
**Саморегулируемая организация
Ассоциация
«Объединение организаций, выполняющих архитектурно-строительное
проектирование объектов атомной отрасли «СОЮЗАТОМПРОЕКТ»
(СРО «СОЮЗАТОМПРОЕКТ»)**

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

Утвержден
решением Совета
СРО «СОЮЗАТОМПРОЕКТ»
Протокол № 11/10-2023 от 27 октября 2023 г.

**ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ПРОИЗВОДСТВА
УРАНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ
Нормы технологического проектирования
Техническое пособие**

СТО СРО-П 60542948 00058–2023

Издание официальное

**Москва
2023**

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН ООО «Центр технических компетенций атомной отрасли»
(ООО «ЦТКАО»)

2 ВНЕСЕН Исполнительной дирекцией СРО «СОЮЗАТОМПРОЕКТ»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ решением Совета
СРО «СОЮЗАТОМПРОЕКТ», протокол № 11/10-2023 от 27 октября 2023 г.

4 ВЗАМЕН СТО СРО-П 60542948 00058–2020 Гидрометаллургические производства
уранодобывающих предприятий. Нормы технологического проектирования

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и
распространен в качестве официального издания без разрешения СРО «СОЮЗАТОМПРОЕКТ».

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	2
3 Термины и определения	4
4 Сокращения.....	10
5 Содержание и объем технологической части проектной документации	10
6 Исходные данные для проектирования.....	11
7 Основные технологические показатели.....	13
8 Технологические решения основных производственных процессов.....	14
9 Рудоподготовительные процессы.....	16
10 Гидрометаллургические процессы	53
11 Получение готовой продукции	84
12 Конвейерный транспорт	99
13 Гидравлический транспорт	113
14 Производственные объекты вспомогательного назначения.....	118
15 Проектные решения, направленные на соблюдение требований технологического регламента	122
16 Автоматизация технологических процессов	126
17 Численность и характеристика персонала.....	138
18 Требования к техническим решениям других разделов проекта гидрометаллургических заводов	139
19 Охрана труда.....	156
20 Охрана окружающей среды.....	159
21 Химическая безопасность	160
22 Радиационная безопасность	163
23 Основные направления повышения технического уровня проектных решений	167
Библиография	172

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

Гидрометаллургические производства уранодобывающих предприятий. Нормы технологического проектирования. Техническое пособие

Дата введения – 2024 – 01 – 01

1 Область применения

1.1 Настоящее пособие распространяется на проектирование гидрометаллургических заводов предприятий по добыче и переработке урановых руд (далее предприятий).

1.2 Пособие предназначено для применения при проектировании вновь сооружаемых, реконструируемых, расширяемых и технически перевооружаемых гидрометаллургических заводов.

1.3 В пособии учтен опыт эксплуатации гидрометаллургических заводов по переработке урановых руд, построенных по проектам АО «ВНИПИпромтехнологии».

1.4 Рекомендации пособия также можно учитывать при разработке проектов рудоперерабатывающих предприятий, имеющих в своем составе аналогичные переделы и применяющих аналогичные технологические процессы переработки рудного сырья, включая комплексные урановые руды с сопутствующими драгоценными и редкоземельными металлами, кроме урано-фосфорных руд.

1.5 Пособие не содержит рекомендации для проектирования ремонтных пунктов, ремонтно-механических мастерских и установок специального оборудования, предназначенного для выполнения ремонтных работ, пунктов по очистке и дезактивации подлежащего ремонту оборудования (а также транспортных средств, инструмента и металлолома), установок для сжигания горючих отходов производства, средств механизации, а также при разработке организации ремонтной службы проектируемого предприятия, средств и способов ремонта и специальных мероприятий, разрабатываемых в рамках технических решений ремонтного хозяйства.

1.6 Область применения настоящего пособия не распространяется на проектирование технологических комплексов предварительного обогащения (радиометрическими методами, флотацией, гравитационными методами, магнитными и др. методами), подземного и кучного выщелачивания руд, установок очистки шахтных вод и закладочных комплексов, для которых имеются соответствующие нормы и правила проектирования.

1.7 Пособие не содержит рекомендации по разработке технических решений по утилизации отходов гидрометаллургических заводов и разработке специальных разделов (требований к анализу уязвимости ядерного объекта, категорированию предметов физической защиты, категорированию ядерного объекта, выделению охраняемых зон и зон ограниченного доступа, оценке эффективности системы физической защиты, мероприятий по гражданской обороне, мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, мероприятий по противодействию терроризму).

1.8 Настоящий стандарт предназначен для применения организациями – членами саморегулируемой организации Ассоциации «Объединение организаций, выполняющих архитектурно-строительное проектирование объектов атомной отрасли «СОЮЗАТОМПРОЕКТ» (СРО «СОЮЗАТОМПРОЕКТ»).

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 9.602 Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии

ГОСТ 12.1.003 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности

ГОСТ 12.1.012 Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.016-81 Система стандартов безопасности труда. Оборудование компрессорное. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.022-80 Система стандартов безопасности труда. Конвейеры. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования

ГОСТ 20-2018 Ленты конвейерные резиноканевые. Технические условия

ГОСТ 534-78 Краны мостовые опорные. Пролеты

ГОСТ 1575-87 Краны грузоподъемные. Ряды основных параметров

ГОСТ 2103-89 Конвейеры ленточные передвижные общего назначения. Технические условия

ГОСТ 6937-91 Дробилки конусные. Общие технические требования

ГОСТ 8732-78 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент

ГОСТ 8734-75 Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные. Сортамент

ГОСТ 9617-76 Сосуды и аппараты. Ряды диаметров

ГОСТ 9812-74 Битумы нефтяные изоляционные. Технические условия

ГОСТ 9931-85 Корпуса цилиндрические стальных сварных сосудов и аппаратов. Типы, основные параметры и размеры.

ГОСТ 10141-91 Мельницы стержневые и шаровые. Общие технические требования

ГОСТ 10704-91 Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент

ГОСТ 10718-81 Гидроциклоны. Технические условия

ГОСТ 14180-80 Руды и концентраты цветных металлов. Методы отбора и подготовки проб для химического анализа и определения влаги

ГОСТ 14202-69 Трубопроводы промышленных предприятий. Опознавательная окраска, предупреждающие знаки и маркировочные щитки

ГОСТ 19281 Прокат повышенной прочности. Общие технические условия

ГОСТ 19282-73 Сталь низколегированная толстолистовая и широкополосная универсальная. Технические условия

ГОСТ 22644-77 (СТ СЭВ 1333-78). Конвейеры-ленточные. Основные параметры и размеры

ГОСТ 22645-77 Конвейеры ленточные. Роликоопоры. Типы и основные размеры

ГОСТ 22646-77 Конвейеры ленточные. Ролики. Типы и основные размеры

ГОСТ 25722-83 (СТ СЭВ 1331-76) Конвейеры ленточные. Наименование частей

ГОСТ 28121-89 (СТ СЭВ 6199-88) Классификаторы спиральные. Типы, основные параметры, размеры и технические требования

ГОСТ 30137-95 Конвейеры вибрационные горизонтальные. Общие технические условия.

ГОСТ 32388 Трубопроводы технологические. Нормы и методы расчета на прочность, вибрацию и сейсмические воздействия.

ГОСТ 33259-2015 Фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов на номинальное давление до PN 250. Конструкция, размеры и общие технические требования

ГОСТ Р 12.0.010 Система стандартов безопасности труда. Системы управления охраной труда. Определение опасностей и оценка рисков

ГОСТ Р 70517-2022 Заводы гидрометаллургические уранодобывающих предприятий.
Нормы технологического проектирования

СП 12.13130 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности

СП 30.13330.2020 Внутренний водопровод и канализация зданий.

