSO4, тогда как при обжиге в подовых печах кальцит, находящийся в контакте с частицами МоО3, переходит в СаМоО4.

## 1.3 Окисление в расплавленных солях

В работе [7] изучено окисление молибденита в расплаве 3Na2MoO4–1Na2SO4. Показано, что при 700 °С, скорости продувки воздуха через расплав 1,66 м/с и отношении MoS2 к пустой породе 1:10 за 20 минут окисляется более 99 % молибденита. Процесс идет по реакции (2).

  (2)

Полученный молибдат натрия легко выщелачивается слабым содовым раствором на 95,5 %. Отходящие газы содержат 5,4 % SO2 и могут быть использованы для получения серной кислоты.

## 1.4 Окисление растворами гипохлорита натрия

Гипохлорит натрия, обладающий высоким окислительным потенциалом, окисляет в щелочных средах все сульфидные минералы, в частности молибденит [2,8–11].

Окисление молибденита гипохлоритом натрия описывается следующей суммарной реакцией (3):

  (3)

Расход гипохлорита при окислении молибденита приблизительно соответствует теоретически необходимому по описанной выше реакции.

Окисление растворами гипохлорита натрия представляет интерес преимущественно для бедных молибденовых руд и концентратов, хвостов обогащения, содержащих сульфиды железа и меди, которые окисляются при 20 °С с меньшей скоростью, чем молибденит. Вместе с тем, гидроокиси железа и особенно меди катализируют процесс разложения гипохлорита в щелочной среде с выделением кислорода [2].

Высокое извлечение молибдена при окислительном выщелачивании растворами гипохлорита натрия достигается даже при обработке бедных руд, содержащих 0,015 % Мо, ~93 %, если процесс ведут методом перколяции [9].

Значительный интерес представляет вариант гипохлоритного выщелачивания, заключающийся в том, что в содовую пульпу подают газообразный хлор [12]. гипохлорит натрия, необходимый для окисления молибденита, образуется непосредственно в пульпе в процессе выщелачивания. При этом используется кальцинированная сода, являющаяся боле дешевым и доступным реагентом, чем едкий натр, применяемый для получения гипохлорита. Процесс выщелачивания осуществляется непосредственно в производственной пульпе, что исключает необходимость фильтрации пульпы промпродукта, поступающего с флотационного передела обогатительной фабрики. Также применение газообразного хлора вместо раствора гипохлорита натрия дает возможность получить более концентрированные по молибдену растворы и повысить производительность передела.

Химизм процесса хлорно-содового выщелачивания молибденсодержащих продуктов может быть представлен следующей суммарной реакцией (4):

  (4)

Преимущества применения гипохлорита натрия для извлечения молибдена из руд и бедных концентратов состоят в избирательной способности реагента к окислению молибденита и высоком извлечении молибдена в раствор при низких температурах обработки.

Недостаток способа – большой расход гипохлорита. Теоретически необходимо затрачивать 7 кг гипохлорита на 1 кг молибдена в сырье. Практически расход в 1,5–2 раза выше.

## 1.5 Азотнокислотное разложение

Азотная кислота 25–50 % концентрации при нагревании активно окисляет молибденит [2,3]. Взаимодействие в основном описывается реакцией (5):

 (5)

Это подтверждается близким соответствием между реальным расходом кислоты и ее количеством, рассчитанным по приведенной реакции [13]. Появление бурых паров диоксида азота – следствие взаимодействия закиси азота с кислородом воздуха.

Образующаяся молибденовая кислота частично остается в азотно-сернокислом маточном растворе, вероятно, преимущественно в форме сульфатокомплексов типа  некоторая ее доля находится в растворе в коллоидной форме.

При температуре разложения 80–90 °С и концентрации кислоты выше 20 % в начальный период (30–40 мин) весь окислившийся молибден находится в растворе, однако затем быстро выделяется молибденовая кислота и резко снижается концентрация молибдена в растворе. С увеличением концентрации азотной кислоты и температуры скорость окисления молибденита возрастает, причем оба фактора способствуют коагуляции молибденовой кислоты. После разложения 27–30 % HNO3 при 90 °С кислые маточные растворы содержат 12–15 кг/м3 Мо, а после разложения 54 % кислотой 2,5–3 кг/м3.

Теоретический расход азотной кислоты для разложения концентрата с содержанием 48–50 % Мо примерно равен 3,16 т (60 % кислоты) на 1 т концентрата. Реальный расход зависит от способа разложения. При проведении процесса в системе, включающей регенерацию азотной кислоты из выделяющихся оксидов азота, общий расход кислоты близок к стехиометрическому.

Регенерация основана на хорошо известном процессе получения азотной кислоты, включающем следующие стадии:

- окисление NO кислородом (6):

 (6)

- абсорбцию NО2 в воде по реакции (7):

 (7)

- диспропорционирование HNO2 по реакции (8):

 (8)

- результирующая реакция абсорбции NO2 (9):

 (9)

Учитывая реакции (6)–(8), можно, используя циркуляцию газов с одновременным введением в систему кислорода, существенно снизить расход азотной кислоты. Участие кислорода позволяет проводить процесс при расходе кислоты ниже стехиометрически необходимого количества (СНК) [13].

Разложение азотной кислотой проводят в аппаратуре из нержавеющей стали. При периодическом режиме целесообразно проводить двустадийное разложение по принципу противотока.

На одном из отечественных предприятий разложение ведут в непрерывном режиме [11]. Пульпа, состоящая из смеси концентрата и 30–35 % азотной кислоты, проходит последовательно через батарею цилиндрических аппаратов. В каждый аппарат подаются острый пар и воздух. Циркуляция пульпы внутри аппарата обеспечивает участие кислорода в регенерации азотной кислоты. Процесс проводят при температуре 90–100 °С. Расход азотной кислоты лишь немного выше стехиометрического количества.

Примерно 80 % молибдена (от исходного в пульпе) находится в осадках в составе молибденовой кислоты. Осадки выщелачивают аммиачной водой, растворы молибдата аммония перерабатывают по обычной схеме.

Весь рений весь переходит в маточный раствор, его концентрация составляет от 0,01 до 0,15 кг/м3 в зависимости от содержания в сырье. Молибден и рений извлекают из кислых маточных растворов, используя различные варианты экстракции или ионного обмена.

## 1.6 Окисление кислородом в кислых средах в автоклавах

Среди различных описанных в литературе вариантов автоклавного окисления кислородом в кислых средах наиболее перспективен «симоли-процесс», при котором в качестве катализатора в водную пульпу вводят некоторое количество азотной кислоты [2,3]. Окисление протекает за счет кислорода, однако непосредственно реагирует с молибденитом азотная кислота, которая постоянно возобновляется вследствие взаимодействия кислорода с монооксидом азота. Таким образом, в процессе протекают реакции (6)–(8).

Разложение молибденитового концентрата проводят в автоклаве. В автоклав загружается водная пульпа концентра­та (Т:Ж = 1:4), которая после добавления воды и азотной кислоты разбавляется до (Т:Ж = 1:5). Процесс ведут при 150–160 °С и давлении кислорода 0,65 МПа (6,5 ат) в течение 1,5 ч. Степень разложения концентрата достигает 97–99 %.

Поскольку все протекающие реакции экзотермические, предусмотрено охлаждение нижней зоны автоклава (где происходит окисление молибденита), и верхней зоны (где протекают процессы окисления NO кислородом). Газы засасываются в пульпу турбинкой через отверстия в диффузоре.

Выпускаемая из автоклава пульпа, содержащая продукты разложения, плохо отстаивается и трудно фильтруется. После добавления флокулянта ее фильтруют и промывают на фильтр-прессе.

Примерно 75–80 % молибдена от исходного количества содержится в твердой фазе в составе молибденовой кислоты. Кек с фильтра обрабатывают аммиачной водой, из аммиачного раствора путем выпаривания досуха и прокалки осадка получают технический триоксид молибдена. Аммиачная вода, получаемая в результате улавливания аммиака, возвращается на выщелачивание.

В кислых растворах содержатся 20–25 % молибдена от исходного количества, практически весь рений, сульфаты меди и железа.

Недостатки «симоли-процесса» – низкое прямое извлечение молибдена в технический триоксид (75–80 %) и трудность утилизации серной кислоты из-за низкой ее концентрации. Кроме того, происходит значительная коррозия нержавеющих сталей в условиях симоли-процесса (более 5×10-4 мм/год). Меньше скорость коррозии титана (5–7)×10-5 мм/год. Усовершенствованный вариант технологии разработан в Канаде фирмой «Норанда». Исходная пульпа (Т:Ж = 1:10) содержит 25–40 кг/м3 азотной кислоты и 400 г/л серной кислоты. Процесс ведут в автоклаве при 120–160 °С и давлении кислорода 0,1–0,14 МПа (10–14 ат). Отличительная особенность способа – циркуляция раствора в системе. Это позволяет увеличить концентрацию серной кислоты до 75 %, довести прямое извлечение молибдена в триоксид до 90 %, а также повысить концентрацию рения в циркулирующем растворе. Выводимые из процесса сернокислые растворы (после каждой операции разложения концентрата выводится примерно 10 % от общего объема циркулирующего раствора) направляются на экстракцион­ное извлечение молибдена и рения.

Основные преимущества азотнокислотного автоклавного разложения заключаются в следующем:

- вместе с молибденом более полно извлекается рений;

- можно перерабатывать некондиционные концентраты с повышенным содержанием меди;

- более низкий расход азотной кислоты и практически исключаются выбросы оксидов азота в атмосферу;

- исключается образование вредных сбросов, поскольку из азотно-сернокислых маточных растворов можно получать удобрения.

## 1.7 Окисление кислородом в щелочных средах в автоклавах

Окисление молибденита кислородом в щелочных растворах изучали советские и зарубежные исследователи [14,15].

Процесс описывается следующей суммарной реакцией (10):

 (10)

Реакция протекает через стадию образования тиосульфата, обнаруживаемого в растворе при неполном окислении минерала. Концентрация тиосульфата выше в начальной стадии процесса и снижается во времени.

В работе [14] были сопоставлены скорости окисления кислородом молибденита в растворах аммиака, соды и щелочи. При прочих равных условиях скорость процесса возрастает в ряду аммиак–сода–каустическая щелочь, что связано с соответствующим повышением концентрации ионов ОН–.

Рекомендовано проводить окислительное выщелачивание концентрата в растворах едкого натра. Опыты показали, что при выщелачивании в растворах аммиака или соды для достижения приемлемой скорости процесса его необходимо проводить при температуре не ниже 200 ºС и парциальном давлении кислорода 10–15 ат, тогда как при выщелачивании в растворах едкого натра можно снизить температуру до 130–140 ºС и давление кислорода до 1–2 ат. Это позволяет при работе с растворами едкого натра заменить кислород сжатым воздухом, поскольку общее давление в автоклаве будет не выше 8–10 ат. Кроме того, при применении растворов едкого натра происходит хорошее разделение меди и молибдена уже в процессе выщелачивания, тогда как применение аммиака для выщелачивания приведет к переходу меди вместе с молибденом в раствор. Помимо указанного, существенный недостаток растворов аммиака – взрывоопасность смесей в системе аммиак-кислород-водяной пар при высоких температурах и давлениях кислорода.

Для окислительного выщелачивания молибденового промпродукта могут быть использованы автоклавы с механическим перемешиванием. Перемешивающее устройство должно обеспечивать хорошее диспергирование кислорода (воздуха) и засасывание его из газовой фазы в раствор.

В результате окислительного выщелачивания в автоклаве в раствор полностью переходят молибден, рений, сера в форме натриевых солей, молибденовой, рениевой и серной кислот, растворы также содержат примеси соединений меди, вольфрама, кремния, мышьяка, сурьмы и фосфора. Из маточного раствора после очистки и осаждения двуокиси молибдена извлекают рений ионито-адсорбционным методом.

Такая технологическая схема обеспечивает извлечение в готовый продукт молибдена и рения 96 % и 89–90 % соответственно.

На предприятии ОАО «СМК Металлург» планируется перерабатывать молибденитовые концентраты по азотнокислотному варианту. По технологии образуются твердые и жидкие отходы, которые требуют утилизации.

## 1.8 Переработка низкосортных молибденитовых концентратов и промпродуктов

### 1.8.1 Переработка молибденитовых промпродуктов

Схема переработки промпродукта, содержащего в %: Мо 15-20; Сu 3-5: SiO2 12-15; А12О3 10-12; Fe 1,0-15; S 20-25; Re 0,01-0,02 предусматривает получение в качестве конечного продукта молибдата кальция и попутное извлечение рения. Она включает окислительный об­жиг, выщелачивание огарка растворами соды и выделение из растворов технического молибдата кальция.

Обжиг ведут в печах КС при температуре в слое 650 оС, что на 80-90 оС выше температуры обжига стандартных концентратов. Это допустимо вследствие более высокой температуры спекания огарков, получаемых при обжиге промпродукта. Содержащийся в отходящих га­зах рений (Re2O7) улавливается в мокрой системе очистки (скруббер, мокрый электрофильтр).

Выщелачивание огарков ведут 8-10 %-ными растворами соды при 80-90 °С в 4-5 стадий по принципу противотока. Это позволяет лучше использовать соду и выводить растворы, нейтрализованные свежей порцией выщелачиваемого материала до рН = 8-8,7. При таких конеч­ных значениях рН растворов карбонатные комплексы меди разрушаются и медь выделяется в составе основных карбонатов. Большая часть кремния также осаждается в этих условиях в виде H2SiO3. Процесс проводят в стальных реакторах с мешалками при подогреве глухим паром через паровую рубашку или змеевики. Отфильтрованные растворы содержащие 50-70 г/л Мо, поступают на осаждение молибдата кальция без предварительной очистки от примесей.

Маточные растворы после осаждения СаМоО4 содержат 0,8-1 г/л Мо. Его извлекают сорбцией на ионообменных смолах.. Схема обеспечивает общее извлечение в молибдат кальция ~ 95 % Мо и 70-75 % Re. Последний извлекают из сернокислых растворов мокрой системы улавливания, используя способ ионного обмена.

В случае необходимости можно вместо осаждения молибдата кальция провести инверсию раствора молибдата натрия в раствор молибдата аммония методом ионного обмена и выделить из аммиачного рас­твора ПМЛ. По рассмотренной схеме перерабатывают также повеллитовые промпродукты, содержащие 6-8 % МоО3.

### 1.8.2 Переработка низкосортных концентратов по способу Симоли

Схема разработана применительно к низкосорт­ным молибденитовым концентратам (~ 43% Мо), содержащим рений Молибденит окисляют кислородом под давлением в присутствии азот­ной кислоты. Осадок, содержащий ~75-80 % Мо от исходного, пере­рабатывают, получая технический триоксид.

Остановимся более детально на сложной экстракционной схеме переработки кислого маточного раствора. Первоначально из раствора с высокой концентрацией серной кислоты извлекаю! весь рений с частью молибдена экстракцией нейтральным фосфорорганическим экстрагентом дибутилбутилфосфонатом. Из экстракта I рений и молибден реэкстрагируют аммиачной водой. Из полученного реэкстракта I избирательно извлекают рений экстракцией сульфатом четвер­тичного аммониевого основания (экстракция III). Из экстракта III рений реэкстрагируют 1 М НClO4, выделяя затем из раствора хлорной кислоты рений известными способами.

Из рафината I, содержащего основное количество молибдена и сер­ную кислоту, молибден экстрагируют смесью экстрагентов: ТОА,Д2ЭГФК и ТБФ. В результате реэкстракции аммиачной водой получают раствор молибдата аммония, к которому присоединяют рафинат III. Из объединенного раствора выделяют ПМА или технический триоксид молибдена.

Преимущества схемы переработки кислых маточных растворов со­стоят в экстракции рения и молибдена непосредственно из растворов с высокой концентрацией серной кислоты. При этом обеспечивается из­влечение молибдена 98,9%, рения 93,5%. Недостаток схемы - исполь­зование пяти экстрагентов, что сильно усложняет технологию.

### Переработка молибдено-медного промпродукта с использованием автоклавного окисления в щелочных средах

Схема разработана отечественными исследователями применительно к промпродуктам, содержащими, %: Мо 5,8 - 6,3; Сu 6-9; Fe 12-17; S 21-27; SiO2 26; Re 0,01-0,014, а также более богатым промпродуктам с содержанием 20 % Мо и 4 % Сu.

При использовании едкого натра (расход регента 103-105 % от СНК) при температуре 130 °С, давлении кислорода 0,2 МПа (или давлении воздуха 1,0 МПа) за 7-8 часов в раствор извлекается 98 – 99 % молибдена и рения, содержащихся в промпродукте.

При проведении окисления в растворах соды для достижения приемлемых скоростей температуру процесса повышают до 200 °С, а парциальное давление кислорода до 1,0 – 1,5 МПа. В этом случае применение воздуха не приемлемо в следствии высокого общего давления в автоклаве (~ 10 МПа).

Растворы, полученные в результате окислительного выщелачивания промпродукта приведенного выше состава, содержат 12 – 20 г/л Мо, 170 – 180 г/л Na2SO4, 20 – 40 мг/л Re, а также примеси соединений меди, кремния, мышьяка, сурьмы и фосфора (подавляющая часть меди оста­ется в осадке). Согласно предложенной схеме первоначально из рас­творов осаждают примеси (Сu, Si, As, P) соосаждением с гидроокисью железа при рН = 8,5 и температуре 90-95 оС. Затем подкисляют рас­твор до рН = 2,5 - 3 и в результате охлаждения до 0 – 5 оС выделяют до 75 *%* ионов SO42- b составе Na2SO4×10H2O.

Последующее извлечение молибдена и рения можно осуществить методами экстракции или ионного обмена. Авторы использовали другой путь-осаждение диоксида молибдена восстановлением анионов Мо (VI)молибденовым порошком из слабокислого раствора (рН = 2) в автоклаве при 200 oC.

Промытые и высушенные осадки содержат 64-68% Мо (или 85,5-91 % МоО2), 0,06-0,08% S. Они могут быть использованы для выплавки ферромолибдена и получения лигатурных сплавов цветных металлов или восстановлены водородом с получением технического мо­либденового порошка.

Из маточного раствора после осаждения диоксида молибдена из­влекают рений сорбцией па ионитах или углях, получая в качестве конечного продукта перренат аммония.

Схема обеспечивает извлечение в готовый продукт 96 % .Мо и 85-90 % Re, что выше, чем при использовании обычной технологии переработки промпродуктов с получением молибдата кальция.

## 1.9 Извлечение молибдена из окисленных руд и бедных концентратов

Значительные запасы молибдена заключены в некоторых железистых кварцитах, содержащих ферримолибдит, тесно связанный с оксидами железа. К ним откосятся сорские окисленные руды, содержа­щие 0,05-0,07 % Мо, 55-60 % SiO2, 2-3 % Fe. Как выше отмеча­лось, из таких руд в лучшем случае можно методом флотации получить концентраты, содержащие 0,2-0,3 % Мо при извлечении 65-70 %.

Подобного типа продукты, содержащие окисленный молибден, по­лучают в виде хвостов сульфидной флотации при обогащении руд ком­пании «Клаймакс» в США. Тонкие шламы, выделенные из хвостов, со­держат 0,25-0,35 % окисленного молибдена, в основном связанного с гетитом НFеO2. Иногда труднообогатимые руды смешанного типа, поми­мо окисленных минералов (повеллита, ферримолибдита), в подчиненных количествах содержат и молибденит.

Предложены различные гидрометаллургические схемы извлечения молибдена из окисленных руд и бедных концентратов. Ниже рассмот­рены некоторые из них.

### 1.9.1 Извлечение молибдена из окисленных руд

#### 1.9.1.1 Сернокислотный способ

В результате выщелачивания рудного ма­териала 5-10%-ной серной кислотой при 80-90 оС в раствор извлека­ется 85-90 % Мо. Высокое извлечение в кислые растворы объясняется одновременным растворением оксидов железа, с которыми молибден тесно связан. При осуществлении 3-4 кратного оборота кислых растворов с промежуточным их подкреплением расход серной кислоты (96 %-ной) составляет 90-100 кг/т руды. После нейтрализации раство­ров известью до рН = 1,2-1,5 молибден может быть извлечен из рас­творов сорбцией па анионообменных смолах. Процесс экономичен при использовании сорбции из пульп, исключающей фильтрацию.

1.9.1.2 Комбинированная схема*.*

Схема включает обжиг сорской окислен­ной руды (или концентрата) с известью с последующим выщелачива­нием продукта обжига растворами соды. При обжиге руды с известью при 800-850 оС оксиды железа и молибдена реагируют с СаО с обра­зованием феррита кальция и молибдата кальция. При выщелачивании продукта обжига 2-3 %-ым раствором соды при т:ж=1:1,25 и тем­пературе 90 оС в раствор извлекается 80-85% Мо. При переработке концентрата, содержащего 0,3 % Мо, растворы содержат, г/л: Мо 0,4; Р 0,0009; SiO2 0,006; SO42- 12,9. Молибден из них извлекают ионооб­менным способом, получая аммиачные растворы с концентрацией мо­либдена 70-80 г/л. Технология обеспечивает экономичное извлечение молибдена из окисленных руд и концентратов. Общее извлечение в ко­нечный продукт составляет 77-80 %.

1.9.1.3 Способ хлоридовозгонки*.*

В результате обжига окисленной сорской руды или бедного концентрата с хлористым натрием в присутствии сер­нистого газа (например, при добавках пирита в шихту) при 800-850 °С 80-90% Мо возгоняется в составе диоксидихлорида МоО2С12:

МоО3 + 2NaCl + SO2 + ½O2→MoO2Cl2↑ + Na2SO4. (11)

При содержании в исходном сырье 0,06-0,3 % Мо в шихту вводят ~ 10 % NaCI и 3-4 % сульфидной серы (в составе пирита). В условиях окислительной атмосферы в печи железо возгоняется в незначительной степени. Обжиг с возгонкой можно проводить в барабанной печи или печи кипящего слоя, улавливая МоО2Сl2 в скруббере с орошением во­дой. В циркулирующем растворе можно довести концентрацию молибде­на до 80-150 г/л, затем из раствора выделить октамолибдат аммония. Способ хлоридвозгонки представляет большой интерес, так как в этом случае исключается операция гидрометаллургической обработки боль­ших масс бедной руды или концентрата.

#### 1.9.1.4 Извлечение окисленного молибдена из хвостов флотации на предприятиях фирмы «Клаймакс»

Технология разработана применительно к тонким шламам, выделенным из хвостов сульфидной флотации, которые содержат 0,25-0,35 % Мо в основном в составе ферримолибдита в тесной связи с гетитом. Выще­лачивание молибдена ведут в каскаде агитаторов смесью серной и сер­нистой кислот (в пульпу пропускают SO2) при 65 °С (подогрев острым паром). Применение смеси кислот обеспечивает растворение гетита и извлечение молибдена в раствор в форме молибденовой сини. Средний расход реагентов на операции выщелачивания: 32 кг H2SO4 и 10,5 кг SO2 на 1 т исходного продукта. За 12 ч в раствор извлекается 94 % Мо. Пульпа после выщелачивания имеет рН =1,2 и содержит до 1 г/л SO2. После продувки воздухом (для окисления SO2) нагретая до 60 оС пульпа (т:ж= 1:1,5) поступает на сорбцию активированным углем (размер частиц 0,8-2,3 мм), проводимую в чанах с мешалками. За 12 ч поглощается 96 % молибдена. Емкость угля по молибдену 8- 10 % (по массе), расход угля 48 кг/м3 пульпы. Насыщенный уголь от­деляют от рудной пульпы на виброгрохотах с размером отверстий 0,4 мм.

Отработанную пульпу сгущают, шламы направляют в хранилище, а осветленный раствор на операцию выщелачивания хвостохранилище, а осветленный раствор на операцию выщелачивания.

Десорбцию молибдена проводят контактированием угля ( из двух или трех колонн) со смесью аммиака с воздухом (с целью окисления молибденовой сини). Затем молибдат аммония вымывают водой, получая растворы с концентрацией молибдена ~70 г/л Уголь после промывки кислотой возвращается в процесс. Для поддержания активности угля 20 % его объема выводят на в течение 0,5 ч при ограниченном доступе воздуха.

Раствор молибдата аммония (после очистки от фосфора осаждением фосфата магния) направляют на выпарку и кристаллизацию ДМА. В кристаллы выделяется ~ 95 % Мо. Из маточного раствора при pH = 4,5 осаждают полимолибдат аммония, который присоединяют к кристаллам ДМА. Осадок прокаливают, получая триоксид молибдена" содержащий 99,8 % МоО3. Общее извлечение из исходного продукта в триоксид достигает ~ 88 %.

### 1.9.2 Извлечение молибдена из бедных смешанных руд

Б. Н. Ласкориным с сотр. разработана и реализована техно­логия извлечения молибдена из алюмосиликатных руд, в которых молиб­ден (0,05-0,48%) находится в составе молибденита (20-25% от об­щего содержания) и окисленных минералов - повеллита, ферримолиб­дита, вульфенита, ильземанита (75-80 % от общего содержания). Схе­ма включает следующие операции:

- выщелачивание молибдена серной кислотой (15-30 г/л) с до­  
бавкой азотной кислоты при т:ж=1 : 1 и температуре 85 °С в течение 3 ч;

- сорбционное извлечение молибдена анионитами из плотных пульп в 6-8 последовательно работающих аппаратах с пневматическим перемешиванием и аэролифтной подачей смолы и пульпы. Для сорбции рекомендованы винилпиридиновые аниониты (ВП, ВП-1) с сорбционной емкостью до 500 кг Мо/т сорбента при рН пульпы 1,2-1,5;

- десорбцию молибдена со смолы аммиачно-сульфатными (5 %  
NH4OH+10 % (NH4)2SO4) или аммиачно-нитратными (5 % NH4OH+  
+ 8 % NH4NO3) растворами. Элюаты с концентрацией молибдена 40-  
50 г/л непосредственно направляют на получение ПМА. Более бедные  
элюаты рекомендуется концентрировать методом сорбции на активиро­ванном угле с десорбцией растворами аммиака.

Из обедненных элюатов после очистки от примесей фосфора и мышьяка осаждают октамолибдат аммония. Перекристаллизацией по­следнего через аммиачный раствор получают ПВА высокой чистоты. Все маточные растворы направляют на сорбционное концентрирование.

## 1.10 Обоснование выбора схем переработки

На фоне снижения качества добываемых руд, вызванного истощением запасов, возникает необходимость переработки нестандартных концентратов с относительно высоким содержанием примесей (в частности меди). В связи с этим большое внимание придается чисто гидрометаллургическим схемам переработки молибденитовых концентратов. На основании вышеизложенного перспективным гидрометаллургическим способом вскрытия нестандартных молибденитовых концентратов является - окисление молибденита кислородом под давлением в азотнокислом растворе именно этот способ и лег в основу технологической схемы, приведенной на рисунке 1.

Технологическая схема предполагает окисление молибденитового концентрата кислородом под давлением в азотнокислом растворе, сорбцию рения из раствора и получение ПРА, последующую сорбцию молибдена и получение ПМА.

В процессе переработки молибденитовых концентратов образуются сбросные растворы сульфата и нитрата аммония. Перечисленные соли находят широкое применение в сельском хозяйстве в качестве минеральных удобрений. В связи с

Молибденитовый концентрат

(3560 т/год, 1673 т Мо, 926 кг Re)

вода

Распульповка

Выщелачивание

Фильтрование и промывка

Получение ПРА

Растворение

Фильтрование и промывка

Корректировка рН

1стадия сорбции Мо

Промывка

Десорбция

Промывка

Регенерация

Получение ПМА (2046 т)

2стадия сорбции Мо сорбции

Кислород азотная кислота

вода

раствор осадок р-р NH4OH

вода

ПРА раствор

(898 кг)

кек в отвал

р-р NH4OH (465 т)

ионит

раствор на утилизацию ионит

вода

ионит промвода

ионит товарный десорбат

промвода ионит

ионит раствор

на утилизацию

Рисунок 1 - Технологическая схема переработки молибденитового концентрата

этим растворы резонно утилизировать обезвоживанием с получением высушенной смеси солей.

Кек выщелачивания, содержащий от 1,5 до 4,5 % Мо в составе молибденита и окисленных минералов, рационально подвергнуть переработке по схеме, разработанной Б.Н. Ласкориным. Это позволит доизвлечь из кеков до 90 % молибдена (см. п.1.9.2).

### 1.10.1 Схема переработки жидких отходов (сбросных растворов)

Состав исходного сбросного раствора, %:

- (NH4)2SO4 - 7,79;

- NH4NO3 - 1,28;

- плотность - 1056 кг/м3;

- показатель рН раствора - 5,5;

Установлено, что лишь при содержании солей от 65 до 67% масс, начинается их кристаллизация. Дальнейшее выпаривание сопровождается выделением кристаллов, и раствор превращается в пульпу с увеличивающимся содержанием твердой фазы. Пульпа с содержанием солей сульфата и нитрата аммония 72% масс, становится малоподвижной, и при более высоких концентрациях выделяющиеся из раствора кристаллы схватываются в не перемешиваемою массу.

Поэтому целесообразней процесс концентрирования раствора сульфата и нитрата аммония проводить в две стадии:

* на первой стадии – осуществляется предварительное концентрирование до состояния, близкого к насыщению;
* на второй стадии – выпаривание с кристаллизацией основной массы солей.

Оставшаяся влага удаляется из раствора на стадии сушки и грануляции в барабанном аппарате.

Предлагаемая схема утилизации сбросных растворов приведена на рисунке 2.

Для осуществления процесса сушки и гранулирования смесей выбрана технологическая схема, в которой основным аппаратом является барабанная

Раствор (NH4)2SO4 и NH4NO3

пар

Выпаривание

потери

конденсат на ТЭЦ

концентрированный раствор

потери

Кристаллизация

пар

пульпа

сушильный агент

Сушка-грануляция

отработанный гранулированная

сушильный агент смесь солей

потери

Сухая очистка

Грохочение

пыль отработанный крупная мелкая

сушильный агент фракция фракция

Дробление

Мокрая очистка

раствор газ потери кондиционный

продукт в атмосферу

на фасовку

Рисунок 2 - Технологическая схема переработки раствора сульфата и нитрата аммония.

сушилка-гранулятор. С целью получения удобрений заданного гранулометрического состава продукт после сушки и грануляции поступает на грохочение, где происходит выделение крупных частиц, которые измельчаются до крупности не более 5 мм. Частицы менее 2 мм возвращаются в сушилку-гранулятор. Готовый продукт имеет гранулометрический состав (+2-5) мм.

Для получения продукта с температурой не более 40 оС применяем вертикальный конвейер-охладитель.

С целью уменьшения выбросов в атмосферу предусматривается двухстадийная система очистки сушильного агента. На первой стадии применен сухой способ очистки, и на второй – мокрый.

### 1.10.2 Схема переработки твердых отходов (кеков выщелачивания)

Кек выщелачивания поступает на распульповку в чан для распульповки. Распульповка проводится до отношения твердого к жидкому 1-0,8.

После распульповки пульпа поступает на выщелачивание в реактор с механическим перемешиванием. Температуру выщелачивания поддерживают постоянной (85 оС) при продолжительности процесса 4 часа, остаточную кислотность на уровне 20-25 г/л серной кислоты.

После выщелачивания пульпу разбавляют до Т:Ж = 1:1,2 и направляют на сорбцию.

Сорбцию молибдена проводят на противоточной многостадиальной сорбционной установке, включающей в себя восемь аппаратов типа «Пачук» с пневматическим перемешиванием.

В качестве сорбента используется анионит типа ВП-1п, который был предварительно переведен в сульфатную форму обработкой пятипроцентной серной кислотой.

Загрузка анионита в каждый аппарат составляет 7 % от полезного объема аппарата. Продолжительность контакта пульпы со смолой на каждой стадии составляет в среднем 40-50 минут.

После водной промывки насыщенной смолы, выходящей из головного аппарата, от песков, шламов и маточника, анионит поступает на десорбцию в колонну с пневмогидравлической разгрузкой.

Скорость пропускания регенерирующего раствора аммиака концентрацией 7 % и анионита поддерживается таким образом, чтобы обеспечить продолжительность их контакта в аппарате в течение 4-6 часов и получить остаточную емкость сорбента 2-5 кг/т.

Полученный товарный регенерат с содержанием молибдена не менее 60 г/л поступал на очистку от мышьяка. Осаждение примесей проводят нитратом магния без нагревания. После выделения примесей раствор фильтруют и направляют на осаждение полимолибдатов. Осадок отправляют на утилизацию.

Осаждение полимолибдатов проводят нейтрализацией раствора серной кислоты до рН 2,5 без нагревания. Выпавшие кристаллы полимолибдата после отделения от маточного раствора поступают на перекристаллизацию.

Парамолибдат аммония получают путем растворения полимолибдатов аммония в слабо аммиачном растворе при температуре 70 оС с последующим охлаждением до 20-25 оС.

Выпавшие кристаллы ПМА промывают не большим количеством воды (0,4 м3/т парамолибдата) и подсушивают на воздухе полученный парамолибдат аммония по химическому составу полностью соответствует ГОСТу.

Технологическая схема переработки кеков выщелачивания приведена на рисунке 3.

Раствор (NH4)2MoO4

пульпа

На выщелачивание молибденита

промвода

MgO

Перекристаллизация

NH4OH

ПоМА

Осадок на утилизацию

Сгущение-отстаивание

кек выщелачивания

Распульповка

пар

# Продукт

Производство стройматериалов

Сушка

Mg(NO3)2

Осаждение ПоМА

HNO3

7% NH4OH

Выщелачивание

пульпа

Разбавление

Сорбция

смола

Промывка

вода

сливной раствор

Маточный раствор

смола

Десорбция

смола

вода

раствор

Очистка от примесей

промвода

смола

Промывка

5% H2SO4

раствор

смола

Регенерация

Раствор (NH4)2SO4

На производство удобрений

шлам

Доукрепление

H2SO4 + HNO3

Раствор кислот

маточный раствор

ПМА

1/10

Промывка

вода

Сушка

ПМА

9/10

# 2 Обоснование проекта реконструкции цеха

## 2.1 Обоснование выбора места реконструкции

ОАО СМК «Металлург», созданный в середине 50-х годов на базе обогатительной доводочной фабрики в Рязанской области, специализировался на гидрометаллургической переработке промпродуктов, вольфрамовых и молибденовых концентратов, отходов твёрдых сплавов, пылевидных вольфрамсодержащих отходов с получением товарной продукции в виде солей и оксидов вольфрама, молибдена, кобальта и рения. В состав комбината входят:

* производственные подразделения основного назначения (гидрометаллургический цех-1 и гидрометаллургическое отделение);
* производственные подразделения вспомогательного назначения (ремонтно-механический цех, ремонтно-монтажный специализированный участок, гуммировочная ремонтная мастерская, энергетический и транспортный цехи, цех по переработке и утилизации сточных вод);
* централизованные службы (центральная химическая лаборатория, электротехническая служба, административно-хозяйственный отдел и др.).

Парамолибдат аммония и триоксид молибдена в 80–90х годах прошлого века активно экспортировались в страны Западной Европы, где и завоевали хорошую репутацию.

Предприятие размещено на промышленной площадке площадью около 40 гектар, обеспечено всеми видами энергоресурсов, имеет подъездные железнодорожные пути, развитую инфраструктуру, обеспечено квалифицированной рабочей силой.

В качестве сырья завод использует молибденовые концентраты СП «Эрдэнэт» и Каджаранского месторождения в Армении в количестве ~ 3000 т в год. Расчетное содержание молибдена в концентрате 47 %, рения – 260 г/т. Молибденовое производство потребляет довольно широкую номенклатуру материалов и реагентов (серная и азотная кислоты, аммиачная вода, кальцинированная сода и др.), а также запчастей для технологического оборудования (фильтроткани, сетки, смазки и др.). Снабжение разнообразными реагентами, маслами и смазками осуществляется с химических и нефтехимических предприятий Рязанской области. Поставка запчастей и сменного оборудования производится заводами-поставщиками основного оборудования.

Электроэнергия на завод подается от двух независимых источников электроснабжения: воздушной линии 35 кВ от Скопинских электросетей «Рязаньэнерго» и кабельных линий 6 кВ и 10 кВ от подстанции «Стекольная».

Обслуживание и ремонт электрооборудования выполняется существующей службой.

Теплоснабжение осуществляется от собственной существующей котельной, построенной тремя очередями в 1956–1965 гг. За период 2000–2001 гг. силами подрядной организации ЮСАЭМ (г. Харьков) выполнен большой объем работ по восстановлению строительных конструкций. В качестве топлива для котельной используется природный газ, поставляемый ГРУ ОАО «Скопингаз».

Источниками водоснабжения предприятия являются поверхностные воды из реки Вёрда и подземные воды из артезианских скважин. Скважинный водозабор расположен в районе поселка Красный Городок на расстоянии 7,5 км от промплощадки. Максимально возможная подача воды на промплощадку за год: артезианской – 864000 м3, речной 336000 м3. На площадке имеются два резервуара по 500 м3: расходный для водообеспечения и пожарный.

Реконструкция намечается на площадке существующего гидрометаллургического цеха. Здание цеха находится в удовлетворительном состоянии. Половина цеха занята вольфрамовым производством.

Общая численность трудящихся на ОАО СМК «Металлург» – 336 человек. В настоящее время на предприятии имеется ключевой персонал, способный в период монтажа и пуска производства обеспечить подготовку технологических и ремонтных рабочих и инженерно-технических работников (ИТР). В наличии на предприятии для молибденового производства имеется порядка 30 % необходимой численности. Дополнительный набор будет осуществляться за счет трудовых ресурсов города и района, часть из которых является бывшими сотрудниками Скопинского гидрометаллургического завода, а также за счет привлечения молодых специалистов.

## 2.2 Обоснование реконструкции цеха

В процессе переработки молибденитовых концентратов образуются сбросные растворы сульфата и нитрата аммония, а также твердые кеки выщелачивания. Эти отходы необходимо утилизировать и захоранивать, в вязи с чем появляется экологическая проблема. Ее можно решить путем переработки этих отходов по предлагаемой схеме с получением дополнительной прибыли.

В связи с выше перечисленным переработка растворов сульфата и нитрата аммония и кеков выщелачивания является актуальной.

## 2.3 Характеристика исходного сырья и вспомогательных материалов

Характеристика исходного сырья и вспомогательных материалов представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика исходного сырья, реагентов и вспомогательных материалов

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование | Характеристика |
| Кек выщелачивания | Содержание, %: Mo – 1,5; Cu – 0,027; Fe – 6,5;Ni – 0,004; Cr- 0,42; SiO2 – 45,6; Re ≥0,001; As – 0,16; F – 0,03; Al2O3 – 1,5; прочие – 2,114; влага – 50,0; |
| Раствор сбросной | Содержание, %: (NH4)2SO4 - 7,79; NH4NO3 - 1,28; Ca(NO3)2.4 H2O - 0,027; MgSO4.7 H2O - 0,019; (NH4)6.Mo7O24.4 H2O, MnSO4.7 H2O , KNO3NiSO4.7 H2O,иCuSO4.5H2O - 0,021;H2O - 90,863 |
| Азотная кислота | разбавленная III сорт (45 %) |
| Аммиачная вода | 25 % раствор |
| Серная кислота | техническая (96 %) |
| Сорбент ВП-1п | В SO42––форме; ПОЕ = 5 мг-экв/г сухой смолы |

## 2.4 Характеристика основной выпускаемой продукции

Характеристика основной выпускаемой продукции представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика основной выпускаемой продукции

|  |  |
| --- | --- |
|  | |
| Наименование | Характеристика |
| Парамолибдат аммония | Содержание, %: MoO3 ≥ 81; Fe2O3, ≤ 0,03; Al2O3 ≤ 0,01; Ni ≤ 0,005; Mn ≤ 0,001; Si ≤ 0,003; Ca ≤ 0,0041; Mg ≤ 0,0011; As ≤ 0,0008; P ≤ 0,0001; S ≤ 0,01; Zn ≤ 0,003; K, Na ≤ 0,061 |
| Аммиачные удобрения | Содержание, %: NH4NO3 ~ 14,0; (NH4)2SO4 ~ 85,0; влага ~ 1 |

# 3 Технологическая часть

В этом разделе приведено описание технологической схемы переработки твердых и жидких отходов, составлены и рассчитаны балансы по молибдену и смеси солей, а так же пооперационные материальные балансы упомянутых схем.

## 3.1 Технологическая схема переработки жидких отходов (сбросных растворов)

### 3.1.1 Описание технологической схемы переработки жидких отходов (сбросных растворов)

*Выпаривание* Исходный раствор поступает в бак исходного раствора, откуда насосом последовательно прокачивается через подогреватели. Нагретый в подогревателях раствор поступает в выпарной аппарат, где частично конденсируется за счет тепла греющего пара, конденсирующегося на наружной поверхности греющих труб. Далее раствор насосами последовательно передается в выпарные аппараты и доупариватель. из доупаривателя концентрированная пульпа солей насосом или направляется в емкость.

Выпарной аппарат, подогреватель и доупариватель обогреваются свежим паром ТЭЦ. Конденсаты греющего пара из этих аппаратов стекают в самоиспаритель, где происходит самоиспарение их и охлаждение. Пар самоиспарения конденсаторов используется для обогрева выпарного аппарата. Охлажденный конденсат поступает в бак, откуда насосом откачивается на ТЭЦ.

Вторичный пар выпарного аппарата разделяется на два потока – часть вторичного пара используется в подогревателе для нагрева исходного раствора, а основная масса пара поступает в греющую камеру выпарного аппарата и конденсируется на греющих трубках. Тепло конденсации пара для частичного конденсирования раствора. Конденсат пара из подогревателя стекает в греющую камеру выпарного аппарата и вместе с конденсатом этого аппарата отводится в греющую камеру выпарного аппарата.