СП 33.13330.2012 Расчет на прочность стальных трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 2.04.12-86

СП 37.13330.2012 Промышленный транспорт, Актуализированная редакция СНиП 2.05.07-91

СП 43.13330.2012 Сооружения промышленных предприятий. Актуализированная редакция СНиП 2.09.03-85

СП 44.13330.2011 Административные и бытовые здания. Актуализированная редакция СНиП 2.09.04-87

СП 56.13330.2021 Производственные здания. Актуализированная редакция СНиП 31-03-2001

СП 60.13330.2020 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003

СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003

Примечание – При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил и/или классификаторов) в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячно издаваемого информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт (документ), на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта (документа) с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт (документ), на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта (документа) с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт (документ), на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт (документ) отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **авария запроектная:** авария, вызванная не учитываемыми для проектных аварий исходными событиями или сопровождающаяся дополнительными по сравнению с

проектными авариями отказами систем безопасности сверх единичного отказа, реализацией ошибочных решений работников (персонала).

3.2 авария проектная: авария, для которой проектом определены исходные события и конечные состояния и предусмотрены системы безопасности и (или) иные технические средства и организационные мероприятия, обеспечивающие ограничение ее последствий установленными для таких аварий пределами.

3.3 авария радиационная: потеря управления источником ионизирующего излучения, вызванная неисправностью оборудования, неправильными действиями работников (персонала), стихийными бедствиями или иными причинами, которая могла привести или привела к облучению людей выше установленных норм или радиоактивному загрязнению окружающей среды.

3.4 активность минимально значимая: активность открытого источника ионизирующего излучения в помещении или на рабочем месте, при превышении которой требуется разрешение органов исполнительной власти, уполномоченных осуществлять государственный санитарно-эпидемиологический надзор, на использование этого источника, если при этом также превышено значение минимально значимой удельной активности радионуклидов.

3.5 активность минимально значимая удельная: удельная активность открытого источника ионизирующего излучения в помещении или на рабочем месте, при превышении которой требуется разрешение органов исполнительной власти, уполномоченных осуществлять государственный санитарно-эпидемиологический надзор, на использование этого источника, если при этом также превышено значение минимально значимой активности.

3.6 активность удельная (объемная): отношение активности радионуклида в веществе к массе (объему) вещества.

3.7 безопасность объекта (ядерного топливного цикла): свойство объекта ядерного топливного цикла при нормальной эксплуатации и нарушениях нормальной эксплуатации, включая аварии, ограничивать радиационное и другие возможные воздействия на работников (персонал), население и окружающую среду установленными пределами, а также предотвращать возникновение самоподдерживающейся цепной ядерной реакции деления при обращении с ядерными материалами.

3.8 вещество радиоактивное: вещество в любом агрегатном состоянии, содержащее радионуклиды с активностью, на которые распространяются требования СанПиН 2.6.1.2523-09

3.9 **внешнее событие природного или техногенного происхождения:** природное явление (ураган, наводнение, землетрясение и т.п.) либо событие, связанное с деятельностью человека (пожар, взрыв, падение самолета и т.п.).

3.10 **вредный производственный фактор:** производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию.

3.11 **герметичное помещение:** пространство вокруг систем (элементов), оборудования объекта ядерного топливного цикла, закрытое совокупностью элементов конструкций, образующих предусмотренную проектом границу, препятствующую распространению ядерных материалов и (или) радиоактивных веществ за пределы границ в количестве, превышающем пределы, установленные в проекте для нормальной эксплуатации и проектных аварий.

3.12 **готовая продукция:** изделия, материалы и продукция, прошедшие все стадии технологического процесса, соответствующие действующим стандартам, техническим условиям или требованиям заказчика и готовые к реализации.

3.13 **дезактивация:** удаление радиоактивного загрязнения с какой-либо поверхности или из какой-либо среды, или его снижение.

3.14 **завод:** комплекс производственных, вспомогательных, складских и транспортных зданий и сооружений, объединенных единой технологией в промышленное предприятие.

3.15 **зона наблюдения:** территория за пределами санитарно-защитной зоны, на которой проводится радиационный контроль.

3.16 **зона санитарно-защитная:** территория вокруг объекта ядерного топливного цикла, на которой уровень облучения людей в условиях его нормальной эксплуатации может превысить предел дозы облучения населения, установленный нормами радиационной безопасности.

3.17 **материальный баланс:** расчет количества загружаемых и получаемых продуктов на каждой операции (стадии) технологического процесса с учетом расходных норм по сырью и определением составов и количеств потерь и отходов, сточных вод, выбросов в атмосферу.

3.18 **нарушение нормальной эксплуатации:** нарушение в работе объекта ядерного топливного цикла, при котором произошло отклонение от установленных эксплуатационных пределов и условий.

3.19 **норма загрузки (комплектации):** масса материала которую разрешается загружать в оборудование, отдельную емкость, упаковочный комплект и т.п.

3.20 **норма закладки:** масса материала, которую разрешается накапливать в технологическом оборудовании сверх установленных ограничений нормы загрузки, нормы концентрации, за счет не выдаваемых объемов, образования осадков, отложений на поверхности оборудования.

3.21 **оборудование безопасное (оборудование типа Б):** оборудование, конструкция, геометрические особенности и конструкционные материалы которого исключают возможность возникновения самоподдерживающейся цепной ядерной реакции деления в условиях нормальной эксплуатации и при любых учитываемых в проекте объекта ядерного топливного цикла исходных событиях.

3.22 **оборудование опасное (оборудование типа О):** оборудование, которое не удовлетворяет требованиям определения «Оборудование безопасное (оборудование типа Б)».

3.23 **опасный производственный фактор:** производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его травме.

3.24 **охрана труда:** система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.

3.25 **оценка риска:** количественное или качественное определение значения показателя риска.

3.26 **отвал:** масса пород, извлеченных при проведении горных работ на поверхность и находящихся на ней.

3.27 **пачук:** аппарат, в котором обработка содержимого осуществляется за счет энергии сжатого воздуха. Может использоваться как емкость и для проведения процессов выщелачивания и сорбционного извлечения полезных компонентов

3.28 **площадка промышленная (промплощадка):** огражденная территория размещения основных, производственных, административно-бытовых, санитарно-бытовых и вспомогательных зданий и сооружений.

3.29 **постоянное рабочее место:** место, на котором работающий находится большую часть (более 50 % или более 2 часов непрерывно) своего рабочего времени. Если при этом работа осуществляется в различных пунктах рабочей зоны, постоянным рабочим местом считается вся рабочая зона.

3.30 **предприятие по добыче и переработке урановых руд:** совокупность основных промышленных производств и вспомогательных объектов, обеспечивающих законченный технологический цикл добычи и переработки урановых и ториевых руд (шахты, рудники,

карьеры, геологоразведочные подземные выработки, комплексы подземного выщелачивания, гидрометаллургические заводы, обогатительные фабрики, рудо-обогатительные фабрики)

3.31 **принцип резервирования:** принцип повышения надежности систем путем применения структурной, функциональной, информационной и временной избыточности по отношению к минимально необходимому и достаточному для выполнения системой заданных функций объему.

3.32 **продукция:** частично обработанное исходное сырье, которое должно пройти последующие стадии производства прежде, чем оно станет готовой продукцией.

3.33 **проектное решение:** промежуточное или конечное описание объекта проектирования, необходимое и достаточное для рассмотрения и определения дальнейшего направления или окончания проектирования

3.34 **проект объекта** (ядерного топливного цикла): совокупность проектной документации, конструкторской документации, рабочей документации на сооружение объекта.

3.35 **пункт управления местный:** часть системы управления объектом ядерного топливного цикла, размещаемая по месту расположения управляемого оборудования и предназначенная для эпизодического управления этим оборудованием работниками (персоналом). На местном пункте управления размещается местный щит управления - панель со средствами автоматизации.