Вторичный пар выпарного аппарата частично используется в подогревателе для подогрева исходного раствора, остальной пар – в греющей камере выпарного аппарата для осуществления процесса выпаривания. Конденсат из подогревателя стекает в греющую камеру выпарного аппарата. Конденсат из греющей камеры выпарного аппарата откачивается насосом в бак. Из бака конденсат вторичного пара насосом подается на технологические нужды производства.

*Конденсация* Вторичный пар из выпарного аппарата отводится для конденсации в поверхностный конденсатор. Конденсат из конденсатора стекает в бак-сборник конденсатора вторичного пара.

Вторичный пар из доупаривателя отводится для конденсации в поверхностный конденсатор. Конденсат пара стекает в бак-сборник.

Неконденсирующиеся газы из греющих камер выпарных аппаратов выводятся греющим паром в подогреватели, откуда – в трубопроводы вторичного пара выпарных аппаратов. Из греющей камеры выпарного аппарата неконденсирующиеся газы отводятся на конденсатор. Из конденсатора неконденсирующиеся газы сбрасываются в конденсатор К1, откуда отсасываются вакуум насосом или в атмосферу.

Охлаждающая вода из системы оборотного водоснабжения подается параллельно в конденсаторы. Из конденсаторов и подогретая вода возвращается для охлаждения в оборотный цикл.

*Сущка-грануляция* Из емкости исходная суспензия с температурой 80-92 оС насосом подается в пневматическую форсунку сушилки-гранулятора, где распыляется сжатым воздухом. Из газового калорифера в сушилку-гранулятор подается сушильный агент с температурой 240 оС.

*Грохочение* Высушенная и гранулированная смесь солей из сушилки-гранулятора элеватором ковшевым направляется в грохот, где делится на три фракции. Кондиционный продукт (размером от 2 до 5 мм) с температурой 90 оС последовательно поступает на конвейеры охладители и.

*Дробление* Некондиционный продукт (размер частиц более 5 мм) поступает в дробилку. Мелкие частицы (размер менее 2 мм) и частицы после циклона транспортером, в качестве ретура, подаются в сушилку-гранулятор. Измельченный продукт после дробилки поступает в элеватор ковшовый и далее на рассев в грохот.

*Сухая и мокрая очистка очистка* Из сушилки-гранулятора, отработанный сушильный агент с температурой до 130 оС и содержащий частицы продукта, подается на сухую очистку в группу циклонов, и далее на мокрую очистку в циклон-промыватель, откуда очищенный от твердых частиц воздух поступает в трубу вытяжную. Перемешивание сушильного агента между сушилкой-гранулятором, и циклонами и циклоном-промывателем осуществляется вентилятором. Для очистки отработанного сушильного агента от твердых частиц в циклон-промыватель насосом подается исходный раствор из емкости с выпарной установки. Из циклона-промывателя отработанный раствор самотеком возвращается в емкость исходного раствора.

Для охлаждения кондиционного продукта до 40-60 оС в конвейер охладитель подается атмосферный воздух, перемещаемый вентиляторами в циклон-промыватель. Охлажденный в конвейерах охладителях продукт направляется в бункер. из Бункера продукт подается в фасовочный агрегат, где фасуется в мешки массой 50 кг, мешки зашиваются, и отправляются на склад.

Для обеспечения стабильной работы системы очистки сушильного агента в пусковом и промежуточном режимах, перед группой циклонов предусмотрен дополнительный забор атмосферного воздуха.

Для увеличения эффективности очистки отработанного сушильного агента в циклоне-промывателе, перед ним предусмотрен дополнительный забор атмосферного воздуха.

Для поддержания постоянной температуры исходной суспензии в емкости, а также для пропаривания трубопровода подачи исходной смеси в сушилку-гранулятор, предусмотрен подвод греющего пара.

Для промывки оборудования установки подача конденсата вторичного пара из выпарной установки.

Для охлаждения опорных станций сушилки-гранулятора предусмотрена подача оборотной воды, которая так же направляется в сальниковые уплотнения насосов.

Разделение процесса выпаривания на две стадии позволяет использовать для предварительного концентрирования высокоэффективные широко апробированные в промышленности выпарные аппараты с падающей пленкой, характеризующиеся кратким временем пребывания перерабатываемого раствора и малой металлоемкостью.

Кроме того, выпарные аппараты с падающей пленкой могут эффективно работать при небольших значениях полезной разности температур, что позволяет при располагаемом перепаде давления пара скомпоновать эти аппараты в разрабатываемой выпарной установке в трехкорпусную прямоточную батарею.

Появление в растворе кристаллов солей объясняет применение для второй стадии выпаривания доупаривателя с принудительной циркуляцией, который обеспечивает возможность получения пульп с большим содержанием кристаллов.

Располагаемый рабочий перепад давления пара и величины температурной депрессии концентрированного раствора обуславливает осуществление процесса доупаривания при однократном использовании тепла.

После упарки получается пульпа с влажностью до 30%.

Таким образом, предлагаемый для переработки раствора комплекс выпарного оборудования включает трехкорпусную прямоточную батарею выпарных аппаратов с падающей пленкой и доупариватель.

Для осуществления процесса сушки и гранулирования смесей выбрана технологическая схема, в которой основным аппаратом является барабанная сушилка-гранулятор. С целью получения удобрений заданного гранулометрического состава продукт после сушки и грануляции поступает на грохочение, где происходит выделение крупных частиц, которые измельчаются до крупности не более 5 мм. Частицы менее 2 мм возвращаются в сушилку-гранулятор. Готовый продукт имеет гранулометрический состав (+2-5) мм.

Для получения продукта с температурой не более 40оС применяем вертикальный конвейер-охладитель.

С целью уменьшения выбросов в атмосферу предусматривается двухстадийная система очистки сушильного агента. На первой стадии применен сухой способ очистки, и на второй – мокрый.

Технологическая схема переработки растворов сульфата и нитрата аммония приведена на рисунке 2.

### 3.1.2 Расчет баланса по смеси солей

Исходным сырьем является раствор, образующийся при переработке молибденитового концентрата способом выщелачивания азотной кислотой с последующей обработкой серной кислотой. Состав раствора, % (масс): (NH4)2SO4 - 7,79; NH4NO3 – 1,28.

Номинальный фонд времени работы (Тн) 300 дней. В год планируется получать 14097,6 т продукта (сульфата и нитрата аммония). Следовательно производительность за одни сутки составит 46,9920 т.

Материальный баланс по смеси солей:

Х1 = Х2+Х3 Х1 = 47,4447

Х3+Х13 = Х6+Х4 Х2 = 4,74447

Х4 = Х7+Х5 Х3 = 42,70026

Х5+Х10+Х14 = Х8+Х9 Х4 = 49,56872

Х9+Х19 = Х16+Х17+Х14+Х15 Х5 = 49,56624

Х8 = Х10+Х11 Х6 = 0,0024786

Х11+Х2 = Х12+Х13 Х7 = 0,002478

Х16 = Х19+Х18 Х8 = 12,4404

Х2 = 0,1×(Х1) Х9 = 70,4958

Х4 = 0,99995×(Х3+Х13) Х10 = 9,95235

Х5 = 0,99995×(Х4) Х11 = 2,48809

Х8 = 0,15×(Х5+Х10+Х14) Х12 = 0,36163

Х11 = 0,2×(Х8) Х13 = 6,8709

Х14 = 0,299×(Х9+Х19) Х14 = 23,41768

Х16 = 0,1×(Х9+Х19) Х15 = 0,07832

Х19 = 0,999×(Х16) Х16 = 7,8320

Х17 = 0,6×(Х9+Х19) Х17 = 46,9920

Х13 = 0,95×(Х2+Х11) Х18 = 0,007832

Х17 = 46,9920 Х19 = 7,82477

Извлечение составляет:

(Х17:Х1) ×100% = 99%

### 3.1.3 Расчет материального баланса по технологическим операциям

##### *Выпаривание*

На операцию приходит раствор:

Mсолей = Х3 = 42,70026 т

Начальная концентрация солей составляет 9,07 %. Плотность исходного раствора ρ=1056 кг/м3

Следовательно масса раствора составит:

100% - МΣ

9,07% - 42,70026

МΣ = 470,78566 т

Тогда объем раствора равен:

V = МΣ:ρ = 444,14 м3 (14)

Раствор с операции мокрой очистки содержит 6,8709 т солей ( Х13 ). Плотность раствора ρ=1060 кг/м3

Масса раствора с операции мокрой составляет ~ 1/10 часть от массы исходного раствора поступающего в схему Так как масса последнего равна 470,78566 т, то масса раствора на орошение составит:

1/10 × 470,78566 = 47,07856 т в нем 9,07% солей или 4,27 т солей. Т.к. раствор выходит с операции мокрой очистки, он содержит 6,8709 т солей (Х13), то было поглощено раствором 6,8709 – 4,27 = 2,6009 т пыли, следовательно масса раствора составила: 47,07856+2,6009= 49,67946 т.

ρ = 1,060 г/см3 ⇒ объем V = 49,67946 × 1,06 = 52,66 м3.

Определим массу выпаренной воды по формуле:

, где (15)

С1 и С2 –концентрации солей в конечных и исходных растворах.

 или 9,44% (16)

С2 = 65%

Следовательно  т

Масса потерь при этом составила:

МΣ - Мр-раконц –Мпара = 0,0198 (17)

Концентрация солей при этом составила 12,52%.

Исходный раствор ρ = 1,056 кг/дм3

Раствор с операции мокрой очистки ρ = 1,060 кг/дм3

Концентрированный раствор ρ = 1,155 кг/дм3

Потери ρ = 1,062 кг/дм3

Таблица 3 – Суточный материальный баланс операции выпаривание

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поступило | | | | Получено | | | |
| название | МΣ, т | Мсолей, т | V, м3 | название | МΣ, т | Мсолей, т | V, м3 |
| Исходный раствор | 470,79 | 42,40 | 444,14 | Концентрированный раствор | 76,26 | 49,57 | 66,03 |
| Раствор с операции мокрой очистки | 49,68 | 6,87 | 52,66 | пар | 444,88 | - | 444,88 |
| потери | 0,02 | 0,003 | 0,02 |
| Итого | 520,46 | 49,57 | 496,80 | Итого | 520,46 | 49,57 | 510,93 |

##### Кристаллизация

Плотность концентрированного раствора ρ = 1155 кг/м3

С операции кристаллизации выходит пульпа следующего состава: (NH4)2SO4 – 30%; NH4NO3 – 10%; влага – 30%; твердой фазы до 30%. Следовательно в пульпе содержится 70% солей, т.к. их масса составляет (Х5) 49,56624 т, то масса пульпы:

Мпульпы = 49,56624:0,7 = 70,8089 т.

Пусть потери составляет пульпа. Т.к. в потерях масса солей составляет (Х7) 0,002478, то масса потерь:

Мпотерь = 0,002478:0,7 = 0,00354 т

Концентрированный раствор ρ = 1,155 кг/дм3

Пульпа влажностью 30% ρ=1,458 г/см3

Потери ρ = 1,062 кг/дм3

Следовательно масса выпаренной воды составит

Мр-ра – Мпульпы - Мпотерь =5,447 (18)

Таблица 4 – Суточный материальный баланс операции кристаллизация

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поступило | | | | Получено | | | |
| название | МΣ, т | Мсолей, т | V, м3 | название | МΣ, т | Мсолей, т | V, м3 |
| Концентрированный раствор | 76,26 | 49,57 | 6,03 | Пульпа влажностью 30% | 70,81 | 49,57 | 8,57 |
| пар | 5,45 | - | 0,45 |
| потери | 0,003 | 0,002 | 0,0002 |
| Итого | 76,26 | 49,57 | 6,03 | Итого | 76,26 | 49,57 | 54,01 |

##### Сушка-грануляция

Пульпа влажностью 30% ρ = 1,155 кг/дм3

Пыль после сухой очистки ρ = 1,6965 кг/дм3, н.м. = 0,5ρ

Мелкая фракция после грохочения ρ = 1,6965 кг/дм3, н.м. = 0,7ρ

Сушильный агент ρ = 1,5 кг/дм3

Гранулированная смесь солей ρ = 1,155 кг/дм3, н.м. = 0,6ρ

Отработанный сушильный агент ρ = 1,53 кг/дм3

Таблица 5 – Суточный материальный баланс операции Сушка-грануляция

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поступило | | | | Получено | | | |
| название | МΣ, т | Мсолей, т | V, м3 | название | МΣ, т | Мсолей, т | V, м3 |
| Пульпа влажностью 30 % | 70,81 | 49,57 | 48,56 | Гранулированная смесь солей  Влага 1% | 71,21 | 70,49 | 69,95 |
| Отработанный сушильный агент 15 % солей | 105,31 | 12,44 | 68,29 |
| Пыль после сухой очистки | 10,05 | 9,95 | 11,83 |
| Мелкая фракция после грохочения | 23,65 | 23,42 | 19,92 |
| Сушильный агент | 70,50 | 88,12 | 48,00 |
| Итого | 176,52 | 82,94 | 128,31 | Итого | 176,52 | 82,94 | 138,24 |

*Сухая очистка*

Отработанный сушильный агент с операции сушка грануляция

ρ = 1,53 кг/дм3

Пыль ρ = 1,6965 кг/дм3, н.м. = 0,5 × ρ

Отработанный сушильный агент ρ = 1,62 кг/дм3

Таблица 6 – Суточный материальный баланс операции сухая очистка

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поступило | | | | Получено | | | |
| название | МΣ, т | Мсолей, т | V, м3 | название | МΣ, т | Мсолей, т | V, м3 |
| Отработанны й сушильный агент с операции сушка грануляция | 105,31 | 12,44 | 68,29 | пыль | 10,05 | 9,95 | 11,83 |
| Отработанный сушильный агент  20 % солей | 95,25 | 2,49 | 58,80 |
| Итого | 105,31 | 12,44 | 68,29 | Итого | 105,31 | 12,44 | 70,63 |

##### *Грохочение*

*Гранулированная смесь солей……………………....ρ = 1,6965 кг/дм3, н.м. = 0,6×ρ*

*Фракция после дробления……………………………ρ = 1,6965 кг/дм3, н.м. = 0,6×ρ*

*Крупная фракция……………………………………. ρ = 1,6965 кг/дм3, н.м. = 0,55×ρ*

*Мелкая фракция……………………………………….ρ = 1,6965 кг/дм3, н.м. = 0,7×ρ*

*Кондиционный продукт……………………………...ρ = 1,6965 кг/дм3, н.м. = 0,6×ρ*

*Потери………………………………………………….ρ = 1,6965 кг/дм3, н.м. = 0,5×ρ*

Таблица 7 – Суточный материальный баланс операции грохочение

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поступило | | | | Получено | | | |
| название | МΣ, т | Мсолей, т | V, м3 | название | МΣ, т | Мсоле й, т | V, м3 |
| Гранулированная смесь солей | 71,21 | 70,49 | 69,95 | Крупная фракция | 7,91 | 7,83 | 8,48 |
| Мелкая фракция | 23,65 | 23,42 | 19,92 |
| Кондиционный продукт | 47,47 | 46,40 | 46,63 |
| Фракция после дробления | 7,90 | 7,82 | 7,51 |
| потери | 0,08 | 0,08 | 0,09 |
| Итого | 79,11 | 78,32 | 77,47 | Итого | 79,11 | 78,32 | 75,12 |

##### *Дробление*

*Крупная фракция…………………………………………….ρ = 1,6965 кг/дм3, н.м. = 0,55×ρ*

*Фракция после дробления.................................……….....ρ = 1,6965 кг/дм3, н.м. = 0,6×ρ*

*Потери …………………………………………………….. ….ρ = 1,6965 кг/дм3, н.м. = 0,5×ρ*

Таблица 8 – Суточный материальный баланс операции дробление

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поступило | | | | Получено | | | |
| название | МΣ, т | Мсолей, т | V, м3 | название | МΣ, т | Мсолей, т | V, м3 |
| крупная фракция | 7,91 | 7,83 | 8,48 | Фракция после дробления | 7,90 | 7,82 | 7,51 |
| потери | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Итого | 7,91 | 7,83 | 8,48 | Итого | 7,91 | 7,83 | 7,52 |

### *Мокрая очистка*

*Исходный раствор 1:10 часть ρ = 1,056 кг/дм3*

*Отработанный сушильный агент ρ = 1,62 кг/дм3*

*Раствор на выпаривание ρ = 1,060 кг/дм3*

*Газ ρ = 1,5 кг/дм3*

Таблица 9 – Суточный материальный баланс операции мокрая очистка

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поступило | | | | Получено | | | |
| название | МΣ, т | Мсолей, т | V, м3 | название | МΣ, т | Мсолей, т | V, м3 |
| Исходный раствор 1/10 часть | 50,97 | 4,74 | 48,27 | Раствор на выпаривание | 54,44 | 6,87 | 57,70 |
| Отработанный сушильный агент | 95,25 | 2,49 | 58,80 | газ | 91,97 | 0,36 | 61,19 |
| Итого | 146,23 | 7,23 | 107,07 | Итого | 146,23 | 7,23 | 118,89 |

### 3.2 Технологическая схема переработки твердых отходов(кеков выщелачивания)

### 3.2.1 Описание схемы переработки твердых отходов (кеков выщелачивания)

*Распульповка* Кек выщелачивания поступает на распульповку в чан для распульповки. Распульповка проводится до отношения твердого к жидкому 1-0,8.

*Выщелачивание* После распульповки пульпа поступает на выщелачивание в реактор с механическим перемешиванием. Температуру выщелачивания поддерживают постоянной (85 оС) при продолжительности процесса 4 часа, остаточную кислотность на уровне 20-25 г/л серной кислоты.

*Разбавление* После выщелачивания пульпу разбавляют до Т:Ж = 1:1,2 и направляют на сорбцию.

*Сорбция* Сорбцию молибдена проводят в противоточном каскаде, включающем в себя восемь аппаратов типа «Пачук» с пневматическим перемешиванием.

В качестве сорбента используется анионит типа ВП-1п, который был предварительно переведен в сульфатную форму обработкой пятипроцентной серной кислотой.

Загрузка анионита в каждый аппарат составляет 7 % от полезного объема аппарата. Продолжительность контакта пульпы со смолой на каждой стадии составляет в среднем 40-50 минут.

*Промывка* После водной промывки насыщенной смолы, выходящей из головного аппарата, от песков, шламов и маточника, анионит поступает на десорбцию в колонну с пневмогидравлической разгрузкой.

*Десорбция* Скорость пропускания регенерирующего раствора аммиака концентрацией 7 % и анионита поддерживается таким образом, чтобы обеспечить продолжительность их контакта в аппарате в течение 4-6 часов и получить остаточную емкость сорбента 2-5 кг/т.

*Очистка от мышьяка* Полученный товарный регенерат с содержанием молибдена не менее 60 г/л поступал на очистку от мышьяка. Осаждение примесей проводят нитратом магния без нагревания. После выделения примесей раствор фильтруют и направляют на осаждение полимолибдатов. Осадок отправляют на захоронение.

*Осаждение ПоМА* Осаждение полимолибдатов проводят нейтрализацией раствора серной кислоты до рН 2,5 без нагревания. Выпавшие кристаллы полимолибдата после отделения от маточного раствора поступают на перекристаллизацию.

*Перекристаллизация* Парамолибдат аммония получают путем растворения полимолибдатов аммония в слабо аммиачном растворе при температуре 70 оС с последующим охлаждением до 20-25 оС.

Выпавшие кристаллы ПМА промывают не большим количеством воды (0,4 м3/т парамолибдата) и подсушивают на воздухе полученный парамолибдат аммония по химическому составу полностью соответствует ГОСТу.

Технологическая схема переработки кеков выщелачивания приведена на рисунке 3.

### Расчет баланса по молибдену

Схема для расчета приведена в приложении А2.