3.36 **пункт (щит) управления:** часть объекта ядерного топливного цикла, размещаемая в специально предусмотренных в проекте помещениях и предназначенная для централизованного автоматизированного управления технологическими процессами, реализуемого оперативным персоналом управления и средствами автоматизации.

3.37 **рабочая зона:** пространство высотой до 2,2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или временного пребывания работающих (рабочие места).

3.38 **рабочее место:** место постоянного или временного пребывания работающих в процессе трудовой деятельности.

3.39 **радиационно-опасный фактор:** компонент радиационного воздействия на человека, обуславливающий его внешнее и (или) внутреннее облучение свыше допустимых уровней

Примечание – Радиационно-опасный фактор характеризуется эквивалентной дозой или ее мощностью, плотностью потока частиц, поступлением в организм или содержанием в нем радионуклида, объемной или удельной активностью радионуклида в объектах внешней среды

3.40 **рекультивация (реабилитация) загрязненной территории:** проведение комплекса инженерных, санитарно-гигиенических и иных технических и организационных

мероприятий, осуществляемых в рамках эксплуатации и (или) вывода из эксплуатации предприятий по добыче и переработке урановых и ториевых руд и направленных на исключение радиационного воздействия, обусловленного радиоактивным загрязнением территории, на работников (персонал), население и окружающую среду и вовлечение данной территории в хозяйственный оборот

3.41 **технологическое оборудование:** средства технологического оснащения, в которых для выполнения определенной части технологического процесса размещаются материалы или заготовки, средства воздействия на них, а также технологическая оснастка

3.42 **технологическая операция:** законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте

3.43 **технологический процесс:** совокупность операций (стадий) по производству, упаковке и контролю продукции

3.44 **технологический регламент:** нормативно-технический документ, разрабатываемый предприятием для обеспечения качества и безопасности технологических процессов производства товаров, сохранности устройств и технологического оборудования, применяемых в производственных процессах, а также создания благоприятных условий для работы персонала и охраны окружающей среды.

3.45 **технологические сдвиги:** удаляемые из технологического оборудования паргазовые смеси, вещества в газообразном и (или) аэрозольном виде.

3.46 **физическая защита объекта (ядерного топливного цикла):** технические средства и организационные мероприятия по обеспечению сохранности содержащихся на объекте ядерного топливного цикла ядерных материалов, радиоактивных веществ и радиоактивных отходов, предотвращению несанкционированного проникновения на территорию объекта ядерного топливного цикла, предотвращению несанкционированного доступа к ядерным материалам и радиоактивным веществам, своевременному обнаружению и пресечению диверсионных и террористических актов, угрожающих безопасности объекта ядерного топливного цикла.

3.47 **условия безопасной эксплуатации:** установленные в проекте условия по количеству, характеристикам, состоянию работоспособности и условиям технического обслуживания систем (элементов), важных для безопасности, при которых обеспечивается соблюдение пределов безопасной эксплуатации и (или) критериев безопасности.

3.48 **условия труда:** совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника.

3.49 **ущерб:** нанесение физического повреждения или вреда здоровью людей, или вреда имуществу или окружающей среде.

3.50 **эманирование:** выделение радона в поровое пространство из твердой фазы материала, содержащего изотопы радия.

4 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

АБК – административно-бытовой комбинат;

ГМЗ – гидрометаллургический завод;

ДПР – дочерние продукты распада;

ДРН – долгоживущие радионуклиды;

КДС – колонна движущегося слоя;

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматика;

ПТС – поточно-транспортная система;

РАО – радиоактивные отходы;

СДЯВ – сильнодействующие ядовитые вещества;

СЗЗ – санитарно-защитная зона;

СИЗ – средства индивидуальной защиты;

СКУТ и ООС – служба контроля условий труда и охраны окружающей природной среды;

ЭРОА – эквивалентная равновесная объемная активность.

5 Содержание и объем технологической части проектной документации

5.1 К проектированию ГМЗ предъявляются следующие основные требования:

- рациональное и комплексное использование минеральных ресурсов;
- обеспечение высокой производительности труда, достигаемой интенсификацией технологических процессов, применением высокопроизводительного оборудования, комплексной механизацией производственных процессов, автоматизацией контроля и управления производством;
- использование типового оборудования и строительных конструкций, типовых объемно-планировочных решений отдельных технологических переделов;
- оптимизацию строительных объемов и площадей производственных помещений и объектов вспомогательного назначения;

- изыскание наиболее экономического решения генерального плана проектируемого ГМЗ за счет компактного размещения его производственных цехов и вспомогательных объектов на промышленной площадке при максимальной блокировке зданий;

- обеспечение нормальных условий труда при соблюдении запроектированных мероприятий по противопожарной безопасности;

- использование возможностей кооперации проектируемого ГМЗ с другими предприятиями района при решении вопросов снабжения электроэнергией и водой, транспортными услугами, обеспечении жильем, ремонтного обслуживания и др.

- безопасность объекта ядерного топливного цикла, которая должна обеспечиваться за счет последовательной реализации концепции глубокоэшелонированной защиты, основанной на применении системы физических барьеров на пути распространения в окружающую среду ионизирующего излучения, ядерных материалов, радиоактивных веществ, системы технических и организационных мер по защите физических барьеров и сохранению их эффективности, а также по защите работников (персонала), населения и окружающей среды.

5.2 ГМЗ является промежуточным звеном между рудником и потребителем его продукции. Поэтому проект ГМЗ должен быть тесно увязан с проектом рудника и предприятиями, на которые направляется продукция ГМЗ, по производительности, поступающему на переработку сырья и продукции ГМЗ, синхронизации поставки, транспорту и др.

5.3 Подготовку обоснований инвестиций для объектов использования атомной энергии выполняют в соответствии с ЕОМУ [1]

5.4 При подготовке проектной документации на ГМЗ как объект капитального строительства, или в отношении отдельных этапов строительства, реконструкции и капитального ремонта ГМЗ следует руководствоваться положением 87 [2] и требованиями приказа 218 [3].

5.5 Подготовку разделов проектной документации на техническое перевооружение объектов капитального строительства выполнять в соответствии с ЕОМУ [4].

6 Исходные данные для проектирования

6.1 Для проектирования технологического раздела требуются сведения о сырьевой базе и утвержденные заказчиком технологические регламенты и задания на проектирование.

6.2 Требования к исходным данным для проектирования ГМЗ приведены в ГОСТ Р 70517-2022 (подраздел 5.2).

6.3 Для разработки Технологического регламента производства продукции на ГМЗ следует использовать:

- Положение о технологических регламентах производства продукции на предприятиях химического комплекса [5]

- ФНП 500 [6].

- Положение о составе, порядке разработки и утверждения технологических регламентов для проектирования предприятий цветной металлургии. [7]

- Положение об исходных данных для проектирования [8]

6.4 Требования к технологическому регламенту для проектирования (предпроектной разработки) определенного ГМЗ могут корректироваться в зависимости от конкретных условий.

6.5 Рекомендуемый перечень основных требований к содержанию задания на проектирование:

- наименование и местоположения объекта капитального строительства;
- предприятие / технический заказчик;
- подрядчик;
- идентификационные сведения объекта капитального строительства;
- вид строительства;
- основание для подготовки документации;
- исходные данные и условия для подготовки документации;
- вид документации;
- основные технико-экономические показатели и параметры проектируемого объекта;
- особые условия строительства;
- планируемые сроки строительства и ввода объекта в эксплуатацию;
- источники финансирования;
- назначение объекта капитального строительства;
- требования по вариантной и конкурсной разработке;
- требования к режиму работы;
- требования к выделению этапов строительства;
- требования к качеству конечной продукции;
- требования по применению эффективной проектной документации повторного использования;
- требования к составу и содержанию документации;
- требования к основным принципиальным решениям и оборудованию;
- требования к безопасности;

- требования к оценке экономической эффективности;
- требования к специальным разделам документации;
- требования к формату электронных документов;
- количество экземпляров выдаваемой документации и вид информационного носителя;
- требования к составлению сметной документации;
- требования, учитывающие особые условия строительства объекта;
- необходимость осуществления авторского надзора за строительством объекта.