Х1  + Х9 = Х2;

Х2 = Х3;

Х3 + Х11 = Х4;

Х4  + Х29 = Х5 + Х6;

Х5 = Х7 + Х8;

Х8 = Х10;

Х7 = Х9;

Х12 = Х14 + Х13;

Х6 = Х11 + Х12;

Х14 = Х26 + Х27;

Х27 = Х28 + Х29;

Х13 = Х15 + Х16;

Х16 + Х21 = Х17 + Х18;

Х18 + Х22 = Х19 + Х20;

Х19 = Х22 + Х21;

Х20 = Х23 + Х25;

Х23 = Х24;

Х6 = 0,9 × Х4 +0.9 × Х29;

Х12 = 0,98 × Х6;

Х13 = 0,99 × Х12;

Х27 = 0,2 × Х14;

Х29 = 0,2 × Х27;

Х16 = 0,99 × Х13;

Х18 = 0,97 × Х16 + 0.97 × Х21;

Х20 = 0,6 × Х18 + 0.6 × Х22;

Х24 = 0,9 × Х23;

Х7 = 0,6 × Х5;

Х22 = 0,9 × Х19;

Х1 = 23,25;

Х1 = 23,25

Х2 = 24,76

Х3 = 24,76

Х4 = 25,22

Х5 = 2,52

Х6 = 22,70

Х7 = 1,51

Х8 = 1,01

Х9 = 1,51

Х10 = 1,01

Х11 = 0,45

Х12 = 22,25

Х13 = 22,03

Х14 = 0,22

Х15 = 0,22

Х16 = 21,81

Х17 = 0,69

Х18 = 22,52

Х19 = 14,07

Х20 = 21,11

Х21 = 1,41

Х22 = 12,67

Х23 = 20,90

Х24 = 20,90

Х25 = 0,21

Х26 = 0,18

Х27 = 0,04

Х28 = 0,04

Х29 = 0,009

Извлечение Mo: 

### 3.2.2 Расчет материального баланса по технологическим операциям

##### *Распульповка*

Поступило:

* кек (ρ = 1,5 г/см3) в количестве 1550 кг влажностью 50 % от массы сухого (в т.ч. 23,25 кг Мо) или 1033,4 л;
* раствор с доукрепления в количестве 310 кг (в т.ч. 1,51 кг Мо) или 249,6 л;

Отношение Т:Ж на выщелачивании должно быть Т:Ж = 1:0,8, следовательно масса пульпы будет:

 кг

Плотность пульпы:

 кг/м3 (19)

Для разложения молибденита требуется азотной кислоты:

MoS2 + 6HNO3 = H2MoO4 + NO + 2H2SO4 (20)

Молибдена в кеке в сульфидной форме 20 %, что составляет 4,65 кг Мо.

Масса МоS2 :

Мо 96 кг – MoS2 160 кг

Мо 4,65 кг – х

х = 8,25 кг

Остальные 19,81 кг Мо в окисленной форме.

По реакции на 1 моль молибденита затрачивается 6 моль азотной кислоты, следовательно для разложения молибденита потребуется 290,6 моль азотной кислоты, что составляет 29 кг. Избыток 100 % от СНК следовательно масса азотной кислоты составляет 58 кг.

Для соблюдения Т:Ж = 1 : 0,8, необходимо добавить раствора:

 кг.

Материальный баланс распульповки представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Материальный баланс приготовления пульпы

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поступило | | | | Получено | | | |
| Материал | кг | Mo, кг | Объем, л | Продукт | кг | Mo, кг | Объем, л |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Кек | 1550,00 | 23,25 | 911,77 | Пульпа 1 | 1860,00 | 24,76 | 1208,00 |
| Раствор с доукрепления | 310,00 | 0,51 | 249,60 |
| Итого | 1860,00 | 24,76 | 1161,37 | Итого | 1860,00 | 24,76 | 1208,00 |

##### *Выщелачивание*

Основные реакции выщелачивания – (1) (22).

MeMoO4 + H2SO4 = MeSO4 + H2MoO4 (22)

Поступило:

* пульпа (Т:Ж = 1:0,8) в количестве 1860 кг (в т.ч. 24,76 кг Мо) или 1208,00л.

Необходимое количество азотной кислоты по реакции (22) 58 кг

Количество MeMoO4:

Мо 96 кг - MeMoO4 252

19,81 кг – х

х = 52,00 кг

Количество серной кислоты на реакцию 22:

MeMoO4 252 кг – H2SO4 98 кг

52 кг – х

х = 20,22 кг

Вскрытие кека составляет 90%, следовательно в раствор не перешло 2,476 кг Мо. Т.е. масса твердой фазы пульпы составит 979,11 кг.

Количество образовавшейся серной кислоты:

MoS2 160 кг – HNO3 378 кг

6,975 – Х

Х = 16,47 кг

Остаточная масса серной кислоты после выщелачивания:

Мост = 880,89 . 0,002 = 17,62 кг

Суммарное количество серной кислоты:

 кг

Количество образовавшегося NO:

HNO3 63 кг – NO 30 кг

16,47 кг – х

х = 7,84 кг

Количество пульпы после выщелачивания:

1860 – 7,84 = 1852,16 кг или 1202,8 л.

Масса твердой фазы составляет: 979,11 кг, а масса жидкой фазы: 873,05 кг

Материальный баланс автоклавного выщелачивания представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Материальный баланс автоклавного выщелачивания

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поступило | | | | Получено | | | |
| Материал | кг | Mo, кг | Объем, л | Продукт | кг | Mo, кг | Объем, л |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Пульпа 1 | 1860,00 | 24,76 | 1208,00 | Пульпа 2 | 1852,16 | 24,76 | 1202,80 |
| Газы | 7,84 | - | 5850,75 |
| Итого | 1860,00 | 24,76 | 1208,00 | Итого | 1860,00 | 24,76 | 7053,55 |

##### *Разбавление*

Поступило:

* Пульпа 2 в количестве 1852,16 кг (в т.ч. 24,76 кг Мо) или 1202,8 л;
* маточный раствор после промывки (ρ = 1,01 г/см3).

Получено:

* пульпа 3 (в т.ч. 25,22 кг Мо);

Количество маточного раствора:

После выщелачивания отношение составляет: Т : Жпульпы2 = 1:0,9

После разбавления отношение Т : Ж, должно составить Т : Ж = 1:1,25

Значит воды нужно добавить: 1,25 – 0,9 = 0,35 частей или :

0,35 ×873,05 = 305,57 кг

Итого суммарная масса жидкой фазы составит:

873,05 + 305,57 = 1178,62 кг

Масса пульпы 3 составит 2157,73 кг или 1508,73 л.

Материальный баланс разбавления, представлен в таблице 13.

Таблица 13 – Материальный баланс Разбавления

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поступило | | | | Получено | | | |
| Материал | кг | Mo, кг | Объем, л | Продукт | кг | Mo, кг | Объем, л |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Пульпа 2 | 1852,16 | 24,76 | 1202,80 | Пульпа 3 | 2157,73 | 25,22 | 1508,37 |
| Маточный раствор | 305,57 | 0,46 | 305,57 |  |  |  |  |
| Итого | 2157,73 | 25,22 | 1508,37 | Итого | 2157,73 | 25,22 | 1508,37 |

##### *Сорбция*

Поступило:

* Пульпа 3 (ρ = 1,39 г/см3, рН = 2-3) в количестве 2157,73 кг (в т.ч. 25,22 кг Мо) или 1508,37 м3;
* смола с регенерации ВП-1п (ПОЕ = 5 мг-экв сухой смолы, коэффициент использования емкости = 0,5, Vуд = 3,3 см3/г (в т.ч. 0,009 кг Мо)

Емкость смолы по Мо в составе иона  составляет 190 %.

Количество смолы, необходимое на сорбцию:



Количество ионов  содержащихся в смоле, приходящей на сорбцию:



Тогда 0,0014 кг  заменит:



Количество смолы, приходящей на сорбцию:

13,27 – 0,000384 + 0,014 = 13,28 кг или 43,84 л.

Получено:

Количество ионов , перешедших в смолу:



Тогда 35,08 кг  заменит:

.

Количество смолы после сорбции:

13,28 – 1,42 + 35,08 = 46,94 кг или 43,35 л.

Количество пульпы после сорбции:

2157,73 + 1,42 – 35,08 = 2124,07 кг или 1830,74 л.

Тогда раствора:

2124,07 – 979,11 = 1144,96 кг

Концентрация молибдена в растворе:



Масса твердой фазы пульпы 3 составляет: 979,11 кг, а жидкой: 1178,62 кг.

Материальный баланс операции сорбции представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Материальный баланс операции сорбции

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поступило | | | | Получено | | | |
| Материал | кг | Mo, кг | Объем, л | Продукт | кг | Mo, кг | Объем, л |
| Пульпа 3 | 2157,73 | 25,22 | 1508,37 | Смола | 46,94 | 22,71 | 43,35 |
| Смола | 13,27 | 0,01 | 43,80 | Пульпа 4 | 2124,07 | 2,52 | 1830,74 |
| Итого | 2191,89 | 25,23 | 1522,18 | Итого | 2191,89 | 25,23 | 1874,09 |

##### *Промывка*

Поступило:

* Смола в количестве 46,94 кг (в т.ч. 22,71 кг Мо) или 43,35 л.

Материальный баланс промывки представлен в таблице 15.

Таблица 15 - материальный баланс промывки

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поступило | | | | Получено | | | |
| Материал | кг | Mo, кг | Объем, л | Продукт | кг | Mo, кг | Объем, л |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Смола | 46,94 | 22,71 | 43,35 | Смола | 45,98 | 22,25 | 44,38 |
| Вода | 304,61 | \_ | 304,61 | Маточный раствор | 305,57 | 0,46 | 305,57 |
| Итого | 351,55 | 22,71 | 347,96 | Итого | 351,55 | 22,71 | 349,95 |

##### *Десорбция молибдена*

Основная реакция десорбции (23):

 (23)

Поступило:

* смола ВП-1п в количестве 45,98 кг (в т.ч. 22,25 кг Мо) или 44,38 л;
* 10 % раствор аммиака (ρ = 0,93 г/см3) с избытком 25 % от СНК.

Количество NH4OH, необходимое на десорбцию:



или в пересчете на аммиак:



Тогда необходимое количество 10 % раствора аммиака:



С учетом 25 %-го избытка суммарное количество 10 % раствора аммиака составит:



Или 25 % раствора аммиака:



Получено:

Количество образовавшегося молибдата аммония:



Количество образовавшейся воды:



Количество ионов , перешедших в раствор:



Количество ионов OH–, перешедших в смолу:



Количество NH4OH, вступившего в реакцию:



Всего в растворе аммиака:



Пошло на десорбцию:



Тогда в растворе осталось аммиака:



или в пересчете на NH4OH:



Количество смолы после десорбции:

45,98 – 34,05 + 0,49 = 12,42 кг или 41,47 л.

Количество раствора молибдата аммония:

98,5 – 16,06 + 45,98 + 4,65 = 132,07 кг или 105,90 л.

Концентрация MoO3 в растворе:



Материальный баланс десорбции молибдена представлен в таблице 16.

Таблица 16 – Материальный баланс десорбции молибдена

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поступило | | | | Получено | | | |
| Материал | кг | Mo, кг | Объем, л | Продукт | кг | Mo, кг | Объем, л |
| Раствор NH4OH | 98,5 | \_ | 105,90 | Смола | 12,42 | 0,22 | 41,47 |
| Смола | 45,98 | 22,25 | 44,38 | Раствор (NH4)2MoO4 | 132,07 | 22,03 | 105,90 |
| Итого | 144,48 | 22,25 | 150,28 | Итого | 144,49 | 22,25 | 147,37 |

##### *Промывка*

Поступило:

* Смола в количестве 12,42 кг (в т.ч. 0,22 кг Мо) или 41,47 л.

Материальный баланс промывки представлен в таблице 17.

Таблица 17 - материальный баланс промывки

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поступило | | | | Получено | | | |
| Материал | кг | Mo, кг | Объем, л | Продукт | кг | Mo, кг | Объем, л |
| Смола | 12,42 | 0,22 | 41,47 | Смола | 12,36 | 0,04 | 41,47 |
| Вода | 100,00 | \_ | 100,00 | Промвода | 100,06 | 0,18 | 100,00 |
| Итого | 112,42 | 0,22 | 141,47 | Итого | 112,42 | 0,22 | 141,47 |

##### *Регенерация*

Основная реакция регенерации (24):

 (24)

Поступило:

* смола в количестве 12,36 кг (в т.ч. 0,04 кг Мо) или 41,47 л;
* 10 % раствор серной кислоты (ρ ≈ 1 г/см3) с 30 % избытком.

Из расчета десорбции молибдена известно, что смола содержит 0,49 кг (или 0,029 кг-экв) ионов OH–.

Тогда для регенерации необходимо ионов :



или в пересчете на H2SO4:



Количество 10 %-го раствора серной кислоты с 30 % избытком:



Получено:

Количество образовавшейся воды:



Также известно, что в раствор переходит 0,036 кг молибдена, т.е.



Тогда 0,06 кг  заменит:



Масса раствора после рагенерации:

18,47 – 1,42 + 0,52 = 17,57 кг

Количество смолы после регенерации:

12,36 – 0,06 – 0,49 + 0,00192 + 1,392 = 13,26 кг или 43,8 м3.

Материальный баланс регенерации представлен в таблице 18.

Таблица 18 – Материальный баланс регенерации

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поступило | | | | Получено | | | |
| Материал | кг | Mo, кг | Объем, л | Продукт | кг | Mo, кг | Объем, л |
| Смола | 12,36 | 0,04 | 41,47 | Смола | 13,26 | 0,009 | 43,8 |
| Раствор серной кислоты | 18,47 | \_ | 18,53 | Раствор | 17,57 | 0,031 | 18,53 |
| Итого | 30,83 | 0,04 | 60,00 | Итого | 30,83 | 0,04 | 62,33 |

##### *Очистка от примесей*

Поступило:

* Раствор с десорбции 132,07 кг (в т.ч. 22,03 кг Мо) или 105,9 л.
* Нитрат аммония (ρ=1,467 г/см3) с двукратным избытком
* Раствор аммиака с двукратным избытком

Основная реакция:

Na2HAsO4 + Mg(NO3)2 + NH4OH = Mg(NH4)AsO4 + 2NaNO3 + H2O (25)

В исходном сырье содержится 2,48 кг As. Принимаем, что раствор перешло 50 % As. Тогда в растворе содержится 1,24 кг As.

Количество нитрата магния необходимое для осаждения мышьяка:

186 кг Na2HAsO4  - 148 кг Mg(NO3)2

1,24 кг Na2HAsO4  - х

Х= 0,99 кг

С учетом избытка 2 кг.

Количество раствора аммиака необходимое для реакции:

186 кг Na2HAsO4  - 35 кг NH4OH

1,24 кг Na2HAsO4  - х

Х=0,23 кг

С учетом избытка ≈ 0,5 кг.

Материальный баланс операции очистки от примесей представлен в таблице 19.

Таблица 19 - материальный баланс очистки от примесей

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поступило | | | | Получено | | | |
| Материал | кг | Mo, кг | Объем, л | Продукт | кг | Mo, кг | Объем, л |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Нитрат магния | 2,00 | \_ | 1,36 | Осадок | 1,2 | 0,22 | 0,8 |
| Аммиак | 0,5 | \_ | 0,5 | Раствор на нейтрализацию | 133,37 | 21,81 | 107,57 |
| Раствор с десорбции | 132,07 | 22,03 | 105,90 |
| Итого | 134,57 | 22,03 | 107,76 | Итого | 134,57 | 22,03 | 108,37 |

##### *Осаждение ПоМА*

Для простоты расчетов принимается, что полимолибдаты содержат, в основном ТМА.

Основные реакции осаждения ТМА (26) и (27):

 (26)

 (27)

Поступило:

* раствор молибдата аммония (ρ = 1,247 г/см3, концентрация ~312,04 кг/м3 МоО3) в количестве 133,37 кг (в т.ч. 21,81 кг Мо) или 107,57 л;
* маточный раствор с перекристаллизации (ρ = 1,23 г/см3, концентрация 250 кг/м3 МоО3) в количестве 7,79 кг (в т.ч. 1,41 кг Мо) или 6,33л ;
* 45 % раствор азотной кислоты (ρ = 1,28 г/см3) с 5 %-м избытком.

Получено:

Из расчета десорбции молибдена известно, что раствор молибдата аммония содержит 44,98 кг (NH4)2MoO4.

Тогда количество образовавшегося ТМА по реакции:



Количество ТМА в осадке:



С учетом 25-%-ной влажности масса ТМА составляет 48,675 кг

Количество образующегося NH4OH:



Количество NH4OH, которое необходимо нейтрализовать:

12,05 + 4,22 = 16,27 кг.

Необходимое количество азотной кислоты (100 %-й) для нейтрализации:



Тогда с учетом 5 %-го избытка, необходимо 45 %-й HNO3:



Избыток HNO3 в растворе:



Количество образовавшегося NH4NO3 в результате нейтрализации:



Количество образовавшейся воды в результате нейтрализации:



Количество полученной пульпы:

133,37 + 68,34 + 7,79 = 209,50 кг или 167,15 л.

Материальный баланс осаждения полимолибдатов представлен в таблице 20.

Таблица 20 – Материальный баланс осаждения полимолибдатов аммония

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поступило | | | | Получено | | | |
| Материал | кг | Mo, кг | Объем, л | Продукт | кг | Mo, кг | Объем, л |
| Раствор с очистки | 133,37 | 21,81 | 107,57 | Маточный раствор на произво удобрений | 160,82 | 0,70 | 141,17 |
| HNO3 | 68,34 | \_ | 53,39 | Полимолибдат  (влажность 25 %) | 48,68 | 22,52 | 20,68 |
| Маточный раствор | 7,79 | 1,41 | 6,33 |
| Итого | 209,50 | 23,22 | 167,29 | Итого | 209,50 | 23,22 | 161,85 |

##### *Перекристаллизация*

Поступило:

* кристаллы полимолибдатов аммония (ρ = 2,4 г/см3) в количестве 38,94 кг (в т.ч. 22,52 кг Мо), с учетом 25 % влажности их масса составляет 8,68 кг или 20,68 л;
* маточный раствор с перекристаллизации (ρ = 1,23 г/см3, концентрация 250 кг/м3 МоО3) в количестве 70,09 кг (в т.ч. 12,67 кг Мо) или 56,99 л;
* 5 % раствор аммиака (ρ = 0,88 г/см3).

Т.к. кристаллы ПоМА растворяют в маточном растворе и растворе аммиака до насыщения (т.е. плотности ~1,40–1,42), то необходимо добавить раствора аммиака 10,89 кг.

Или 25 % раствора аммиака:



Получено:

* раствор (ρ = 1,40 г/см3, концентрация ~500 кг/м3 МоО3).

После охлаждения из раствора выпадают кристаллы ПМА (ρ = 2,4 г/см3).

Количество ПМА в осадке:



С учетом 25 % влажности количество ПМА:

41,42 × 1,25 = 51,775 кг или 21,57 л

Материальный баланс перекристаллизации представлен в таблице 21.

Таблица 21 – Материальный баланс перекристаллизации

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поступило | | | | Получено | | | |
| Материал | кг | Mo, кг | Объем, л | Продукт | кг | Mo, кг | Объем, л |
| ПоМА | 48,68 | 22,52 | 20,68 | Маточный раствор | 77,88 | 14,07 | 63,32 |
| Раствор аммиака | 10,89 | \_ | 12,37 | ПМА | 51,77 | 21,11 | 21,57 |
| Маточный раствор | 70,09 | 12,67 | 56,99 |
| Итого | 129,65 | 35,19 | 90,22 | Итого | 129,65 | 35,19 | 84,89 |

##### *Промывка*

Поступило:

* ПМА в количестве 51,77 кг (в т.ч. 21,11 кг Мо) или 17,26 л.

Материальный баланс промывки представлен в таблице 22.

Таблица 22 - материальный баланс промывки

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поступило | | | | Получено | | | |
| Материал | кг | Mo, кг | Объем, л | Продукт | кг | Mo, кг | Объем, л |
| ПМА | 51,77 | 21,11 | 21,57 | ПМА | 51,39 | 20,90 | 21,41 |
| Вода | 50,00 | \_ | 50,00 | Промвода | 50,38 | 0,21 | 50,16 |
| Итого | 101,77 | 21,11 | 71,57 | Итого | 101,77 | 21,11 | 71,57 |

##### *Сушка*

Поступило:

* ПМА в количестве 51,39 кг (в т.ч. 20,90 кг Мо) или 21,41 л.

Материальный баланс сушки представлен в таблице 23.

Таблица 23 - материальный баланс сушки

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поступило | | | | Получено | | | |
| Материал | кг | Mo, кг | Объем, л | Продукт | кг | Mo, кг | Объем, л |
| ПМА | 51,39 | 20,90 | 21,41 | Готовый продукт  (влажность 5 %) | 43,49 | 20,90 | 18,12 |
| Пар | 7,90 | - | 98,75 |
| Итого | 51,39 | 20,90 | 21,41 | Итого | 51,39 | 20,90 | 116,87 |

##### *Сгущение-отстаивание*

Масса твердой фазы пульпы 4 составляет: 797,11 кг, а жидкой: 1144,96 кг.

Таблица 24 - материальный баланс операции Сгущение-отстаивание

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поступило | | | | Получено | | | |
| Материал | кг | Mo, кг | Объем, л | Продукт | кг | Mo, кг | Объем, л |
| Пульпа 4 с сорбции | 2124,07 | 2,52 | 1830,74 | Сливной раствор | 225,51 | 1,51 | 192,06 |
| Шлам | 1898,56 | 1,01 | 1637,68 |
| Итого | 2124,07 | 2,52 | 1830,74 | Итого | 2124,07 | 2,52 | 1830,74 |

##### *Сушка - нейтрализация*

Перед подачей шлама в печь его нейтрализуют известью.

Основная реакция нейтрализации:

2H2SO4 + 2CaO = 2CaSO4. 0,5H2O + H2O (28)

Т.к. концентрация серной кислоты в жидкой фазе шлама составляет

1,41 %, то количество серной кислоты, которой необходимо нейтрализовать составит 12,96 кг.