Содержание требований зависит от вида строительства (нового строительства, реконструкции, технического перевооружения, ликвидации, вывода из эксплуатации, консервации и рекультивации) и вида документации (предпроектной или различной стадии проектирования)

7 Основные технологические показатели

7.1 В качестве основных технико-экономических показателей ГМЗ должны приниматься:

- годовая производственная мощность по исходной руде (по сухому материалу) расчетная, млн. тонн;
- извлечение урана и сопутствующих полезных компонентов в готовую продукцию в расчетном году, % и тонн в год;
- выпуск готовой продукции (по сухому материалу и в натуральном виде) в расчетном году, тонн в год;
- содержание урана и сопутствующих полезных компонентов в готовой продукции, % и тонн в год;
- годовая потребность ГМЗ в реагентах, материалах и энергоресурсах (воде, топливе, паре и электроэнергии);
- количество рудных отходов переработки, млн. тонн в год;
- содержание в этих отходах урана и сопутствующих полезных компонентов, % и тонн в год

7.2 Для оценки технического уровня технологических проектных решений должны применяться следующие основные прогрессивные показатели:

- производительность труда одного работающего, тыс. тонн руды в год;
- энергоемкость производства, кВт-час на тонну исходной руды;

- коэффициент использования основного технологического оборудования в календарном времени;

7.3 Кроме того, следует рассчитать таблицу показателей ГМЗ по годам и всего за рассматриваемый период эксплуатации, включающую:

- производственную мощность по исходной руде (по сухому материалу), млн. тонн в год и за период эксплуатации;

- извлечение урана и сопутствующих полезных компонентов в готовую продукцию, % и тонн в год и за период эксплуатации;

- выпуск готовой продукции (по сухому материалу и в натуральном виде) в расчетном году, тонн в год и за период эксплуатации;

- содержание урана и сопутствующих полезных компонентов в готовой продукции, % и тонн в год и за период эксплуатации;

- количество рудных отходов переработки, млн. тонн в год и за период эксплуатации;

- содержание в этих отходах урана и сопутствующих полезных компонентов, % и тонн в год и за период эксплуатации.

7.4 Если в составе ГМЗ предусматривается операция предварительного обогащения, то в основные показатели и таблицу необходимо включить соответствующие сведения (объем переработки, извлечение, отходы и др.).

8 Технологические решения основных производственных процессов

8.1 Технические решения ГМЗ должны характеризоваться высоким научно-техническим и технико-экономическим уровнем за счет:

- реализации новейших достижений науки и техники в области переработки минерального сырья и использовании передового отечественного и зарубежного опыта проектирования рудоперерабатывающих предприятий;

- внедрения высокоэффективных технологических процессов переработки руд, малоотходной и ресурсосберегающей технологии, обеспечивающей комплексное использование перерабатываемого сырья;

- использования высокопроизводительного оборудования, установок и агрегатов большой единичной мощности;

- разработки прогрессивных и экономичных объемно-планировочных и конструктивно-компоновочных решений, комплексной автоматизации и механизации производственных процессов;

- внедрения на проектируемых ГМЗ автоматизированных систем управления предприятиями и технологическими процессами.

8.2 Технические решения должны обеспечивать рациональное использование трудовых, материальных и энергетических ресурсов, соответствие их расхода на производство продукции прогрессивным удельным показателям, достигнутым в передовой отечественной и зарубежной практике переработки руд.

8.3 Следует предусматривать максимальное использование вторичных энергетических ресурсов.

8.4 Прирост производственных мощностей по переработке руд должен осуществляться, в первую очередь, путем технического перевооружения и реконструкции действующих предприятий.

8.5 Требования к технологическим решениям приведены в ГОСТ Р 70517.

8.6 Выбор и установка грузоподъемных средств должна производиться в полном соответствии с ГОСТ 534-78, ГОСТ 1575-87, ПБ 10-382-00 [9].

8.7 При выборе грузоподъемных средств учитывать габариты и массу поставляемых заводами-изготовителями узлов оборудования.

8.8 С целью механизации монтажных и ремонтных работ, проведения их в возможно кратчайшие сроки все устанавливаемое оборудование должно быть обеспечено подъемно-транспортными средствами, независимо от периодичности ремонта. Допускается не предусматривать их для единичного оборудования массой менее 50 кг.

8.9 Исполнение крана должно соответствовать категории производств, определяемой согласно СП 12.13130.

8.10 При проектировании установки грузоподъемных средств преимущественно должны устанавливаться средства, управляемые с пола.

8.11 При установке мостовых опорных кранов необходимо предусматривать:

- посадочные площадки;
- упоры на подкрановых рельсах;
- грузоподъемные средства для ремонта механизмов передвижения крана, тележки и подъема;
- ремонтные участки.

8.12 Разрешается не предусматривать грузоподъемных средств для механизации ремонта механизмов тележки для кранов легкого режима, редко используемых и грузоподъемностью до 20 т.

8.13 При установке на одних путях более трех кранов, или двух кранов тяжелого режима предусматривать проходные галереи вдоль подкрановых путей.

8.14 Магнитные, грейферные и магнитно-грейферные краны относятся к кранам тяжелого режима работы и устройство галерей вдоль их подкрановых путей обязательны независимо от количества установленных на одних путях.

8.15 При установке подвесных электрических кранов и электрических талей необходимо предусматривать ремонтно-смотровые площадки и тупиковые упоры. При высоте установки не более 5 м ремонтно-смотровые площадки могут быть передвижными.

8.16 Все устанавливаемые грузоподъемные средства должны иметь электрический привод.

Допускается установка ручных грузоподъемных средств при высоте подъема не более 3 м, отсутствии необходимой защиты электрооборудования соответствующей категории производства по взрывной и пожарной опасности и грузоподъемностью до 2 т включительно

9 Рудоподготовительные процессы

9.1 Общие требования

9.1.1 Разработка технологических решений рудоподготовки должна выполняться на основе технологического регламента с учетом свойств исходного сырья, производственной мощности ГМЗ, запасов руды и сроке эксплуатации, месторасположения предприятия, применения высокопроизводительного отечественного технологического оборудования и результатов технико-экономического сравнения различных вариантов (если это было предусмотрено заданием на проектирование).

9.1.2 При разработке проектных решений ГМЗ необходимо учитывать следующие основные физико-механические свойства руд:

- наибольший размер кусков и гранулометрический состав;
- истинную и насыпную плотность;
- крепость – совокупный параметр свойств, определяющий сопротивляемость разрушению, который учитывает твердость, трещиноватость, абразивность и другие физико-механические характеристики;
- твердость – сопротивляемость горной породы разрушению или пластической деформации при внедрении в нее более твердого тела.
- трещиноватость;
- абразивность – способность горной породы, как в агрегатном, так и в разрушенном состоянии изнашивать оборудование в процессе трения
- угол естественного откоса, угол внутреннего трения, начальное сопротивление сдвигу;

- влажность, сыпучесть, содержание и свойства глины, склонность к слеживанию, зависанию, налипанию;

- склонность к смерзанию.

9.1.3 Наибольший размер кусков и гранулометрический состав исходной руды следует учитывать при:

- выборе типоразмеров дробилок и грохотов первой стадии дробления;

- расчете пропускной способности дробилок и грохотов;

- решении вопроса о необходимости предварительного грохочения руды перед ее дроблением;

- выборе питателей и ленточных конвейеров;

- определении конструктивных параметров приемных бункеров.

9.1.4 Насыпную плотность руды следует учитывать при:

- расчете пропускной способности дробилок, грохотов, питателей и конвейеров;

- определении полезной вместимости бункеров и рудных складов;

- определении нагрузок на строительные конструкции от конвейеров и бункеров.