H2SO4 196 кг - CaO 112 кг

12,96 кг – х

Х = 7,41 кг

С учетом 50 % избытка масса извести:

7,41 × 1,5 = 11,11 кг или 5,56 л.

В результате реакции образуется воды:

H2SO4 196 кг - H2O 18 кг

12,96 кг – х

Х = 1,19 кг

Т.к. продукт для производства стройматериалов сушим до влажности

5 %, то 95 % жидкой фазы переходит в пар, следовательно масса пара составляет 862,30 кг.

Таблица 25 - материальный баланс операции сушки шлама

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поступило | | | | Получено | | | |
| Материал | кг | Mo, кг | Объем, л | Продукт | кг | Mo, кг | Объем, л |
| Шлам | 1898,56 | 1,01 | 1639,68 | Продукт для производства стройматериалов | 1047,37 | 1,01 | 418,95 |
| Известь | 11,11 | \_ | 5,56 | Пар | 862,30 | \_ | 10778,75 |
| Итого | 1909,67 | 1,01 | 1645,24 | Итого | 1909,67 | 1,01 | 11197,70 |

##### *Доукрепление*

В растворе должно быть 29 кг 100 %-ной серной кислоты, следовательно масса сливного раствора составляет:

mсл.р-ра  × 1,41% + (310 – 58 – mсл.р-ра) × 0,98 = 29,3

mсл.р-ра  = 225,34 кг

Таблица 26 - материальный баланс операции докрепление

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поступило | | | | Получено | | | |
| Материал | кг | Mo, кг | Объем, л | Продукт | кг | Mo, кг | Объем, л |
| Сливной раствор | 225,34 | 1,51 | 193,06 | Раствор на распульповку | 310,00 | 1,51 | 249,60 |
| Серная кислота | 26,66 | \_ | 14,81 |
| Азотная кислота | 58,00 | \_ | 41,73 |
| Итого | 310,00 | 1,51 | 249,60 | Итого | 310,00 | 1,51 | 249,60 |

### 3.3 Выбор основного и вспомогательного оборудования

На основании материального баланса, выбрано следующее основное вспомогательное оборудование (таблица 27).

Таблица 27 - основное вспомогательное оборудование

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование оборудования | Количество |
|
| Чан для распульповки, объем 250 л | 1 |
| Реактор с мешалкой, объем 250 л | 1 |
| Реактор с мешалкой, объем 320 л | 1 |
| Пачук сорбции: объем 52 л | 8 |
| Реактор с мешалкой, объем 25 л | 1 |
| Реактор с мешалкой, объем 35 л | 1 |
| Реактор с мешалкой, объем 20 л | 1 |
| кристаллизатор 20 л | 1 |
| Сгуститель отстойник объем 380 л | 1 |
| Реактор с мешалкой, объем 300 л | 1 |
| Колонна ПИК | 1 |
| Колонна КНСПР | 1 |
| Барабанная печь 1, ×9 м | 3 |
| Транспортер, производительность 2,5 т/ч | 1 |
| Установка выпарная трехкорпусная | 1 |
| Насос диафрагменный, производительность 10 м3/ч | 14 |
| Насос центробежный, производительность 5 м3/ч | 7 |
| Подогреватель | 3 |
| Бак с мешалкой, объемом 3 м3 | 1 |
| Доупариватель | 1 |
| Нутч – фильтр саморазгружающийся, объем 25 л | 1 |
| Нутч – фильтр саморазгружающийся, объем 35 л | 1 |
| Конденсатный бак, объемом 6 м3 | 1 |
| Газовый калорифер | 1 |
| Вибрационный охладитель | 2 |
| Элеватор | 1 |
| Группа циклонов | 1 |
| Циклон промыватель | 1 |
| Агрегат фасовочный | 1 |
| Мешкозашивочная машина | 1 |
| Грохот | 1 |
| Дробилка | 1 |
| Питатель шлюзовой | 1 |
| Вентилятор | 1 |

# 4 Специальная часть

Выпаривание используется в химической, пищевой и других отраслях промышленности. Существует более 80 разновидностей выпарных аппаратов с паровым обогревом. В малотоннажных производствах обычно применяют вертикальные и горизонтальные цилиндрические выпарные аппараты с обогревом змеевиками или нагревательными рубашками; в крупнотоннажных производствах — аппараты с внутренними и выносными нагревательными камерами, плёночные аппараты, в которых струя пара увлекает вверх тонкую плёнку раствора, в результате чего создаются благоприятные условия для выпаривания, и аппараты с принудительной циркуляцией. Последние применяют при необходимости предотвратить осаждение солей на поверхности нагрева, а также при упаривании вязких растворов.

Разделение процесса выпаривания на две стадии позволяет использовать для предварительного концентрирования высокоэффективные широко апробированные в промышленности выпарные аппараты с падающей пленкой, характеризующиеся кратким временем пребывания перерабатываемого раствора и малой металлоемкостью.

Кроме того, выпарные аппараты с падающей пленкой могут эффективно работать при небольших значениях полезной разности температур, что позволяет при располагаемом перепаде давления пара скомпоновать эти аппараты в разрабатываемой выпарной установке в трехкорпусную прямоточную батарею. Чертеж аппарата приведен в приложении.

## Устройство и работа установки

Концентрирование раствора сульфата и нитрата аммония до состояния насыщения выполняется в трехкорпусной прямоточной батарее, включающей выпарные аппараты с падающей пленкой(приложение Б). Опыт промышленной эксплуатации пленочных выпарных аппаратов показал, что эти аппараты имеют следующие преимущества:

- высокая интенсивность теплообмена;

- отсутствие потерь полезной разности температур от гидростатической депрессии;

- стабильность режимов выпаривания;

- малая металлоемкость по сравнению с выпарными циркуляционными аппаратами.

Выпарной аппарат с падающей пленкой состоит из следующих узлов: греющая камера, сепаратор, верхняя и нижняя растворные камеры.

Греющая камера представляет собой кожухотрубный, вертикально установленный теплообменник, обогреваемый паром, поступающим в межтрубное пространство.

Эта поверхность образованна теплообменными трубками диаметром 57 мм с толщиной стенки 2 мм и длинной 8 м. Греющая камера снабжена патрубками: для подвода греющего пара, конденсата, для вывода греющего пара в подогреватель, для удаления конденсата. В верхней части корпуса камеры приварены опоры для крепления ее к металлоконструкциям.

Сепаратор предназначен для очистки вторичного пара от капель раствора. Тип сепаратора – инерционный, циклонный. Сепаратор представляет собой цилиндрический вертикально установленный сосуд с эллиптическими днищами, оснащенный технологическими патрубками, люками и смотровыми окнами. Патрубок ввода пара в сепаратор выполнен тангенциально по отношения к цилиндрической стенке, имеет прямоугольную форму и расположен в нижней части сепаратора.

Сепараторы имеют диаметр 1,2 м и высоту сепарационного пространства 1,8 м.

Сепаратор опирается на несущие перекрытия с помощью опор.

Над греющей камерой выпарного аппарата размещена верхняя растворная камера, закрываемая крышкой. Крышка крепится к корпусу греющей камеры с помощью болтового фланцевого соединения. Внутри верхней растворной камеры помещено распределительное орошающее устройство, состоящее из форсунки и двух распределительных тарелок. На крышке растворной камеры выполнен патрубок для входа упариваемого раствора.

Снизу к греющей камере присоединена нижняя растворная камера, снабженная патрубками для выхода пара и упаренного раствора.

Выпарной аппарат работает следующим образом. Раствор сульфата и нитрата аммония поступает в верхнюю растворную камеру выпарного аппарата и через форсунку распыляется на верхнюю перфорированную тарелку распределительного устройства. С верхней тарелки раствор, вскипая, стекает через отверстия перфорации на нижнюю тарелку. На выходе из отверстий нижней тарелки образуется факел струй и капель раствора, которые потоком пара отбрасываются на внутреннюю поверхность греющих трубок.

По внутренней поверхности теплообменных трубок раствор стекает вниз тонким слоем под действием силы тяжести и потока образующегося вторичного пара. В межтрубное пространство подается пар, который, конденсируясь, передает тепло конденсации через стенки греющих трубок к стекающей по ним вниз пленке раствора. Пленка раствора кипит, выделяя вторичный пар. При этом раствор конденсируется. Образующаяся в результате кипения раствора парожидкостная смесь вытекает из греющих трубок в нижнюю растворную камеру, где происходит отделение основной части жидкой фазы от вторичного пара. Упаренный раствор откачивается насосом.

Вторичный пар с мелкими каплями раствора через тангенциально вваренный патрубок вводится в сепаратор, где происходит окончательная очистка пара от жидкости, которая собирается на днище сепаратора и отводится во всасывающий патрубок перекачивающего насоса. Пар отводится через патрубок в верхней части сепаратора.

## 4.2 Расчет трехкорпусной выпарой установки

За 1 час перерабатывается 21,4 т раствора сульфата и нитрата аммония с начальной концентрацией Сн = 9,07 %. Конечная концентрация Ск = 65 %. Давление греющего пара Р = 2 атм. Температура греющего пара Т = 119,6 оС.

Расчет.

4.2.1. Количество воды, выпариваемой в трех корпусах установки:

 кг/час (29)

4.2.2 Распределение нагрузки по корпусам.

Сделаем это распределение на основании практических данных.

Примем следующее соотношение весовых количеств воды, выпариваемой по корпусам:

I : II : III = 1,0:1,1:1,2

Следовательно, количество выпариваемой воды ( в кг/час):

В I корпусе 

Во II корпусе 

В III корпусе 

4.2.3 Расчет концентраций раствора по корпусам

*I корпус*

Начальная концентрация раствора Хн = 9,07 %. Из I корпуса во II переходит раствора:

 кг/час (30)

Очевидно, концентрация раствора, конечная для I корпуса и начальная для II, будет равна:

 % (31)

*II корпус*

Из II корпуса в III переходит раствора:

 кг/час (32)

с концентрацией:

 %

*III корпус*

Количество сконцентрированного раствора по выходе из III корпуса:

 кг/час (33)

с концентрацией:

 %

что соответствует заданию.

4.2.4. Распределение перепада давлений по корпусам.

Разность между давлением греющего пара (из котельной) и давлением сокового (вторичного) пара в барометрическом конденсаторе:

Δр = 2 - 0,2 = 1,8 ат.

Предварительно распределим перепад давлений между корпусами поровну, то есть на каждый корпус примем:

Δр = 1,8/3 = 0,6 ат.

Тогда давления по корпусам будут (в ата):

В III корпусе Р3 = 0,2 (задано)

Во II корпусе Р2 = 0,2 + 0,6 = 0,8

В I корпусе Р1 = 0,8 + 0,6 =1,4

Давление греющего пара Р = 1,4 + 0,6 = 2 атм.

По паровым таблицам находим температуры насыщенных паров воды и теплоты парообразования для принятых давлений в корпусах:

Таблица 28 - Температуры насыщенных паров воды и теплоты парообразования для принятых давлений в корпусах

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| корпус | Температура насыщенного пара, оС | Теплота парообразования, ккал/кг |
| I | 108,7 | 534 |
| II | 93 | 546 |
| III | 59,7 | 563 |
| Пар из котельной | 119,6 | 527 |

Эти температуры насыщенного пара и будут температурами вторичных паров по корпусам (температурами конденсации).

4.2.5 Расчет температурных потерь по корпусам

#### *От депрессии*

В справочных таблицах [6] находим температуры кипения раствора при атмосферном давлении:

Таблица 29 - Температуры кипения раствора при атмосферном давлении

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Корпус | Концентрация, % | Температура кипения, оС | Депрессия, оС |
| I | 12,27 | 101,00 | 1,0 |
| II | 20,05 | 101,3 | 1,3 |
| III | 65,00 | 109,00 | 9,0 |

В целях упрощения расчета не уточняем температурную депрессию (в связи с отличаем давления в корпусах от атмосферного), так как зависимость температуры кипения раствора от температуры кипения растворителя линейна.

Следовательно, по трем корпусам:

Δtдепр = 1 + 1,3 + 9 = 11,3  оС

от гидравлических сопротивлений

Потерю разности температур на каждом интервале между корпусами принимаем в 1о. Интервалов всего три (I-II, II-III, III-конденсатор), следовательно:

Δрг.с. = 3 . 1 = 3  оС

При расчёте температуры кипения в плёночных выпарных аппаратах данного типа гидростатическую депрессию не учитывают.

Сумма всех потерь разности температур для батареи в целом составит:

ΣΔtпот = 11,3 + 3 = 14,3  оС

Полезная разность температур

Общая разность температур 119,6 – 59,7 = 59,9  оС, следовательно, полезная разность температур:

Δtпол = 59,9 – 14,3 = 45,6  оС

### 4.2.1 Определение температур кипения растворов в корпусах

Воспользуемся уравнением:

tкип = tвтор.пара + Δtдепр + Δtг.э. + Δtг.с. (34)

Тогда:

В III корпусе t3 = 59,7 + 9 + 1 = 69,7 оС

Во II корпусе t2 = 93 +1,3 + 1 = 95,3 оС

В I корпусе t1 = 108,7 + 1 + 1 = 110,7 оС

Полезная разность по корпусам:

ΔtП1 = 119,6 - 110,7 = 8,9 оС

ΔtП2 = 108,7 – 95,3 = 13,4 оС

ΔtП3 = 93 – 69,7 = 23,3 оС

### 4.2.2 Расчет теплопередачи по корпусам

По найденным температурам кипения и концентрациям растворов в корпусах подбираем в справочниках расчетные константы – физические характеристики растворов (удельный вес, теплопроводность, теплоемкость, вязкость).

Расчёт коэффициента теплопередачи в первом корпусе.

  (35)



сопротивление загрязнений со стороны пара.

 (36)

Коэффициент теплоотдачи от конденсирующегося пара α1 к стенке равен

 (37)

где r1 – теплота конденсации греющего пара, Дж/кг;

ρЖ1, λЖ, μЖ плотность (кг/м2). Теплопроводность (Вт/м.К), вязкость (Па) конденсата при средней температуре плёнки, соответственно,

tПЛ = tГ1 - Δt1/2, (38)

Δt1 – разность температур конденсации пара и стенки, град..

Расчёт α1 ведут методом последовательных приближений.

1-ое приближение.

Примем - Δt1 = 2,00 C, тогда

Примем - α1 = 10000 Вт/(м2.К)



Для установившегося процесса передачи тепла справедливо

 (39)

где q – удельная тепловая нагрузка, Вт/м2;

ΔtСТ – перепад температур на стенке, град;

Δt2 – разность между температурой стенки со стороны раствора и температурой кипения раствора, град.



ΔtСТ = α1 . Δt1 . ∑δ/λ = 10000 . 2 . 2,87 . 10-4 = 5,7 OC. (40)

Тогда

Δt2 = ΔtП1 - ΔtСТ - Δt1 = 8,9 –5,7 –2,0 = 1,2 OC.

Коэффициент теплоотдачи от стенки к кипящему раствору для режима пузырькового кипения в вертикальных пузырьковых трубках при условии естественной циркуляции раствора равен:

 (41)

q1 = α1 . Δt1 = 10000 . 2 = 20000 Вт/м2;

q2 = α2 . Δt2 = 9425 . 1,2 = 10933 Вт/м2; (42)



2-ое приближение.

Примем - Δt1 = 1,0 0C, тогда



ΔtСТ = 11892 . 1 . 0,287 . 10-3 = 3,4O C.

Δt2 = 8,9 –3,4 –1 = 4,5O C.



q1 = 11892 . 1 = 28500 Вт/м2;

q2 = 14630 . 4,5 = 65835 Вт/м2;



3-ье приближение.

Строим графическую зависимость удельной тепловой нагрузки от принятой разности температур Δt1.



рисунок 3



ΔtСТ = 10573,7 . 1,6 . 0,278 . 10-3 = 4,9O C.

Δt2 = 8,9 –4,9 –1,6 = 2,4O C.



q1 = 8524,4 . 2,4 = 17428,6 Вт/м2;

q2 = 10573,7 . 1,6 = 16917,9 Вт/м2;



Если расхождение тепловых нагрузок не превышает 3%, то на этом расчёт коэффициентов α1 и α2 заканчивают.



Соотношение коэффициентов теплопередачи по корпусам при выпаривании водных растворов солей К1 : К2 : К3 = 1:0,58:0,34.

На основании таких расчетов принимаем коэффициент теплопередачи:

*КорпусI…………………………………………………………………….2004,5Вт/(м2К)*

*КорпусII………… ………………………….……………………………1162,6Вт/(м2К)*

*Корпус III…………………………………………………………………681,5Вт/(м2К)*

### 4.2.3 Составление тепловых балансов по корпусам (без учета тепловых потерь)

*I корпус*

По условию раствор подается на выпарку подогретым до температуры кипения.

Тогда расход тепла в I корпусе:

QI = WI r1 = 5580 . 534 = 2979720 ккал/час (43)

*II корпус*

Раствор приходит во второй корпус перегретым, следовательно, в балансе слагаемое Qнагр отрицательно (теплота самоиспарения) и расход тепла:

QII = WII r2 – G1 c1(t1 – t2) (44)

QII =6138 . 546 – 15820 . 0,925 . (110,7 – 95,3) = 313763 ккал/час

Как было найдено выше, это количество тепла даст вторичный пар I корпуса при конденсации.

*III корпус*

Расход тепла:

QIII = WIII r3 – G2c2(t2 – t3) (45)

QIII = 6696 . 563 – 9682 . 0,925 . (95,3-69,7) = 3540578 ккал/час

Вторичный пар II корпуса дает тепла при конденсации (приход тепла):

6138 . 546 = 3351348 ккал/час

тепла вторичных паров не хватает на нагрев последующих аппаратов, поэтому необходимо повысить температуру греющего пара:

II корпус

 кг/час

III корпус

 кг/час

 кг/час

Удельный расход пара:

 кг/кг

### 4.2.3 Распределение полезной разницы температур по корпусам

Распределение полезной разницы температур по корпусам сделаем в двух вариантах: 1) из условия минимальной общей поверхности и 2) из условия равной поверхности корпусов, то есть 1) пропорционально  и 2) пропорционально .

Найдем факторы пропорциональности:

Таблица 30 - Факторы пропорциональности

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Корпус |  |  |
| I: | 1,4865 | 1,219 |
| II: | 2,738 | 1,655 |
| III: | 5,342 | 2,311 |
| Сумма | 9,5665 | 5,185 |

Полезные разницы температур по корпусам:

|  |  |
| --- | --- |
| Вариант минимальной общей поверхности | Вариант равной поверхности корпусов |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| Проверка ΣΔt = 59,9о | Проверка ΣΔt = 59,9о |

### 4.2.4 Определение поверхности нагрева

|  |  |
| --- | --- |
| Вариант минимальной общей поверхности | Вариант равной поверхности корпусов |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| Проверка ΣF = 443,4 м2 | Проверка ΣF = 474,8 м2 |

Следовательно, при расчете на равную поверхность корпусов общая поверхность нагрева больше лишь на 6,6 %.

Принимаем поэтому вариант равной поверхности корпусов (160 м2), обеспечивающий однотипность оборудования.

Проверим температуры вторичных паров и давления по корпусам:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Корпус | Температура кипения, оС | Температура вторичного пара (температура конденсации), оС | Давление, атм |
| I | 119,6 – 9,3 = 110,3 | 110,3 – 2 = 108,3 | 1,38 |
| II | 108,3 – 17,1 = 91,2 | 91,2 – 2,3 = 88,9 | 0,69 |
| III | 88,9 – 33,4 = 55,5 | 55,5 – 10 = 45,5 | 0,1 |

4.2.5 Количество греющих трубок

Так как теплопередающая поверхность имеет площадь S = 160 м2, а длина трубок составляет l= 8 м и диаметр d=57 мм, то количество греющих трубок составит:

 (46)

Таким образом количество греющих трубок составило 351.

# 

# 5 Организация производства

## 5.1 Организация производства

В данном разделе осуществляется расчет численности отдельных категорий персонала, определяется фонд заработной платы и среднегодовая зарплата.

Расчет численности трудящихся проектируемого производства определяется раздельно по категориям: основные производственные рабочие, инженерно – технические работники (ИТР), служащие, младший обслуживающий персонал (МОП).

### 5.1.1 Расчет численности и фонда оплаты труда производственных рабочих

Численность рабочих рассчитана по агрегатам и рабочим местам.

Расчет числа рабочих предполагает установление явочного и списочного состава.

Явочное количество рабочих в сутки определяется по формуле (47):

Nя = КА×С×n , (47)

где Nя – явочное число рабочих;

КА – количество агрегатов, находящихся в работе, шт.;

С – норма обслуживания на один агрегат, чел.;

n – число смен в сутки.

Списочный состав определяют путем умножения явочного состава на коэффициент перехода от явочного состава к списочному составу. Этот коэффициент зависит от режима работы предприятия и баланса рабочего времени одного среднесписочного рабочего. Для непрерывного производства коэффициент определяется по формуле (47):

Тк

Тр

К пер = (48)

где Тк – календарное число дней в году;

Тр - время работы одного среднесписочного рабочего, дни.