9.1.5 В зависимости от значений коэффициента крепости по шкале Протоdjeяконова по ГОСТ 21153.1 следует различать руды:

- мягкие – коэффициент крепости 5-10;

- средней твердости – коэффициент крепости 10-15;

- твердые – коэффициент крепости 15-18;

- весьма твердые – коэффициент крепости 18-20.

Крепость руды необходимо учитывать при:

- выборе типов дробилок;

- расчете гранулометрического состава продуктов дробления по типовым характеристикам крупности;

- выборе способов измельчения руды (шарового и бесшарового).

Дробимость руды должна характеризоваться не только ее крепостью, но и другими физико-механическими параметрами, определяющими сопротивляемость руды к разрушению в дробильных машинах. К таким параметрам относят упругость, силу сцепления, пластическую деформацию, вязкость, которые совокупно с крепостью представляют собой комплексный показатель дробимости руды.

9.1.6 Крепость руды совместно с ее абразивностью следует учитывать при:

- определении расхода футеровок дробилок и мельниц, измельчающих тел и сеток грохотов;

- выборе материалов и конструкций защиты (футеровки) внутренней (рабочей) поверхности бункеров, устройств самотечного транспорта руды, технологических аппаратов и пульпопроводов от механического износа.

9.1.7 Угол естественного откоса руды следует учитывать при:

- расчете ленточных конвейеров;
- определения полезной вместимости бункеров;
- определении размеров штабелей и полезной вместимости рудных складов.

Угол внутреннего трения и начальное сопротивление сдвигу должны учитываться при определении конструктивных параметров бункеров, размеров и формы выпускных отверстий и расстояния между ними.

9.1.8 Влажность руды, содержание в ней глины и зависящие от них сыпучесть, склонность к слеживанию, зависанию, налипанию следует учитывать при выборе:

- схем рудоподготовки (решение вопроса о необходимости предварительной промывки руды);
- способов дробления и грохочения (сухого или мокрого);
- транспортных устройств и питателей;
- угла наклона стенок бункеров, днищ желобов, рабочей поверхности неподвижных (колосниковых) грохотов;
- конструкции бункеров и специальных механических устройств, обеспечивающих нормальное истечение руды через выпускные отверстия.

В особых случаях, при наличии соответствующих условий и требований, следует разрабатывать специальные мероприятия, к числу которых относятся электрообогрев сит грохотов, паровой обогрев стенок бункеров и пр.

При повышенном содержании в руде глины необходимо учитывать свойства последней (вязкость, промывистость), влияющие на выбор типов дробилок (например, самоочищающихся), промывочных аппаратов, специальных устройств и способов очистки лент конвейеров от налипшего материала, расход и давление промывочной воды.

9.1.9 Склонность руды к смерзанию следует учитывать, в зависимости от климатических условий местоположения проектируемого ГМЗ, при:

- решении вопроса о необходимости строительства специальных установок размораживания исходной руды в вагонах;
- разработке технических мероприятий, предотвращающих намерзание руды на стенки и днища транспортных сосудов;
- выборе конструкции и размещении бункеров и рудных складов;

- решении вопроса о необходимости применения специальных механических устройств, обеспечивающих выгрузку руды из вагонов.

9.1.10 Классификация руд по крупности и характеру вкрапленности рудных минералов при 50% количестве зерен соответствующего класса:

- крупнозернистые, более 0,25 мм;
- среднезернистые, 0,1-0,25 мм;
- тонкозернистые, менее 0,1 мм.

9.1.11 В зависимости от характера распределения полезных минералов перерабатываемые руды следует подразделять на:

- равномерные – с эмульсионной и коллоидной вкрапленностью;
- неравномерные – с различными размерами агрегатов минерала.

9.1.12 Руды в процессе рудоподготовки следует классифицировать по:

- показателю контрастности;
- содержанию машинных классов, пригодных к сортировке;
- содержанию тонких шламов;
- видам предварительной обработки руды механическими методами.

9.1.13 Для процессов предварительного обогащения использовать существующие соответствующие нормы технологического проектирования.

9.2 Прием и усреднение качества исходной руды

9.2.1 Для хранения (складирования) радиоактивных руд ГМЗ предусматривают базисные склады открытого типа, а также открытые и закрытые склады промежуточного хранения руды

9.2.2 Вместимость складов должна соответствовать, как правило, месячному запасу для исходной руды и двух – трехсуточному запасу крупнодробленой руды. Предусмотреть возможность загрузки склада крупнодробленой руды материалом пониженной крупности непосредственно из склада исходной руды при длительном прекращении работы дробилок крупного дробления.

9.2.3 Усреднение качества руды на ГМЗ необходимо предусматривать при отклонении технологических показателей качества от планового уровня.

Также условия усреднения позволяют оперативно управлять качеством перерабатываемого сырья.

Усреднение качества руды начинается с аналогичных мероприятий на руднике, включающих, как правило, классификацию исходной руды по сортам и содержанию полезных компонентов.

9.2.4 Для рекомендуемой схемы усреднения урановых руд на ГМЗ без разделения на технологические сорта предусматривают:

- на первой стадии – размещение на базисном складе не менее двух штабелей руды с различным содержанием урана после прохождения рудоконтрольной станции перед складированием;

- на второй стадии – смешение руды из различных штабелей в нужном соотношении при использовании радиометрического контроля на рудоконтрольной станции перед подачей на крупное дробление;

- на третьей стадии – распределение крупнодробленной руды в усреднительном многослойном складе перед дальнейшей переработкой.

При селективной добыче разных технологических сортов, перерабатываемых по независимым схемам, необходимо аналогичное отдельное внутрисортовое усреднение по каждому типу.

Усреднение пульпообразных продуктов возможно за счет объединения и смешивания потоков различных цепочек измельчения и использования технологического смесительного оборудования большой емкости – радиальных сгустителей.

9.3 Дробление

9.3.1 Схема дробления исходной руды определяется Технологическим регламентом, разработанным в зависимости:

- от производственной мощности проектируемого ГМЗ;
- наибольшего размера кусков (принятого проектом рудника), гранулометрического состава и других физико-механических свойств исходной руды;
- гранулометрического состава продуктов дробления;
- заданного наибольшего размера кусков конечного продукта дробления;
- способа дробления (сухого или мокрого);
- характеристик дробильного оборудования.

9.3.2 В составе схемы дробления содержится:

- виды и количество стадий дробления;
- место и виды операций грохочения;
- виды необходимых вспомогательных операций, связанных с мокрым процессом дробления.

9.3.3 Характеристики степени дробления приведены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Характеристики степени дробления

Степень дробления	Наибольший размер кусков, мм
-------------------	------------------------------

	Исходной руды	Получаемый в продуктах дробления
Крупное	400-1200	100-350
Среднее	100-350	40-100
Мелкое	40-100	10-40

9.3.4 Число стадий дробления определяется начальной и конечной крупностью дробимого материала.

9.3.5 Для предварительных расчетов необходимо принимать следующие значения наибольшего размера кусков в конечных продуктах дробления:

- при последующем полусамоизмельчении руды в ММС с добавлением шаров - 200-300 мм;
- при последующем измельчении руды в стержневых мельницах 20-40 мм;
- при последующем измельчении руды в шаровых мельницах 10-20 мм;
- при дроблении в самоочищающейся молотковой дробилке руды, представленной вязкой пластичной глиной, перед последующей дезинтеграцией в скруббере – 100 мм.

9.3.6 Общая степень дробления определяется отношением размеров кусков руды в исходной руде и дробленом продукте.

9.3.7 Одновременно общая степень дробления равна произведению степеней дробления в отдельных стадиях. Набор этих показателей должен обеспечить необходимую общую степень дробления.

9.3.8 Степень дробления за один прием в зависимости от типов дробилок и условий их работы следует принимать по таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Степени дробления для разных дробилок

Типы дробилок и условия их работы	Степень дробления
Щековые и конусные крупного дробления	3-5
Конусные среднего дробления при работе в открытом цикле	3-6
Конусные среднего дробления при работе в замкнутом цикле	4-10
Конусные мелкого дробления при работе в открытом цикле	3-5
Конусные мелкого дробления при работе в замкнутом цикле	4-8
Валковые при дроблении твердых руд	3-4
Валковые при дроблении мягких и хрупких руд	8-10
Молотковые однороторные	10-15

9.3.9 Ширину выходной щели дробилок b , м, вычисляют по формуле

$$b = d / K_3, \quad (9.1)$$

где d – номинальная крупность продукта дробления (95% расчетного класса), мм
 K_3 – коэффициент закругнения по таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Коэффициент закругнения при дроблении

Категория руды	Тип дробилки				
	ЩДС	ЩДП	ККД	КСД	КМД
Мягкая	1.3	1.4	1.2	1.4	1.9
Ниже средней и средней твердости	1.45	1.55	1.4	1.9	2.4
Твердая и весьма твердая	1.6	1.7	1.6	2.5	2.9

9.3.10 Обычно число стадий дробления при подготовке руд к измельчению должно равняться двум или трем. При поступлении на предприятие очень большой производительности крепких руд применяются четырехстадиальные схемы дробления. При использовании полу- и самоизмельчения достаточно одной стадии крупного дробления.

9.3.11 Постоянное рабочее место оператора дробления должно находиться в отдельном изолированном помещении, соответствующем требованиям ГОСТ 12.1.003, ГОСТ 12.1.005-88, ГОСТ 12.1.012, ГОСТ 12.2.032-78.

9.3.12 Скорость движения ленты конвейера при этом должна превышать 0,5 м/с. Для осуществления операций по отбору древесины с питателя или конвейера должны предусматриваться специальные площадки для обслуживающего персонала и соответствующее грузоподъемное оборудование.

9.3.13 Конусные дробилки крупного дробления следует применять для дробления руд с временным сопротивлением сжатию до 250 МПа в тех случаях, когда технико-экономическое сравнение не показывает преимущества щековых дробилок.

9.3.14 Параметры конусных дробилок крупного дробления должны приниматься согласно ГОСТ 6937-91 и материалам заводов-изготовителей.

9.3.15 Дробилки изготавливают двух типов:

- конусные крупного дробления в двух исполнениях – с одним и с двумя двигателями на приводе;

- конусные редукционного дробления.

9.3.16 Конструкция дробилок обеспечивает запуск под рудным завалом.

9.3.17 Для дробления мягких и хрупких неабразивных руд с временным сопротивлением сжатию не более 70 МПа следует применять при наибольших размерах кусков исходного питания от 200 мм до 1200 мм – двухвалковые зубчатые дробилки.

9.3.18 Для крупного дробления мягких руд, представленных, в основном, вязкими пластичными глинами и склонных к сильному налипанию, следует применять однороторные самоочищающиеся молотковые дробилки.

9.3.19 Отделения крупного дробления следует размещать в отдельных зданиях, соединенных со зданиями последующих технологических переделов конвейерными галереями.

9.3.20 Следует предусматривать помещение для бункеровщика в зоне загрузки исходной руды и сигнализацию забивки бункеров.

9.3.21 При установке щековых дробилок здания отделений крупного дробления следует совмещать с приемными бункерами, оборудованными питателями тяжелого типа для непосредственной подачи руды в дробилки. В бункерах перед щековой дробилкой предусматривать футеровку из материала с низким коэффициентом трения и возможность подогрева для предотвращения налипания и примерзания руды.

9.3.22 Конусные дробилки с размером конуса 1200 мм и более загружать непосредственно из железнодорожного состава, а дробилки меньшего размера – пластинчатыми питателями. Загрузку самосвалами осуществлять непосредственно «в завал».

9.3.23 Число разгрузочных железнодорожных путей и число мест разгрузки автосамосвалов определять по расчету в зависимости от грузоподъемности подвижного состава, режима работы, схемы железнодорожных путей, веса маршрутного состава, применения стационарных вагоноопрокидывателей и других устройств. Для ГМЗ, расположенных в средних и северных климатических районах, следует учитывать увеличение времени разгрузки из-за примерзания руды к стенкам подвижного состава.

9.3.24 Производительность щековых дробилок Q , т/ч, крупного дробления по исходному питанию определять по их техническим характеристикам с учетом поправочных коэффициентов на условия работы вычисляют по формуле

$$Q = K_f K_w K_{кр} (150 + 750 B) L b \gamma, \quad (9.2)$$

где K – поправочные коэффициенты на условия работы по таблице 9.4

B – ширина приемного отверстия дробилки, м;

L – длина приемного отверстия дробилки, м;

b – ширина выходной щели, м

γ – насыпная плотность руды, т/м³;

Таблица 9.4 – Поправочные коэффициенты на условия работы дробилок

Коэффициент	Руда			
	Крепость по шкале М.М.Протоdjeяконова, единиц			
	мягкая	средней твердости	твердая	весьма твердая
	5-10	10-15	15-18	18-20
Поправочный на крепость, K_f	1,2	1,0	0,95	0,90

Поправочный на влажность, K_w	Влажность руды, %									
	4	5	6	7	8	9	10	11		
	1	1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75	0,65		
Поправочный на крупность, $K_{кр}$	Содержание крупных классов (крупнее половины приемного отверстия дробилки) в питании, %									
	5	10	20	25	30	40	50	70	75	80
	1,10	1,08	1,05	1,04	1,03	1,0	0,97	0,95	0,92	0,89

9.3.25 Производительность конусных дробилок для крупного дробления ККД по исходному питанию определять по их техническим характеристикам с учетом поправочных коэффициентов на условия работы по формуле

$$Q = K_f * K_w * K_{кр} * q * b * \Upsilon, \quad (9.3)$$

где K – поправочные коэффициенты на условия работы по табл.

q – удельная производительность дробилки, равная отношению величине паспортной производительности ($m^3/час$) к номинальной ширине разгрузочной щели в фазе раскрытия профилей, $m^3 / (мм \text{ в час})$;

b – ширина выходной щели, мм;

Υ – насыпная плотность руды, t/m^3 .

9.3.26 Компонировочное решение корпусов среднего и мелкого дробления проектировать, как правило, с совмещением отделений среднего и мелкого дробления, с одноярусным (одноэтажным) расположением дробилок на вибрационных основаниях.

9.3.27 Каскадное расположение дробилок среднего и мелкого дробления применять при обоснованном исключении замкнутого цикла дробления, при дроблении с промывкой руды, при расположении среднего и мелкого дробления непосредственно при эксплуатационной шахте и других особых случаях.

9.3.28 Грохоты располагать в едином корпусе с дробилками или в отдельно стоящем корпусе грохочения.

9.3.29 Для схемы с отдельными операциями предварительного и поверочного грохочения в 3-ей стадии грохота проектировать под дробилками среднего и мелкого дробления соответственно.

9.3.30 При наличии склада крупнодробленой руды и однорядном или "шахматном" варианте расположения дробилок среднего дробления их следует загружать рудой конвейерами непосредственно из напольного склада, при двухрядном компоновочном решении – из промежуточного бункера, заблокированного с дробильным отделением.

9.3.30 В качестве основного типа бункеров принимать бункера ящичного типа с разгрузкой крупнодробленой руды на пластинчатые питатели с шириной полотна не менее

1500 мм, а средне дробленой руды, как правило, на ленточные питатели стационарного или откатного типа с шириной ленты не менее 1200 мм.

9.3.31 Форму выпускного отверстия принимать щелевой. Ширина щели должна не менее, чем в три раза, превышать максимальную крупность кусков руды (для крупнодробленой руды) и быть максимальной по условиям исключения просыпи материала с питателя (для средне дробленой руды).