Время работы одного среднесписочного рабочего определяется с помощью годового баланса рабочего времени одного среднесписочного рабочего в год. Баланс рабочего времени приведен в таблице 53.

Таблица 28 – Годовой баланс рабочего времени одного среднесписочного рабочего при непрерывном режиме работы предприятия с 6 часовым рабочим днем

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование | Время, дни |
| Календарное время | 365,0 |
| Выходные дни | 52,0 |
| Праздничные дни | 0,0 |
| Номинальный фонд времени работы (Тн) | 313,0 |
| Невыходы на работу | 32,0 |
| в том числе по причине  - отпуск | 24,0 |
| - болезни | 5,2 |
| - декретный отпуск | 1,5 |
| - выполнение государственных и общественных обязанностей | 0,5 |
| - льготные дни отпуска учащимся | 0,5 |
| - прочие невыходы | 0,3 |
| Время работы одного рабочего (Тр) | 281,0 |
| То же, в часах | 1686,0 |
| Коэффициент списочного состава | 1,3 |

Списочное количество рабочих определяется по формуле (49):

Nсп = Nя×К пер, (49)

где Nсп - списочное число рабочих.

Для непрерывного производства с 36 часовой продолжительностью рабочей недели устанавливаем следующий график выходов для четырех бригад, который приведен в таблице 54.

Таблица 29 – График сменности

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Даты месяца | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Смена | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |  |
| 1 | А | А | А | А | Г | Г | Г | Г | В | В | В | В | Б | Б | Б | Б |
| 2 | В | Б | Б | Б | Б | А | А | А | А | Г | Г | Г | Г | В | В | В |
| 3 | Г | Г | В | В | В | В | Б | Б | Б | Б | А | А | А | А | Г | Г |
| Отдых | Б | В | Г | Г | А | Б | В | В | Г | А | Б | Б | В | Г | А | А |

Фонд заработной платы устанавливается в соответствии с трудоемкостью производства, составом и уровнем квалификации работников и действующими тарифными ставками.

Фонд заработной платы рабочих состоит из основной и дополнительной заработной платы.

Для определения фонда основной заработной платы использовалась формула (49):

Фосн = ∑С×D×Nсп, (50)

где Фосн – фонд основной заработной платы;

С – часовая (дневная) тарифная ставка рабочего соответствующего разряда, руб.;

D – число дней (часов) работы одного рабочего в год;

Nсп – списочное число рабочих.

Премии составляют 15,3 % от тарифного фонда. Доплаты за работу в праздники составляют 2,19 % от тарифного фонда. Доплаты за работу в ночь составляют 6,7 % от тарифного фонда. Приработок сдельщика 2 % от тарифного фонда [33].

Фонд дополнительной заработной платы составляют: оплата отпусков, выполнения государственных и общественных обязанностей.

Оплата за время отпуска рассчитывается умножением среднедневного заработка на количество дней отпуска.

Оплата за выполнение государственных и общественных обязанностей составляет 0,18 % от фонда основной заработной платы [33].

Фонд заработной платы рабочих сведен в таблицу Д.1 (Приложение Д).

### 5.1.2 Расчет численности и фонда оплаты труда цехового персонала

Численность цехового персонала определяется на основе типовых структур управления и соответствующих им типовых штатов и нормативов численности.

Оплата труда ИТР, служащих, МОП осуществляется на основе месячных должностных окладов и персональных надбавок.

В общий фонд заработной платы ИТР и служащих не включаются премии, их планируют по фонду материального поощрения (ФМП). Тем не менее, при определении средней заработной платы учитываются премии из фонда материального поощрения (ФМП).

Расчет заработной платы служащих, ИТР, младшего обслуживающего персонала сведен в таблицу 30.

Таблица 30 – Расчет численности и фонда заработной платы цехового персонала

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование  должности | Катего-рия | Кол-во | Должно-стной ок-  лад, руб. | Годовой фонд зарплаты, руб. | Премия  из ФМП | Годовой фонд заработной платы с премией из ФМП, руб. |
| Основные производственные участки | ИТР | 1 | 24975,00 | 299700,00 | 179820,00 | 479520,00 |
| Старший мастер участка выщелачива-ния | ИТР | 1 | 24975,00 | 299700,00 | 179820,00 | 479520,00 |
| Старший мастер участка сорбции | ИТР | 1 | 24975,00 | 299700,00 | 179820,00 | 479520,00 |
| Старший мастер участка кристаллизации | ИТР | 1 | 24975,00 | 299700,00 | 179820,00 | 479520,00 |
| Старший мастер участка получения ПМА | ИТР | 1 | 24975,00 | 299700,00 | 179820,00 | 479520,00 |
| Старший мастер производства удобрений | ИТР | 1 | 24975,00 | 299700,00 | 179820,00 | 479520,00 |
| Механик | ИТР | 1 | 21937,50 | 263250,00 | 157950,00 | 421200,00 |
| Всего ИТР |  | 7 |  | 1061450,00 | 1236870,00 | 3298320,00 |
| Участок подготовки производства |  |  |  |  |  |  |
| Подсобные рабочие | рабочий | 6 | 11500,00 | 828000,00 | 165600,00 | 993600,00 |
| Всего служащих и рабочих |  | 6 |  | 828000,00 | 165600,00 | 993600,00 |
| Всего цеховой персонал |  | 13 |  | 2889450,00 | 1402470,00 | 4291920,00 |
| Примечания  - Премии подсобных рабочих планируются из фонда заработной платы | | | | | | |

### 5.1.3 Расчет годового фонда времени работы машин и оборудования

В таблице 31 приведен расчет фонда времени работы оборудования.

Таблица 31 – Годовой фонд времени работы оборудования

|  |  |
| --- | --- |
| Элемент времени | Количество дней |
| Календарный фонд времени работы оборудования  Планируемые остановки:  - на капитальный ремонт  - на текущий ремонт  - по техническим причинам | 365  8  5  2 |
| Итого эффективный фонд времени работы оборудования | 350 |

# 6 Безопасность жизнедеятельности

## 6.1 Объемно-планировочные решения зданий и сооружений цеха

Для успешного ведения технологического процесса необходимо разработать решения социального характера, имеющие целью создание на производстве наиболее благоприятных условий труда, надлежащего социально-бытового обеспечения работающих и защиты окружающей среды [18,24].

Химико-металлургический цех относится к разряду цехов, в которых технология производства связана с получением веществ, растворов и газов, обладающих вредным воздействием на организм человека.

Для предприятия в состав которого входит проектируемый цех, технологические процессы в котором являются источниками выделения вредных веществ в окружающую среду, предусматривается установление санитарно-защитной зоны, шириной 1000 м.

Проектируемый цех расположен с подветренной стороны по отношению к жилому району. Это условие удовлетворяется и при расположении цеха на генеральном плане завода по отношению к цехам, не являющимися источниками выделения вредных отходов в окружающую среду, а также к административно-бытовым зданиям. Продольные оси аэрационных фонарей и стены здания с проемами, используемые для аэрации помещений, ориентированы в плане под углом 45о к преобладающему направлению ветра в летний период.

На крыше здания располагаются светоаэрационный фонарь. Кроме того, на крыше цеха пре­дусмотрено ограждение по периметру здания высотой 0,9 м. Для доступа на крышу уста­новлены наружные пожарные лестницы, также расположенные по периметру здания на рас­стоянии не более 140 м.

Пол основных рабочих площадок покрыт стальными листами, пол вспомогательных площадок выполнен из керамических плиток. Рабочие площадки, лестницы, переходные мостки, проемы, люки и т.д., находящиеся на высоте более чем 0,6 м, ограждены перилами высотой 1,2 м. Уклон лестниц не превышает 40°.

Основное и вспомогательное оборудование скомпоновано с учетом наиболее эффективного удаления из цеха избыточного тепла естественным путем. Ширина проходов составляет 1,5 м. Цех спроектирован с учетом, что на одного работающего приходится 15 м3 и 4,5 м2.

Санитарно-бытовые помещения размещаются с наветренной стороны по отношению к цеху [26]. Площади санитарно-бытовых помещений рассчитываются по количеству работающих в смене, гардеробные – с учетом всего персонала. Питьевые установки снабжаются чистой водой с температурой до 20° С, аппараты с газированной подсоленной водой устанавливаются на расстоянии 50 м от рабочих мест.

## 6.2 Отопление и вентиляция

По степени тяжести работа, выполняемая рабочими в цехе, относится к категориям Iб, IIб и III. Значения принятых допустимых параметров воздушной среды в рабочих зонах производственных помещений по ГОСТ 12.1.005-88 [27] представлены в таблице 33.

Таблица 33 – Значение принятых допустимых параметров воздушной среды в рабочей зоне производственных помещений реконструируемого цеха

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Период года | Категория работ | Температура воздуха,° С | | | Относительная влажность воздуха, % | | Скорость движения воздуха, м/с | |
| Оптимальная | Допустимая | | Оптимальная | Допустимая | Оптимальная | Допустимая |
| Постоянная | Непостоянная |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Холодный | Легкая, Iб | 21–23 | 20–24 | 17–25 | 40–60 | 75 | 0,1 | 0,2 |
| Средней тяжести, IIб | 17–19 | 15–21 | 13–23 | 40–60 | 75 | 0,2 | 0,4 |
| Тяжелая, III | 16–18 | 13–19 | 12–20 | 40–60 | 75 | 0,3 | 0,5 |
| Теплый | Легкая, Iб | 22–24 | 21–28 | 19–30 | 40–60 | 60 | 0,2 | 0,1–0,3 |
| Средней тяжести, IIб | 20–22 | 16–27 | 15–29 | 40–60 | 70 | 0,3 | 0,2–0,5 |
| Тяжелая, III | 18–20 | 15–26 | 13–28 | 40–60 | 75 | 0,4 | 0,2–0,6 |

Для обеспечения указанных параметров микроклимата в холодный период времени года предусмотрено отопление, а в теплый – приточно-вытяжная и местная вентиляция.

## 6.3 Производственное освещение

В цехе используется искусственное и естественное освещение. Согласно СНиП 23-05-95 [28] определяется нормированное значение коэффициента естественного освещения (КЕО) при совмещенном освещении для VI разряда на постах правления и вносится в таблицу 34.

Таблица 34 – Нормированное значение КЕО при искусственном и естественном освещении на рабочих поверхностях

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристика зрительной работы | Наименьший размер объекта различения, мм | Зрительная работа | | Контраст объекта различения с фоном | Характеристика фона | Общее искусственное освещение | Естественное освещение КЕО, % | |
| Разряд | Подразряд | Верхнее | Боковое |
| Очень малая | >5 | VI | – | Независимо от характеристик фона и контраста объекта с фоном | | 200 | 3 | 1 |

При расчете естественного освещения определяется площадь световых проемов, которые обеспечивают нормированное значение КЕО [24], а при расчете искусственного освещения – мощность осветительной установки в целом и каждого осветительного прибора в отдельности [29,30].

Площадь световых проемов при боковом освещении (51):

(51)





Для освещения цеха выбираем лампы ДРЛ700 со значением светового потока 41000 лм.

Индекс помещения и количество светильников:



(52)



(53)

## 6.4 Санитарно-бытовые помещения

Для удовлетворения санитарных и бытовых нужд работающих в цехе людей предусмотрены специальные помещения. Состав санитарно-бытовых помещений определяет­ся на основании санитарной характеристики производственных процессов в цехе в соответ­ствии с требованиями СНиП 2.09.04-87 [26]. Санитарно-бытовые помещения располагаются в правом крыле здания цеха. В их состав входят: гардеробные, душевые, умывальники, уборные, помещения для отдыха. Заводская столовая расположена на территории предприятия, на расстоянии 40 м от здания цеха. Переход подземный. Данные расчета площадей санитарно-бытовых помещений приведены в таблице 35.

Таблица 35 – Данные расчета площадей санитарно-бытовых помещений

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Назначение расчетной площади | Наименование бытовых устройств и норма на 1-го человека | Норма площади на 1-го человека, м2 | Количество человек на которых ведется расчет | Общая площадь, м2 |
| Гардеробные блоки | Шкаф двойной 0,5×0,4 м | 1,1 | 150 | 165,0 |
| Душевые | Душевая сетка на три чел. | 0,89 | 150 | 133,5 |
| Умывальные | Один кран на 20 человек. | 0,78 | 150 | 117,0 |
| Уборные | Для мужчин: 1 писсуар и 1 унитаз на 30 человек; для женщин 1 унитаз на 15 человек | 0,1 | 100  50 | 10,0  5,0 |
| Помещения для отдыха в рабочее время | Помещение находится на расстоянии не более 75 м | 0,2 | 150 | 28,4 |
| Устройство питьевого водоснабжения | 1 устройство на 100 человек | 0,02 | 150 | 3,0 |

## 6.5 Потенциально опасные и вредные производственные факторы при проведении технологических процессов и эксплуатации оборудования

В таблице 36 приведен анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов в цехе по ГОСТ 12.0.003-74 [31].

Таблица 36 – Анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов технологической схемы переработки твердых отходов.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование операции | Агрегат, оборудование | Опасные и вредные факторы | Нормируемое значение параметра [24,32] |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Приготовление пульпы | Кран мостовой с платформой, приемный бункер с | 1Незащищенные подвижные элементы производственного оборудования |  |
| Продолжение таблицы 36 | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|  | тарельчатым питателем, чан для распульповки с мешалкой, насосы | 2 Опасный уровень напряжения электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека | I = 10 А, U = 380 В, f = 50 Гц |
| 3 Повышенный уровень шума на рабочем месте | УЗД = 92–94 дБ А  ПДУ = 80 дБ А |
| 4 Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны. С= 0,7 мг/м3 |  |
| 5 Повышенная температура воздуха рабочей зоны. t = 22 o C | 22–24° С |
| 6 Повышенный уровень вибрации | f = 16 Гц; ПДУ = 92 дБ |
| Выщелачивание | Реактор с мешалкой и паровой рубашкой | 2 | I = 10 А, U = 380 В, f = 50 Гц |
| 4 |  |
| 6 | f = 16 Гц; ПДУ = 92 дБ |
| 2 | I = 10 А, U = 380 В, f = 50 Гц |
| 7 tвн = 95° С | tн ≤ 45° С |
| 5  t = 25 o C | 22–24° С |
| 6 | f = 16 Гц; ПДУ = 92 дБ |
| Разбавление | Реактор с мешалкой | 4 |  |
| 2 | I = 10 А, U = 380 В, f = 50 Гц |
| Отстаивание | - | 5  t = 25 o C | 22–24° С |
| 4 |  |
| Продолжение таблицы 36 | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|  | Сгуститель отстойник | Повышенная влажность |  |
| Доукрепление | Реактор с мешалкой | 4 |  |
| 6 | f = 16 Гц; ПДУ = 92 дБ |
| Нейтрализация, сушка | Шнековый питатель, барабанная печь | 7 tвн = 95° С | tн ≤ 45° С |
| 4 |  |
| 6 | f = 16 Гц; ПДУ = 92 дБ |
| 2 | I = 10 А, U = 380 В, f = 50 Гц |
| Сорбция молибдена | Пачуки сорбции | 2 | I = 10 А, U = 380 В, f = 50 Гц |
| 4 |  |
| Промывка | Колонна ПИК | 4 |  |
| Десорбция молибдена | Колонна КНСПР | 4 |  |
| 6 | f = 16 Гц; ПДУ = 92 дБ |
| 2 | I = 10 А, U = 380 В, f = 50 Гц |
| Промывка | Колонна ПИК | 4 |  |
| Регенерация | Колонны ПИК, гидросборники | 4 |  |
| 6 | f = 16 Гц; ПДУ = 92 дБ |
| 2 | I = 10 А, U = 380 В, f = 50 Гц |
| Продолжение таблицы 36 | | | |
|  |  |  |  |
| Очистка от примесей | Реактор с мешалкой, нутч-фильтр | 4 |  |
| 2 | I = 10 А, U = 380 В, f = 50 Гц |
| 6 | f = 16 Гц; ПДУ = 92 дБ |
| Осаждение ПоМА | Реактор с мешалкой, нутч-фильтр | 6 | f = 16 Гц; ПДУ = 92 дБ А |
| 4 |  |
| 2 | I = 10 А, U = 380 В, f = 50 Гц |
| Перекристаллизация | Реактор с мешалкой и паровой рубашкой, кристаллизатор | 2 | I = 10 А, U = 380 В, f = 50 Гц |
| 7 | tн ≤ 45° С |
| 6 | f = 16 Гц; ПДУ = 92 дБ |
| 4 |  |
| Упаривание и кристаллизация | Реактор с мешалкой и паровой рубашкой, кристаллизатор | 2 | I = 10 А, U = 380 В, f = 50 Гц |
| 7  t = 48 o C | tн ≤ 45° С |
| 4 |  |
| 6 | f = 16 Гц; ПДУ = 92 дБ |
| Промывка | нутч-фильтр | 4 |  |
| 2 | I = 10 А, U = 380 В, f = 50 Гц |
| Сушка | Барабанная печь | Повышенная влажность |  |
| 4 |  |
| Выделение пыли |  |

## 6.6 Анализ опасных и вредных производственных факторов технологической схемы переработки жидких отходов

Таблица 37 - анализ опасных и вредных производственных факторов технологической схемы переработки жидких отходов.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование операции | Агрегат, оборудование | Опасные и вредные факторы | Нормируемое значение параметра [24,32] |
| 1 | 2 | 3 | 5 |
| выпаривание | Выпарные аппараты, доупариватель, подогреватели, конденсаторы, вакуум– насос, бак с мешалкой, конденсаторный бак, центробежные насосы | 7 tвн = 95° С | tн ≤ 45° С |
| 4 |  |
| 2 | I = 10 А, U = 380 В, f = 50 Гц |
| кристаллизация | Доупариватель, конденсаторы, конденсаторный бак,  центробежные насосы | 7 tвн = 95° С | tн ≤ 45° С |
| 2 | I = 10 А, U = 380 В, f = 50 Гц |
| Сушка и грануляция | Сушилка-гранулятор, газовый калорифер, вибрационные охладители | 4 |  |
| 4 |  |
| 2 | I = 10 А, U = 380 В, f = 50 Гц |
| Сухая очистка | Группа циклонов, вентиляторы | 4 |  |
| 2 | I = 10 А, U = 380 В, f = 50 Гц |
| Продолжение таблицы 37 | | | |
|  |  |  |  |
| Грохочение | Грохот | 2 | I = 10 А, U = 380 В, f = 50 Гц |
| 6 | f = 16 Гц; ПДУ = 92 дБ |
| 4 |  |
| Дробление | Дробилка, транспортер, агрегат фасовочный | 6 | f = 16 Гц; ПДУ = 92 дБ |
| 2 | I = 10 А, U = 380 В, f = 50 Гц |
| 4 |  |
| Мокрая очистка | Циклон промыватель, насосы | 2 | I = 10 А, U = 380 В, f = 50 Гц |
|  |  |

## 6.7 Разработка мер защиты от выявленных потенциально опасных и вредных производственных факторов

Технические меры защиты от выявленных потенциально опасных и вредных факторов в цехе приведены в таблице 37.

Таблица 37 – Технические меры защиты от выявленных потенциально опасных и вредных производственных факторов в гидрометаллургическом цехе

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Опасный или вредный производственный фактор | Проектируемое защитное устройство | Параметры защитного устройства, тип и его характеристика | Место установки устройства |
| Движущиеся машины и механизмы, незащищенные подвижные элементы производственного оборудования | Ограждения | Механическое ограждение | По всему цеху |
| Защитные кожухи | Ст. 3 | На подвижных частях оборудования (роторы, передачи и т.п.) |
| Продолжение таблицы 38 | | | |
|  |  |  |  |
| Опасный уровень напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека | Защитное отключение | Автоматический выключатель.  Iоткл. = 15 А, Iн = 10 А. Позволит отключить оборудование от электросети при возникновении в нем опасности поражения током. | Электрический распределительный  щиток |
| Заземляющее  устройство | Контурное.  Сопротивление меньше 4 Ом. Устраняет возможность поражения электрическим током при замыкании на корпус оборудования. | По периметру площадки,  на которой  находится  оборудование |
| Повышенный уровень шума | Звукоизоляция источников шума | Звукоизолирующие преграды в виде стен, перегородок, кожухов | По периметру площадки, на которой находиться оборудование |
| Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны, повышенная температура и влажность | Местная вытяжная вентиляция | Вытяжной зонт | Над оборудованием |
| Повышенная температура поверхности оборудования | Теплоизоляция оборудования | Асбест, асбозурит | На корпусе оборудования |
| Ограждения | Механическое ограждение | По периметру площадки, на которой находится оборудование |
| Повышенный уровень вибрации | Виброизоляция | Резиновые (пружинные) прокладки | Насосы, автоклавы, реакторы |

## 6.8 Разработка мер пожарной безопасности

Согласно НПБ 105-03 [33] здание цеха по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории Г. В здании цеха имеется также помещения категории А (автоклавное отделение) и В, но их площадь составляет незначительную часть (менее 5 %) от общей площади цеха. В соответствии со СНиП 2.01.02-85 [34] здание цеха относится ко II степени огнестойкости (предел огнестойкости несущих стен и лестничных клеток составляет 2 ч).

Автоклав, работающий под давлением кислорода и повышенной температуре снабжен предохранительным клапаном. При превышении критической величины давления срабатывает предохранительный клапан, который представляет собой разрывную мембрану, обеспечивающую сброс парогазовой смеси и пульпы при аварийном повышении давления. Его настраивают на давление 1÷1,25 от рабочего. Во избежание взрыва кислорода в автоклаве все прокладки обезжиривают, также обезжиривают и все запчасти и инструмент при работе с автоклавом и его ремонте, и применяют графитовые или силиконовые смазки для подвижных элементов автоклава.

Легко сбрасываемые конструкции в цехе предусмотрены в виде одинарного наружного остекления и облегченных плит покрытия.

Участки цеха оборудованы пожарными стендами, на которых имеются огнетушители. Кроме того, цех оснащен пожарными гидрантами, а так же средствами оповещения в случае чрезвычайной ситуации. В случае пожара эвакуация персонала осуществляется в пять ворот и восемь выходов. Размер ворот не препятствует въезду пожарных машин.

## 6.9 Экологический анализ проекта

### 6.9.1 Утилизация твердых отходов

Технологическая схема предусматривает экологическую безопасность производства: полную очистку сбросных газов и растворов от токсичных примесей, организацию водооборота.

В качестве отходов из процесса выводятся кеки азотнокислого выщелачивания молибденитового концентрата. Кеки влажностью 50 % с крупностью частиц 74 мкм (более 90 %) состоят в основном из окиси кремния и перерабатываются по предлагаемой схеме. Очистка воздуха от пыли и вредных веществ.

Основные источники загрязнения:

* выщелачивание – выделение оксидов азота и аэрозолей азотной и серной кислот;
* десорбция молибдена, кристаллизация ПМА– выделение аммиака;
* сушка удобрения – выделение пылевидных твердых частиц. В качестве топлива используется природный газ.

Характеристика выбросов приведена в таблице 38.

Таблица 38 – Характеристика выбросов газов и пыли

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование вещества | Класс опасности | Количество, нм3/сут | Концентрация, г/м3 | ПДК, мг/м3 [10] |
| Оксиды азота и аэрозоли азотной кислоты | III | 9000 | 0,5 | 5 и 2 соотв. |
| Аэрозоли серной кислоты | II | 9000 | 2,5 | 1 |
| Аммиак | IV | 9000 | 7,0 | 20 |
| Пыль | – | 45000 | 5,0 | – |

Для уменьшения выбросов в атмосферу загрязняющих веществ предусматривается организация систем местной вытяжной вентиляции с очисткой удаляемого воздуха.

На операциях выщелачивания необходима очистка сбросных газов (сдувки) от оксидов азота и аэрозолей азотной и серной кислот. Сбросные газы имеют высокую температуру (до 95° С), что позволяет организовать узел утилизации тепла. Для очистки газов и утилизации тепла предусматривается двухступенчатая система очистки представленная на рисунке 1. Первая ступень – тарельчатый скруббер, работающий в проточном режиме и орошаемый в противоточном режиме технологическим раствором, поступающим на получение удобрений и требующий подогрева. Вторая ступень – скруббер с волокнистой насадкой (типа ФВГ-Т), который обеспечит улавливание аэрозолей с эффективностью более 95 %.

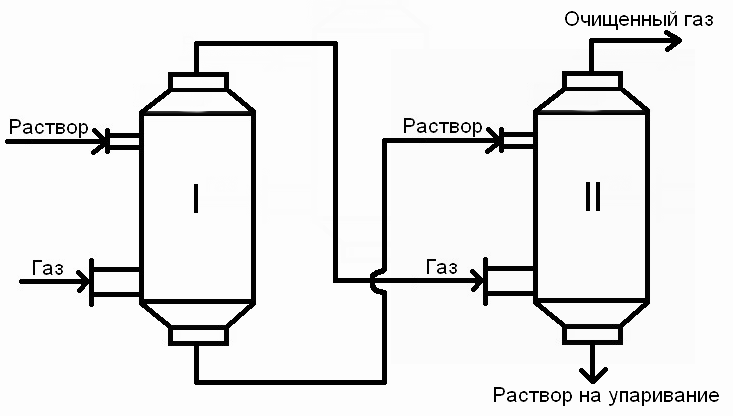


Рисунок 1 – Схема очистки газов от оксидов азота и аэрозолей азотной и серной кислот: I – тарельчатый скруббер; II – скруббер с волокнистой насадкой (типа ФВГ-Т)

На операциях с применением аммиачной воды в газовую фазу выделяется аммиак в количестве до 5 % от общего потребления. Для улавливания и утилизации аммиака предусматривается трехступенчатая система представленная на рисунке 6. Первые две ступени – улавливание в тарельчатых скрубберах водой в проточно-циркуляционном режиме с охлаждением циркуляционного раствора на каждой ступени. Эффективность водной абсорбции составит не менее 90 %. На третьей ступени – доулавливание в тарельчатом скруббере кислыми технологическими растворами с эффективностью улавливания не менее 98 %.

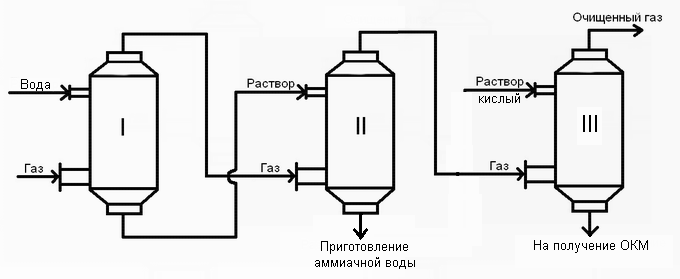


Рисунок 2 – Схема очистки газов от аммиака: I, II, III – тарельчатые скрубберы

На операции сушки происходит вынос с теплоносителем пыли готового продукта. Для предотвращения выброса ее в атмосферу предусматривается двухступенчатая система мокрой газоочистки, состоящая из коагуляционного мокрого пылеуловителя КМП (скруббер Вентури) с предварительным форсуночным орошением газов и тарельчатого скруббера (см. рисунок 3). Общая эффективность пылеулавливания составит не менее 98 %.

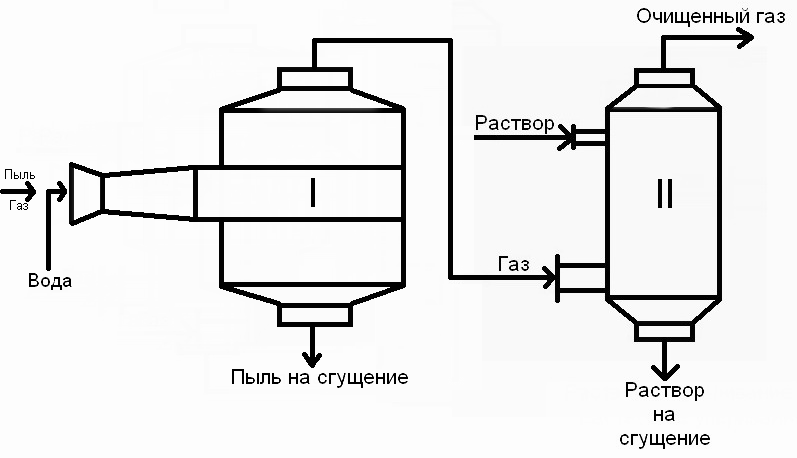


Рисунок 3 – Схема пылеулавливания: I – скруббер Вентури; II – тарельчатый скруббер

### 6.9.2 Выброс загрязняющих веществ

Возможные выбросы загрязняющих веществ, поступающих вместе с отработанным сушильным агентом в вытяжную трубу.

Состав и количество выбросов:

- пыль смеси солей до 35 мг/м3;

* продукты сжигания природного газа в

топке газового калорифера: до 1,5 кг/час;

- оксид углерода до 25 мг/м3;

- оксид азота в пересчете на NO2 до 15 мг/м3.

## 6.10 Техника безопасности и охрана труда

Проектируемое производство по своей санитарно-гигиенической характеристике, согласно ГОСТ 12.1.005-88 и ГОСТ 12.1.007-76, относится:

- по тяжести работ – к категории 116 (физические работы средней тяжести, связанные с ходьбой и переноской тяжестей до 10 кг) и к категории III (тяжелые работы, связанные с переноской тяжестей до 50 кг);

- по классу опасности применяемых реагентов к 4 классу;

- по санитарной характеристике производственные процессы, согласно СНиП 2.09.04-87, относятся к группам 16 ( работа с веществами 4 класса опасности, связанная с загрязнением рук и спецодежды).

Свойства основных веществ, применяемых в данном производстве

Греющий пар имеет высокую температуру более 110 оС и давление

до 0,4 Мпа.

Исходный раствор:

Химический состав в % масс:

- (NH4)2SO4 7,79

- NH4NO3 1,28

- Ca(NO3)2.4 H2O 0,027

- MgSO4.7 H2O 0,019

- (NH4)6.Mo7O24.4 H2O

- MnSO4.7 H2O 0,021

- KNO3NiSO4.7 H2O

- CuSO4.5 H2O

- H2O 90,863.

Продукт гранулированный.

Состав в % масс:

- NH4NO3 (нитрат аммония) 14,0

- (NH4)2SO4 (сульфат аммония) 85,0

- влага 1,0

Данные по токсическому действию смеси солей, получаемой после сушки и грануляции отсутствуют. Поэтому можно предположить, что смесь обладает действием присущим каждой составляющей, а именно:

- оказывает раздражающее действие на кожу;

- жалобы рабочих характерны для действия NH3;

- раздражает верхние дыхательные пути;

- попадая на мелкие ранки и трещины, вызывает в них жгучую боль.

Перерабатываемый на установке раствор опасности для персонала не представляет.

Опасным моментом при обслуживании установки является аварийная разгерметизация паровых трубопроводов и оборудования, работающего под давлением. В результате можно получить ожоги паром или горячим конденсатом.

Учитывая свойства применяемых в производстве веществ, проектом предусматриваются следующие мероприятия по технике безопасности и охране труда.

Работающие обеспечиваются индивидуальными средствами защиты – респираторы, защитные очки, резиновые перчатки и спецодежда в соответствии с ГОСТ 12.4.103-83 и действующими отраслевыми нормами.

Технологическое оборудование, где в процессе происходит выделение пыли, оборудовано местной вытяжной вентиляцией с последующим улавливанием в системе газоочистки.

Оборудование, имеющее температуру наружной поверхности более 45 оС, теплоизолированно.

Фланцевые соединения трубопроводов с горячими средами закрыть защитными кожухами.

Проектом предусмотрены площадки с ограждениями для обслуживания, предусматривается использование грузоподъемных механизмов.

Движущие части оборудования имеют ограждения.

Предусмотрена приточно-вытяжная вентиляция, обеспечивающая кратность воздухообмена в соответствии с санитарными нормами.

Автоматический контроль процессов и операций, выбор оборудования и коммуникаций произведен с учетом свойств веществ и характеристик процессов. Устанавливается надежное в эксплуатации стальное нержавеющее оборудование.

## 6.11 Противопожарные мероприятия

Категорирование помещений по взрывоопасной и пожарной опасности выполнено в соответствии с «Нормами государственной противопожарной службы МВД России. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности НПБ 105-03», классификация по правилам устройства электроустановок (ПУЭ)».

Категория помещений: «Г» в осях «3 – 7»; «Б-Г» на отм. 0.000, в остальном помещении «Д», по ПУЭ – невзрывоопасная.

Газовый калорифер оснащен системой розжига, системой контроля пламени и локальной системой управления.

Система розжига предназначена для обеспечения надежного запального пламени перед подачей основного топлива в горелку.

Система контроля должна обеспечить постоянную информацию о наличии запального и основного пламени.

Локальная система управления предназначена для местного и дистанционного управления арматурой на линии подачи газа, обеспечения безопасности при погасании пламени и технологические защиты.

ция жидких отходов.

## 6.12 Расчет скруббера

Проводится расчет скруббера для улавливания оксидов азота, аэрозолей азотной и серной кислот.

Исходные данные для расчета:

* расход газов υо = 25,2 м3/мин;
* начальная и конечная температура газов Т1 = 95° С и Т2 = 50° С;
* начальное влагосодержание газа у1 = 50 г/м3.

Объемный расход сухих газов в скруббере:

(54)



Начальная и конечная энтальпии водяных паров:

(55)



Количество тепла, передаваемого воде газом в скруббере:

(56)



По таблице 2.1 [36, стр. 47] температура мокрого термометра Тм = 48,75° С. Начальная температура воды Тн = 20° С. Конечная температура воды на 5° С ниже температуры мокрого термометра и составляет Тк = 43,75° С.

Средняя разность температур между газом и водой:

(57)



По формуле 2.17 [36, стр. 47] выбираем коэффициент теплопередачи в скруббере Ко = 150 Вт/(м3 ×° С).

Рабочий объем скруббера:



(58)

Расход воды на орошение:



(59)

Влагосодержание газа на выходе из скруббера:



(60)

Скорость газа на выходе из скруббера ωскр = 1,5 м/с [36].

Объемный расход газа на выходе из скруббера:

(61)



Необходимый диаметр скруббера:

(62)



Необходимая активная высота скруббера:

(63)



Соотношение высоты и диаметра скруббера:



К установке принимается скруббер высотой 1,33 м и диаметром 0,7 м эффективность которого составляет 96–98 %.

Таким образом, в проекте учтены требования и нормы по БЖД: объемно-планировочные решения зданий и сооружений, определены допустимые параметры воздушной среды в зависимости от тяжести работы, выполнен расчет освещения в цехе, проведен анализ потенциально опасных и вредных производственных факторов, и разработаны технические меры защиты от них, разработаны меры пожарной безопасности, выполнен расчет виброизоляции оборудования. Также выполнен экологический анализ проекта: разработаны методы защиты окружающей среды, проведен расчет скруббера для улавливания токсичных газов.

# 7 Экономика производства

## 7.1 Определение капитальных затрат и стоимости основных фондов

При определении общей сметной стоимости проектируемого объекта общий объем капитальных вложений (К) складывается из затрат, определяемых по формуле (64):

К = Ко.ф. + Ко.с. + Кобсл. + Кпроч. , (64)

где Ко.ф. – прямые капитальные вложения на создание основных промышленных фондов;

Ко.с. – затраты на образование оборотных средств;

Кобсл. – дополнительные капитальные вложения в цеха, обслуживающие основное производство;

Кпроч. – прочие капитальные затраты.

Величина прямых капитальных вложений определяется по формуле (65):

Ко.ф. = Км.о. + Ктр.с. + Кп..х.и. + Кзд. + Кс. + Кп.у., (65)

где Км.о. – капитальные вложения в машины и оборудование;

Ктр.с. – капитальные вложения в транспортные средства;

Кп.х.и. – капитальные вложения в производственный (например, тросы, контейнеры и др.) хозяйственный (предметы конторского и хозяйственного обзаведения, предметы пожарного назначения) инвентарь;

Кзд. – капитальные вложения в здания (склады, служебные помещения, котельные);

Кс. – капитальные вложения в сооружения (например, бункера, эстакады, канатные, железные и шоссейные дороги, дамбы, мосты и др.);

Кп.у. – капитальные вложения в передаточные устройства (например, трубопроводы).

## 7.2 Расчет стоимости основного технологического оборудования

Для определения капитальных вложений в машины и оборудование необходимо провести расчет количества технологического оборудования.

Сметная стоимость основного производственного оборудования приведена в таблице 39.

Таблица 39 – Сметная стоимость рабочих машин и оборудования

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование оборудования и его  краткая характеристика | Количество | Стоимость оборудования  на 2006 год, тыс.руб. | |
| Единицы | Общая |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Чан для распульповки, объем 250 л | 1 | 4,24 | 4,24 |
| Реактор с мешалкой, объем 250 л | 1 | 11,20 | 11,20 |
| Реактор с мешалкой, объем 320 л | 1 | 14,34 | 14,34 |
| Пачук сорбции: объем 52 л | 8 | 5,20 | 41,60 |
| Реактор с мешалкой, объем 25 л | 1 | 1,12 | 1,12 |
| Реактор с мешалкой, объем 35 л | 1 | 1,57 | 1,57 |
| Реактор с мешалкой, объем 20 л | 1 | 0,90 | 0,90 |
| кристаллизатор 20 л | 1 | 1,10 | 1,10 |
| Сгуститель отстойник объем 380 л | 1 | 22,15 | 22,15 |
| Реактор с мешалкой, объем 300 л | 1 | 13,44 | 13,44 |
| Колонна ПИК | 1 | 15,50 | 15,50 |
| Колонна КНСПР | 1 | 15,50 | 15,50 |
| Барабанная печь 1, ×9 м | 3 | 1134,00 | 3402,00 |
| Транспортер, производительность 2,5 т/ч | 1 | 39,20 | 39,20 |
| Установка выпарная трехкорпусная | 1 | 2016,00 | 2016,00 |
| Насос диафрагменный, производительность 10 м3/ч | 14 | 122,14 | 1709,96 |
| Насос центробежный, производительность 5 м3/ч | 7 | 119,00 | 833,00 |
| Подогреватель | 3 | 282,00 | 846,000 |
| Продолжение таблицы 39 | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Бак с мешалкой, объемом 3 м3 | 1 | 57,00 | 57,00 |
| Доупариватель | 1 | 95,00 | 95,00 |
| Нутч – фильтр саморазгружающийся, объем 25 л | 1 | 1,12 | 1,12 |
| Нутч – фильтр саморазгружающийся, объем 35 л | 1 | 1,57 | 1,57 |
| Конденсатный бак, объемом 6 м3 | 1 | 92,50 | 92,50 |
| Газовый калорифер | 1 | 45,00 | 45,00 |
| Вибрационный охладитель | 2 | 640,00 | 1280,00 |
| Элеватор | 1 | 210,00 | 210,00 |
| Группа циклонов | 1 | 150,00 | 150,00 |
| Циклон промыватель | 1 | 95,00 | 95,00 |
| Агрегат фасовочный | 1 | 95,00 | 95,00 |
| Мешкозашивочная машина | 1 | 90,00 | 90,00 |
| Грохот | 1 | 405,00 | 405,00 |
| Дробилка | 1 | 1250,00 | 1250,00 |
| Питатель шлюзовой | 1 | 55,00 | 55,00 |
| Вентилятор | 1 | 70,00 | 70,00 |
| Всего |  |  | 12910,94 |
| Прочее оборудование |  |  | 2582,19 |
| Всего стоимость технологического оборудования |  |  | 15493,13 |
| Транспортные, заготовительно – складские расходы |  |  | 1239,45 |
| Всего |  |  | 16732,58 |
| Строительно – монтажные работы |  |  | 10039,55 |
| В том числе строительные работы |  |  | 8031,64 |
| монтажные работы |  |  | 2007,91 |
| Всего стоимость основного технологического оборудования (Км.о.) |  |  | 26772,13 |
| Примечания  - Стоимость прочего оборудования составляет 20 % от стоимости основного оборудования [33].  - Транспортные, заготовительно – складские расходы составляют 8 % от общей стоимости технологического оборудования [33.] |  |  |  |

При строительстве данного цеха используется площадка, здания и сооружения имеющиеся на заводе.

Расчет сметной стоимости основных производственных фондов проектируемого объекта приведен в таблице 40.

Таблица 40 – Сметная стоимость основных производственных фондов проектируемого объекта

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Группы основных фондов | Структура основных  фондов, % | Стоимость, руб. |
| Передаточные устройства (Кпу ) | 18,4 | 5911286,30 |
| Силовые машины и оборудование (Ксмо ) | 0,4 | 128506,22 |
| Рабочие машины и оборудование (Кт.мо ) | 80,6 | 25894004,00 |
| Транспортные средства (Ктр.с ) | 0,3 | 96379,67 |
| Приборы, контрольно – измерительные и лабораторное оборудование (Кп.мо ) | 0,2 | 64253,11 |
| Инструменты, хозяйственный инвентарь и т.д. (Кпхи ) | 0,1 | 32126,56 |
| Всего (Ко.ф. ) | 100,0 | 32126555,86 |

На основании данных из таблицы 40 определяем общий объем капиталовложений в проектируемый объект. Расчеты сведены в таблицу 41.

Таблица 41 – Общий объем капиталовложений

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Виды затрат | Объем капиталовложений | |
| руб. | % |
| Прямые затраты на создание основных промышленных фондов (Ко.ф. ) | 32126555,86 | 55,43 |
| Капитальные вложения в цеха, обслуживающие производство (Кобсл.) | 19275933,52 | 33,26 |
| Затраты на образование оборотных средств (Ко.с.) | 1425060,00 | 8,87 |
| Прочие капитальные затраты и работы (Кпроч.) | 1285062,23 | 2,44 |
| Общий объем капиталовложений (К) | 54112611,61 | 100,00 |
| Примечания  - Размер капитальных вложений в цеха, обслуживающие производство принимаем равным 60 % от затрат на создание основных промышленных фондов [33].  - Затраты на образование оборотных средств составляют 10 % от полной стоимости производимой в цехе продукции [33].  - Прочие капитальные затраты и работы принимаем равными 2,5 % от суммы Ко.ф.,  Кобсл., Ко.с., К сопр. [33]. | | |

## 7.3 Расчет себестоимости продукции

### 7.3.1 Определение затрат на сырье, материалы и энергию

Затраты на отдельные виды материальных ресурсов определяются путем умножения годовой потребности на планово – заготовительную цену.