9.3.32 Длину щелевых выпускных отверстий бункеров крупнодробленой руды и хорошо сыпучей средне дробленой руды выбирать конструктивно. При бункеровании влажных, имеющих большое количество мелочи и глинистых средне дробленых руд длина отверстия не должна превышать ширину в три раза.

9.3.33 Вторую и третью стадии дробления проектировать в конусных дробилках для среднего и мелкого дробления. В третьей стадии дробления возможна установка конусных инерционных дробилок КИД, обеспечивающих высокую степень дробления в открытом цикле.

9.3.34 Производительность конусных дробилок Q среднего и мелкого дробления вычисляют по формуле

$$Q = K_f * K_w * K_{кр} * q * b * \Upsilon, \quad (9.4)$$

где q – удельная производительность дробилки, равная отношению величине средней паспортной производительности (м³/час) к средней ширине (мм) разгрузочной щели в фазе раскрытия профилей, м³ / (мм * час).;

b – ширина выходной щели, мм

Υ – насыпная плотность руды, т/м³;

K – поправочные коэффициенты на условия работы по таблице 9.5.

Таблица 9.5 – Поправочные коэффициенты на условия работы конусных дробилок

Коэффициент	Руда							
	Крепость по шкале М.М. Протоdjяконова, единиц							
	мягкая		средней твердости		твердая		весьма твердая	
	5-10		10-15		15-18		18-20	
Поправочный на крепость, K_f	1,1		1,0		0,75		0,65	
Поправка на крупность, $K_{кр}$ (для КСД и КМД в открытом цикле)	Дробление с предварительным грохочением				Дробление без предварительного грохочения			
	Номинальная крупность питания в долях ширины приемного отверстия дробилки				Номинальная крупность питания в долях ширины приемного отверстия дробилки			
	0,8	0,6	0,3	0,8	0,65	0,55	0,45	0,35

	1,0	1,05	1,1	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4
Поправка на замкнутый цикл дробления K_3 (для КМД)	Отношение размера ячейки сит грохота к номинальной крупности продукта в разгрузке дробилки							
	0,3		0,5		0,7		0,9	
	1,4		1,3		1,2		1,1	

9.3.35 Типоразмер валковой дробилки (диаметр валков – D в мм) выбирается в зависимости от номинальной крупности исходного питания (d_{95} в мм):

- для дробилок с гладкими валками $D \geq 20 * d_{95}$
- для дробилок с зубчатыми валками $D \geq (2 \div 4) * d_{95}$

9.3.36 При установке нескольких однотипных дробилок на каждые 2-3 работающих следует предусматривать одну резервную.

9.3.37 Производительность валковой дробилки по исходному питанию:

$$Q = 60 * \pi * D * L * d_{95} * n * \Upsilon * K, \quad (9.5)$$

где D – диаметр валка, м;

L – длина валка, м;

d_{95} – номинальная крупность продукта дробления (ширина щели в раздвинутом состоянии), м;

n – число оборотов валков (при мелком дроблении для оптимальной окружной скорости 3-4 м / сек.), мин^{-1} ;

Υ – удельная плотность дробимого продукта, $\text{т} / \text{м}^3$;

K – коэффициент разрыхления дробленого продукта на выходе из дробилки (0,2-0,3 для сыпучих руд и 0,5-0,6 для влажных вязких руд).

9.3.38 Молотковые дробилки следует выбирать в зависимости от производительности по исходному питанию, номинальной крупности исходного и конечного продуктов дробления, влажности руды и склонности к налипанию.

9.3.39 Ширина щели между колосниками принимается в 1,5-2 раза больше номинальной крупности продукта дробления.

9.3.40 Степень дробления в среднем равна 10-15, но не более 20-30.

9.3.41 Производительность молотковых и роторных дробилок по двум методикам: *как дробящего аппарата*

$$Q = 3.16 * N * \eta * \sqrt{(D_{80} * d_{80}) / [W * (\sqrt{D_{80}} - \sqrt{d_{80}})]}, \quad (9.6)$$

где: N – мощность установленного электродвигателя дробилки, кВт;

η – отношение потребляемой мощности к установленной (0,8-0,9);

D_{80} и d_{80} – 80% крупность исходного и дробленого продуктов, мм;

W- индекс работы по Бонду.

по пропускной способности, как транспортирующее устройство

при $D > L$ $Q = 0,1 * D^2 * L * n * \delta$, т / час;

при $D < L$ $Q = 0,1 * D * L^2 * n * \delta$, т / час,

где: D – диаметр ротора, м;

L – длина ротора, м;

n – частота вращения ротора, мин.⁻¹

δ – насыпная плотность материала, т / м³

Из двух значений выбирается меньшее.

9.3.42 Производительность пластинчатых и ленточных питателей Q, м³/час, вычисляют по формуле

$$Q = 60 * \pi * D * n * b * h, \quad (9.7)$$

где $\pi = 3,14$

D – диаметр барабана транспортного механизма, м

n – частота вращения барабана, с⁻¹;

b – ширина слоя материала на ленте, м;

h – толщина слоя материала на ленте, м

9.3.43 Производительность вибрационных питателей

$$Q = 10^3 * F * v_{cp}, \quad (9.8)$$

где F-площадь сечения потока материала на лотке (м²);

v_{cp} – средняя скорость трранспортирования (0,2-0,6 м / сек);

Среднюю скорость вибротранспортирования (0,2-0,6 м/с) м / сек, находят по формуле

$$v_{cp} = k_n * k_t * k_y * A * \omega * \cos \beta, \quad (9.9)$$

где k_n – коэффициент передачи скорости (0,45-0,9);

k_t – коэффициент толщины слоя (0,75-1,0);

k_y – коэффициент, учитывающий угол наклона лотка (0,75-1,0);

A – амплитуда вибраций, м;

ω – частота вынужденных колебаний, рад/с;

β – угол вибрации (обычно 25-30°).

9.3.44 Грузоподъемность кранов отделений дробления принимать в соответствии с нормами ВНТП-21-86 [10] (таблица 9.7).

Таблица 9.7 – Грузоподъемность кранов отделений дробления

Наименование оборудования	Грузоподъемность крана, т	
	над дробилкой	над приводом

Щековые дробилки с простым качанием щеки, с приемными отверстиями, мм: 900x1200 1200x1500 1500x2100 Щековые дробилки со сложным качанием щеки с приемными отверстиями, мм: 400x900 600x900 1200x1500 1500x2100 Конусные дробилки крупного дробления с приемной щелью, мм: 500 1200 1500 Конусные дробилки среднего и мелкого дробления с диаметром конуса, мм: 1750 2200 3000	16	-
	32	-
	50	-
	10	-
	10	-
	32	-
	100	-
	16	1,0
	100	5,0
	150	10,0
Пластинчатые питатели Тип I с шириной ленты, мм: 1500 1800 2400 Тип II с шириной ленты, мм: 1200 1500 1800 2400 длиной до 9 м 2400 длиной более 9 м		
	5,0	3,2
	10	3,2
	10	3,2
	3,2	2,0
	3,2	2,0
	5,0	3,2
	5,0	3,2
	10	3,2

9.4 Промывка и грохочение

9.4.1 Для разработки узлов разделения материала по крупности достаточны следующие исходные данные: наибольший размер кусков и гранулометрический состав исходного продукта, его влажность, влажность продуктов грохочения, рекомендуемый способ грохочения, требуемая эффективность, выход продуктов операции от исходного питания, гранулометрический состав мелкой фракции, концентрирование в ней ценных компонентов, рекомендуемый тип оборудования, удельные нагрузки на оборудование.

9.4.2 При сухом способе дробления с открытым циклом в последней стадии все грохоты предварительного грохочения должны устанавливаться непосредственно над соответствующими дробилками с обеспечением обслуживания грохотов и дробилок общим

грузоподъемным механизмом (краном) и беспрепятственного проведения ремонта дробилок (замены конусов).