Годовая потребность в сырье, материалах, топливе и энергии определяется путем умножения установленных технологическими расчетами прогрессивных норм расхода на единицу продукции на проектируемый годовой объем выпуска продукции.

Планово – заготовительные цены включают все расходы, связанные с покупкой и доставкой ресурсов до склада предприятия – потребителя. Она состоит из следующих элементов:

– оптовая цена;

– затраты на доставку по тарифам железнодорожного, автомобильного и других видов транспорта;

– затраты на тару;

– погрузочно – разгрузочные расходы.

Затраты на отдельные виды материальных ресурсов приведены в таблице 42.

Таблица 42 – Затраты на сырье, материалы, топливо и энергию

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование статей затрат | Цена за единицу, руб. | Затраты на годовой выпуск продукции | | Затраты на переработку одной тонны кека | |
| Количество,  т | Сумма, тыс. руб. | Количество, т | Сумма,  руб. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| *Сырье, основные материалы и полуфабрикаты* | | | | | |
| Раствор серной кислоты | 1355,0 | 13,539 | 18,345 | 0,029 | 39,30 |
| Раствор аммиака | 1500,0 | 32,967 | 49,450 | 0,071 | 106,50 |
| Раствор азотной кислоты | 1451,0 | 37,902 | 26,121 | 0,081 | 117,53 |
| Нитрат магния | 30000,0 | 0,600 | 18,000 | 0,001 | 30,00 |
| Продолжение таблицы 42 | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Известь (94 % СаО) | 1510,0 | 3,333 | 5,033 | 0,007 | 10,57 |
| Ионит ВП – 1п | 165000,0 | 0,133 | 21,895 | 0,001 | 141,26 |
| Всего сырья |  |  | 138,844 |  | 445,16 |
| *Энергия на технологические цели* | | | | | |
| Электрическая энергия постоянного тока, кВт·ч | 1,5 | 40516,67 | 60,775 | 87,131 | 130,70 |
| Вода, м3 | 6,0 | 136,38 | 0,818 | 0,293 | 1,76 |
| Пар, м3 | 1,0 | 12711,30 | 12,711 | 90,000 | 90,00 |
| Природный газ, м3 | 2,0 | 26437,50 | 53,298 | 0,187 | 116,80 |
| Всего энергия |  |  | 127,602 |  | 339,26 |
| Всего затраты: |  |  | 266,446 |  | 784,42 |

### 7.3.2 Расчет расходов на содержание и эксплуатацию оборудования

Амортизацию оборудования и транспортных средств принимаем равной 12 % от суммы статей «силовые машины и оборудование», «рабочие машины и оборудование», «транспортные средства», «приборы, контрольно – измерительные и лабораторное оборудование» [33] (см. таблицу 40).

Стоимость смазочных, обтирочных и прочих вспомогательных материалов принимаем 1 % от суммы статей «силовые машины и оборудование», «рабочие машины и оборудование», «транспортные средства», «приборы, контрольно – измерительные и лабораторное оборудование» (см. таблицу 40). Единый социальный налог составляет 26 % от фонда заработной платы.

Стоимость запчастей и других материалов на текущий ремонт производственного оборудования, транспортных средств и стоимость услуг ремонтных цехов и других производств по текущему ремонту принимаем равной 10 % от суммы статей «передаточные устройства», «силовые машины и оборудование», «рабочие машины и оборудование», «транспортные средства», «приборы, контрольно – измерительное оборудование», «инструменты, хозяйственный инвентарь» [33] (см. таблицу 40).

Внутризаводское перемещение грузов принимаем равным 30 % от суммы статей «заработная плата ремонтных рабочих», «единый социальный налог», «стоимость запчастей и других материалов на текущий ремонт производственного оборудования, транспортных средств и стоимость услуг ремонтных цехов и других производств по текущему ремонту» [33].

Расчет расходов на содержание и эксплуатацию оборудования приведен в таблице 43.

Таблица 43 – Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование статей расходов | Сумма расходов за год, тыс. руб. |
| Амортизация оборудования и транспортных средств | 3141,977 |
| Эксплуатация оборудования (кроме расходов на текущий ремонт) |  |
| - заработная плата рабочих по обслуживанию оборудования | 3298,320 |
| - единый социальный налог | 857,563 |
| - стоимость смазочных, обтирочных и прочих вспомогательных материалов | 261,831 |
| Текущий ремонт оборудования и транспортных средств |  |
| - заработная плата ремонтных рабочих | 421,200 |
| - единый социальный налог | 109,512 |
| - стоимость запчастей и других материалов на текущий ремонт производственного оборудования, транспортных средств и стоимость услуг ремонтных цехов и других производств по текущему ремонту | 3212,656 |
| Внутризаводское перемещение грузов | 1123,010 |
| Прочие расходы | 97,328 |
| *Всего расходы на содержание и эксплуатацию оборудования* | 4963,706 |
| Примечания  - Прочие расходы примем равными 2 % от суммы всех статей [33]. | |

### 7.3.3 Расчет цеховых расходов

Амортизацию зданий и сооружений, передаточных устройств и инвентаря примем равной 3 % от суммы статей «передаточные устройства», «инструменты, хозяйственный инвентарь» [33] (см. таблицу 40).

Содержание зданий, сооружений и инвентаря примем равным 5 %, а текущий ремонт зданий, сооружений и инвентаря примем равным 25 % от суммы статей «передаточные устройства», «инструменты, хозяйственный инвентарь» [33] (см. таблицу 40).

Расходы на охрану труда и технику безопасности – примем 25 % от зарплаты цехового персонала и производственных рабочих [33] (см. таблицу 43).

Расчет цеховых расходов сведен в таблицу 44.

Таблица 44 – Цеховые расходы

|  |  |
| --- | --- |
| Наименование статей расходов | Сумма расходов за год, тыс. руб. |
| Содержание аппарата управления цеха: |  |
| - основная и дополнительная заработная плата управленческого персонала цеха | 3298,320 |
| - единый социальный налог | 857,560 |
| Содержание прочего цехового персонала:  - заработная плата прочего персонала | 993,600 |
| - единый социальный налог | 258,340 |
| Амортизация зданий и сооружений, передаточных устройств и инвентаря | 178,302 |
| Содержание зданий, сооружений и инвентаря | 297,171 |
| Текущий ремонт зданий, сооружений и инвентаря | 1485,853 |
| Расходы на охрану труда и технику безопасности | 722,362 |
| Прочие расходы | 5511,061 |
| Всего цеховые расходы | 13602,569 |
| Примечания  - Прочие расходы примем равными 25 % от суммы всех статей [33]. |  |

### 7.3.4 Плановая калькуляция себестоимости товарной продукции

Калькуляция себестоимости продукции рассчитывается на основе проектируемого годового объема производства, прогрессивных норм расхода сырья, материалов, топлива и энергии, планово – заготовительных цен, расчетного фонда заработной платы работающих, сметы расходов на содержание и эксплуатацию оборудования, сметы цеховых расходов. Плановая калькуляция себестоимости товарной продукции представлена в таблице 45.

Таблица 45 – Плановая калькуляция себестоимости товарной продукции

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование статей затрат | Затраты на годовой выпуск продукции, тыс. руб. | Затраты на переработку одной тонны кека, тыс. руб. |
| Сырье, основные материалы и полуфабрикаты | 138,844 | 445,16 |
| Энергия на технологические цели | 127,602 | 339,26 |
| Расходы на подготовку и освоение производства | 14266,990 | 5,698 |
| Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования | 4963,706 | 34,577 |
| Цеховые расходы | 13602,569 | 11,004 |
| *Всего цеховая себестоимость* | 33099,711 | 219,401 |
| Общезаводские расходы | 13734,525 | 5,485 |
| Прочие производственные расходы | 2746,905 | 1,097 |
| *Всего производственная себестоимость* | 19581,141 | 225,983 |
| Внепроизводственные расходы | 293,717 | 3,389 |
| *Всего полная себестоимость товарной продукции* | 19874,858 | 229,372 |
| Примечания  - Общезаводские расходы принимаем 2,5 % от цеховой себестоимости [33].  - Прочие производственные расходы принимаем 20 % от общезаводских расходов [33].  - Внепроизводственные расходы принимаем 1,5 % от производственной себестоимости [33]. | | |

### 7.3.5 Основные технико – экономические показатели проекта

Среднегодовая выработка продукции на одного работающего определяется по формуле (61):

ВП

число работников

Nвыр1 = , (61)

где Nвыр1 − среднегодовая выработка продукции на одного работающего, руб./чел.;

ВП – годовой выпуск продукции, тыс. руб.

Среднегодовая выработка продукции на одного рабочего определяется по формуле (62):

ВП

число рабочих

Nвыр2 = , (62)

где Nвыр2  − среднегодовая выработка продукции на одного рабочего, руб./чел.

Общая (абсолютная) экономическая эффективность объекта вычисляется по формуле (63):

 , (63)

где ЕА – коэффициент общей эффективности, доли единицы;

П – годовая сумма прибыли, тыс. руб.;

К – капитальные вложения на строительство объекта, тыс. руб.

Срок окупаемости капитальных вложений на строительство объекта – величина, обратная общей (абсолютной) экономической эффективности объекта, и вычисляется по формуле (64):

Т =  , (64)

Рентабельность продукции вычисляется по формуле (65):

R = ×100 %, (65)

где R – рентабельность продукции, %;

С – полная себестоимость годового выпуска продукции, тыс. руб.

Рентабельность производства вычисляется по формуле (66):

П ×100 %

Коф + Кос

Ээф = , (66)

где Ээф – рентабельность производства, %;

Коф – прямые затраты на создание основных производственных фондов;

Кос – затраты на образование оборотных средств, тыс. руб.

Рентабельность продаж вычисляется по формуле (67):

R = Пед. / Цед. ×100 %, (67)

где Пед. – прибыль от единицы продукции, руб.;

Цед. – цена единицы продукции, руб.

Чистая прибыль вычисляется по формулам (68,69):

Пналогооблогаемая = Пот реализации – 0,02 × (Коф. + Кос.) , (68)

Пчистая = Пналогооблогаемая – 0,24 × Пналогооблогаемая (69)

Определение точки безубыточности

Предел безубыточности представляет собой количество продаж или производства продукции, при котором объем реализации (выручки) равен издержкам производства. В этом случае прибыль равна нулю (П = Ц – С = 0).

Точка безубыточности определяется по формуле (70):

Рб = Зпост / (Ц – Зпер), (70)

где Рб – точка безубыточности, т./год;

Зпост – общие условно – постоянные затраты, руб.;

Зпер – удельные переменные затраты, руб./т;

Ц – продажная цена единицы продукции, руб./т.

Общие условно – постоянные затраты определяются по формуле (71):

Зпост = (0,47 × СРПП + СОЗР + СВНР), (71)

где 0,47 – доля условно – постоянных затрат в расходах по переделу;

СРПП  – статья «Расходы по переделу»;

СОЗР – статья «Общезаводские расходы»;

СВНР – статья «Внепроизводственные расходы».

Определим точку безубыточности в проектном варианте:

Зпост = (0,47 × 266,446+ 13734,525+ 293,717) = 14153,471 тыс.руб.

Рб = 16,354 т./год.

Выручка от реализации рассчитывается по формуле (72):

УВ = Х × Ц , (72)

где УВ – выручка от реализации, тыс.руб.;

Х – объём реализации продукции, т.;

Ц – средняя оптовая цена продаваемой продукции, тыс.руб./т.

Затраты при получении продукции рассчитывается по формуле (73):

УЗ = ФЗ + ПЗ , (73)

где ФЗ – постоянные затраты, тыс.руб.;

ПЗ – переменные затраты, тыс.руб.

Переменные затраты рассчитывается по формуле (74):

ПЗ = С × Х , (74)

где С – затраты на единицу продукции, тыс.руб./т.

Пересечение линии затрат и линии выручки даёт точку, которая называется точкой безубыточности.



###### Рисунок 6 – Точка безубыточности

Выполненные в работе расчеты сведены в таблицу 45 основных технико – экономических показателей проекта.

Таблица 45 – Основные технико – экономические показатели проекта

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование показателей | Показатели проекта | |
| Годовой выпуск продукции |  | |
| *в натуральном исчислении, т* | Проектируемый | Базовый |
| - ПМА (81 % МO3) | 2457,550 | 2444,500 |
| - удобрения | 22771,410 | – |
| - смесь для производства стройматериалов | 314,211 | – |
| - перренат аммония | 1,010 | 1,010 |
| - основной карбонат меди | 191460,000 | 191460,000 |
| *в стоимостном исчислении, тыс. руб.* | 668066,37 | 645340,000 |
| - ПМА (81 % МO3) | 572450,600 | 558200,000 |
| - удобрения | 1938,096 | \_ |
| - стройматериалы | 42367,680 | – |
| - перренат аммония | 42410,000 | 42410,000 |
| - основной карбонат меди | 160,000 | 160,000 |
| Численность работающих, чел.: | 336,000 | 204,000 |
| - рабочих  - ИТР, служащих и МОП | 323,000  13,000 | 197,000  7,000 |
| Среднегодовая выработка продукции, руб./чел:  - на одного работающего  - на одного рабочего | 6780,932  4852,610 | 4312,08  2703,019 |
| Капитальные вложения на создание объекта, тыс. руб. | 541126,116 | – |
| Удельные капитальные вложения, руб./т. | 110749,844 | – |
| Полная себестоимость годового выпуска продукции, тыс. руб. | 19874,858 | 220280,000 |
| Годовая сумма прибыли от реализации, тыс. руб. | 40044,289 | 183550,000 |
| Чистая прибыль, тыс. руб. | 34838,531 | 31048,834 |
| Срок окупаемости, год | 2,76 | 2,000 |
| Рентабельность продукции, % | 14,223 | 6,846 |
| Рентабельность производства, % | 28,483 | 20,500 |
| Рентабельность продаж, % | 19,836 | 8,438 |
| Уровень затрат на 1 руб. товарной продукции, руб./руб. | 0,491 | 0,654 |
| Точка безубыточности, т./год. | 16,354 | 290,431 |

# 

# Заключение

В данном дипломном проекте предложены варианты утилизации жидких и твердых отходов (сбросных растворов и кеков выщелачивания) гидрометаллургической схемы переработки низкосортных молибденитовых концентратов. Предлагаемая реконструкция цеха производства ПМА и ПРА направлен на решение не только экологических проблем, но и на решение задачи комплексного использования сырья.

В разработанной схеме переработки отходов позволит дополнительно извлекать из кеков выщелачивания до 90 % молибдена в ПМА, утилизировать сбросные растворы сульфата и нитрата аммония с получением минерального удобрения (извлечение солей в продукт 99 %), которое широко применяется в сельском хозяйстве, получать промпродукт направляемый на производство стройматериалов.

# Список использованных источников

1. Лаптева А.П. // Национальная металлургия.–2003.–№4.–С. 39-44.
2. Зеликман А.Н. Молибден. – М.: Металлургия, 1970.
3. Зеликман А.Н. Металлургия тугоплавких редких металлов. – М.: Металлургия, 1986.
4. Зеликман А.Н., Меерсон Г.А. Металлургия редких металлов. – М.: Металлургия, 1955.
5. Зеликман А.Н., Коршунов Б.Г. Металлургия редких металлов. – М.: Металлургия, 1991.
6. Зеликман А.Н., Беляевская Л.В., Крейн О.Е. и др. // Цветные металлы.–1956.–№ 8.–С.39-45.
7. Melting salt oxidation technology of molybdenite concentrate / Sun P., Liu M., Shen H., Li Y. // Central South Univ., Chanysha 410083, КНР.–2001.
8. Юхтанов Д.М., Леонтьева К.Д. // Цветные металлы.–1953.–№ 3.–С.43.
9. Шапиро К.Я., Кулакова В.В. Гипохлоритная переработка бедных молибденовых промпродуктов // Цветные металлы.–1963.–№ 9.
10. Хрящев С.В., Козловская Э.М. // Цветные металлы.–1967.–№ 2.–С. 13.
11. Клячко Л.И., Левтонов И.П., Уманский А.М. Новое в технологии вольфрама и молибдена. – М.: Металлургия, 1979.
12. Хрящев С.В., Кочеткова Э.А. Изучение процесса хлорно-содового выщелачивания молибденсодержащих продуктов  // Изв. вузов. Цветная металлургия.–1968.–№ 1.
13. Зеликман А.Н., Беляевская Л.В., Просенкова Т.Е. // Изв. вузов. Цветная металлургия.–1969.–№ 6.–С. 43-48.
14. Соболь С.И., Спиридонова В.И. Окислительное автоклавное выщелачивание сульфидного молибденового сырья // Сб. тр. ГИНЦветмета. – 1961.– № 18.
15. Dresher W.H., Wadworth M.S.,cFessel W.M. // J. Metals.–1956.–V.8.–№ 6.–P. 794-800.
16. Жуков С.Т. Химия. Экспериментальный учебник для 10-11 классов. – М.: МГУ, 2002.
17. Проектирование цехов редкометальной промышленности с использова-нием системы автоматизированного выполнения курсовых и дипломных проектов / В.К. Кулифеев, В.В. Миклушевский и др. – М.: МИСиС, 2004.
18. Болотников Л.Е. Технологическое проектирование производства редких металлов. – М.: Металлургия, 1973.
19. Медведев А.С., Стрижко В.С., Коршунов Б.Г. Теория и аппаратура гидрометаллургических процессов. Учебное пособие. – М.: МИСиС, 1995.
20. Надольский А.П. Расчеты процессов и аппаратов производства тугоплавких металлов. – М.: Металлургия, 1980.
21. Чекмарев А.А., Осипов В.К. Справочник по машиностроительному черчению. – М.: Высш. шк., 2000.
22. Теплотехника и теплоэнергетика металлургического производства / Под ред. И.А. Прибыткова. – М.: Металлургия, 1993.
23. Набойченко С.С., Юнь А.А. Расчеты гидрометаллургических процессов. Учебное пособие для вузов. – М.: МИСиС, 1995.
24. Стрижко Л.С., Потоцкий Е.П., Бабайцев и др. Безопасность жизнедеятельности в металлургии. – М.: Металлургия, 1996.
25. СаНПиН 2.21/2.1.1-1031-01. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. – М.: Стандарты, 2001.
26. СНиП 2.09.04-87. Административные и бытовые здания / Госстрой СССР.–М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989.
27. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.–М.: Изд-во стандартов, 1989.
28. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. – М.: Стандарты, 1995.
29. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие / Под ред. Б.С. Мастрюкова. – М.: МИСиС, 2003.
30. Охрана труда и окружающей среды. Учебное пособие для практ. занятий / Под ред. В.Н. Бринзы. – М.: МИСиС, 1985.
31. ГОСТ 12.0.003-74. система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.– Переизд. Сент. 1978 с изм. 1.– М.: Изд-во стандартов, 1975.
32. Потоцкий Е.П., Гриценко Н.В., Мануев Н.В. Безопасность жизнедеятельности. Учебное пособие. – М.: МИСиС, 1993.
33. НПБ 105-03. Нормы пожарной безопасности. – М.: Изд-во ВНИИПО МВД РФ, 2003.
34. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы / Госстрой СССР.–М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.
35. СНиП 2.01.28-85. Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов. Основные положения по проектированию / Госстрой СССР.–М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985.
36. Курылев В.В. Учебное пособие по охране труда и экологии. – М.: МИСиС, 1989.
37. Рожков И.М., Ларионова И.А., Пятецкая А.В. Экономика предприятия с расширенным использованием финансовых моделей. – М.: МИСиС, 2003.
38. Разработка экономических и организационных вопросов при курсовом и дипломном проектировании: Учеб.-метод. пособие / О.В. Юзов, А.М. Седых, Ф.И. Шепилов, Т.М. Петраков. – М.: МИСиС, 2001.
39. Теплотехника: расчет и конструирование элемментов промышленных печей. Учебно-методическое пособие/ Г.С. Сборщиков, С.А. Крупейщиков – М: Учеба, 2004.
40. А.К. Чернышов, К.Л. Поплавский, Н.Д. Заичко. Сборник номограмм для химико–технологических расчетов. – Л.: Химия, 1969.
41. Касаткин А. Г., Основные процессы и аппараты химической технологии, 7 изд., М., 1961.
42. Гельперин Н. И., Выпарные аппараты, М. — Л., 1947.
43. Кичигин М. А., Костенко Г. Н., Теплообменные аппараты и выпарные установки, М. — Л., 1955.

1. Здесь и далее – массовые проценты [↑](#footnote-ref-1)