9.4.3 На предприятиях большой производственной мощности при наличии замкнутого цикла и большом количестве грохотов (два и более на каждую дробилку), выполняющих совмещенную операцию предварительного и поверочного грохочения на стадии мелкого дробления, эти грохоты должны, как правило, устанавливаться в отдельном здании с устройством распределительных бункеров небольшой вместимости.

9.4.4 При мокром дроблении руды под всеми дробилками обеих стадий, независимо от принятой схемы, следует устанавливать грохоты, которые, помимо предварительного и поверочного грохочения должны служить для обезвоживания дробленых продуктов с выделением в подрешетный продукт мелочи и шламов.

9.4.5 Под каждой дробилкой следует устанавливать не более двух грохотов.

9.4.6 Установка грохотов должна производиться преимущественно на рамах или фундаментах. В исключительных случаях допускается подвеска грохотов на тросах (проволочных тросах или стержнях) присоединяемых к опорам (строительным конструкциям) через пружины.

9.4.7 Перекрытия и площадки, на которых устанавливаются грохоты, должны быть рассчитаны на восприятие и гашение вибрации.

9.4.8 Устройство загрузочных воронок должно обеспечивать равномерное распределение питания по всей ширине сита и предохранять последнее от прямых ударов крупных кусков руды.

9.4.9 В целях снижения уровня шума, уменьшения массы грохотов, а, следовательно, и динамических нагрузок, снижения расхода металла и трудозатрат на ремонт для мелкого и среднего грохочения следует применять резиновые или полиуретановые сита.

9.4.10 Для подачи исходной руды с наибольшим размером кусков до 1000 мм на крупное дробление в щековых дробилках следует применять колосниковые грохоты, вибрационные питатели-грохоты и пластинчатые питатели.

9.4.11 Для крупного грохочения руды с наибольшими размерами кусков до 800 мм, для среднего и мелкого грохочения руды с наибольшими размерами кусков до 300 мм, следует применять инерционные грохоты тяжелого типа.

9.4.12 При переработке руд с повышенной влажностью и глинистостью в операциях предварительного грохочения перед средним дроблением для выделения готового по крупности продукта использовать двухситные грохоты или каскад из 2-х односитных грохотов.

9.4.13 Для среднего, мелкого и тонкого грохочения мокрым способом, особенно в замкнутых циклах измельчения, операциях промывки, обесшламливания и обезвоживания руды и продуктов ее переработки с наибольшими размерами кусков до 120 мм, следует применять инерционные самобалансные грохоты.

9.4.14 Для интенсивной промывки руды применяются бутары, скрубберы и скруббер-бутары.

9.4.15 Бутары имеют большую производительность при незначительном расходе электроэнергии (0,25-0,5 кВт-час/т руды) и обеспечивают разделение материала на классы определенной крупности. Однако, требуют большой расход воды (4-10 м³/т) и малоэффективны при обработке труднопромывистых руд.

9.4.16 Скрубберы обеспечивают хорошее качество промывки труднопромывистой руды при расходе воды 1-2 м³/т и позволяют обрабатывать крупнокусковую руду (до 400 мм). К недостаткам следует отнести громоздкость, большое потребление энергии (0,5-1,0 кВт-час /т руды) и выдачу неклассифицированного материала.

9.4.17 Применение совмещенных скруббер-бутар позволяет использовать достоинства бутар и скрубберов.

9.4.18 Необходимое время промывки в этих аппаратах составляет от 1 до 12 минут в зависимости от категории промывистости руды.

9.4.19 Для среднего и мелкого грохочения мытой руды с наибольшим размером кусков до 200 мм на несколько классов крупности с одновременным их распределением по соответствующим бункерам перед механическим обогащением (сортировкой) следует применять вибрационный конвейер-грохот.

9.4.20 Предварительная промывка руды в этом случае должна осуществляться в вибрационном конвейере-промывателе.

9.4.21 При необходимости совмещения в одном аппарате промывки и грохочения следует применять вибрационный конвейер-грохот с зоной промывки.

9.4.22 Горизонтальные инерционные грохоты с самобалансным вибратором устанавливать для классификации в замкнутом цикле с мельницами рудного самоизмельчения, с мельницами со стальной дробящей средой при измельчении руд, содержащих легкошламуемые полезные минералы, для промывки глинистых руд при их подготовке к процессу разделения в тяжелых суспензиях, а также для отмывки утяжелителя.

9.4.23 Для мокрого грохочения тонкоизмельченных руд применять дуговые сита и грохоты тонкого грохочения.

9.4.24 На установках грохочения резервное оборудование в объеме 100% на месте эксплуатации, должно подключаться к технологическим коммуникациям таким образом,

чтобы оно могло быть немедленно задействовано при остановке рабочего оборудования на ремонт.

9.4.25 Площадь решетки колосникового грохота F:

$$F = Q / (2,4a), \text{ м}^2 \quad (9.10)$$

где Q – производительность грохота по питанию, т / час;

a – ширина щели между колосниками, мм

9.4.26 Производительность инерционных грохотов по исходному материалу Q, т/ч, вычисляются по формуле

$$Q = F * q_{\text{баз}} * \Upsilon * (K_1 \div K_6), \quad (9.11)$$

где F – полезная площадь сита, м²;

q_{баз.} - базисная удельная объемная производительность, м³/(м²*ч) по табл. или по формулам:

при a < 20 мм q_{баз.} = 1,43 a + 2,7

при a ≥ 20 мм q_{баз.} = 0,44 a + 20

Υ - насыпная плотность материала, т/м³;

K₁ ÷ K₆ - поправочные коэффициенты на условия работы по таблице 9.10.

Таблица 9.10 – Поправочные коэффициенты при расчете инерционных грохотов

Показатели	Размер отверстий сетки, мм															
	3,2	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50	60	80	100
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Базисная удельная объемная производительность :	7,0			11,3			20	26	-	-	-	-				-
	-	8,5	9,8	-	14,2	17,0	-	-	29	31	34	38	42	46	55	64
Требуемая эффективность грохочения E, %	65	70	75	80	85	90	92	94	94	95	95	96	95	98	98	-
	2,25	2,0	1,75	1,50	1,25	1,0	0,9	0,8	0,8	0,75	0,75	0,7	0,7	0,6	0,6	-
Вид просеивающей поверхности Форма отверстий	Проволочные сита				Перфорированные (штампованные) листовые решета				Сита из резины и полиуретана							
	Квадратные		Прямоугольные (щелевидные)		Квадратные		Круглые				Квадратные		Щелевидные			
Поправочный коэффициент K ₂	1,0		1,2		0,85		0,7				0,9		1,2			

Параметр механического режима грохота $2 \cdot Z_n$, мм/мин	6000	8000				9000			10000			12000			
Поправочный коэффициент K_3															
Форма зерен и кусков	Многогранная (дробленая руда)	Округлая (песчано-гравийная смесь)						Плитниковая (лещадь)							
Поправочный коэффициент K_4	1,0					1,2						0,8			
Расположение сетки в двухситном грохоте		Верхнее сито						Нижнее сито							
Поправочный коэффициент K_5		1,0										0,7			
Способ грохочения		Сухое грохочение						Грохочение с орошением							
Поправочный коэффициент K_6			1,0									1,25-1,40			

9.4.27 Производительность гиравитационных и вибрационных грохотов

$$Q = F * q_{\text{баз}} * \Upsilon * (K_1 \div K_6), \text{ т/ч}, \quad (9.12)$$

где F – полезная площадь сита, м²;

$q_{\text{баз}}$ – базисная удельная объемная производительность, м³ / (м² · ч) по таблице 11.11;

Υ – насыпная плотность материала, т/м³;

$K_1 \div K_3$ - поправочные коэффициенты на условия работы по таблицам 9.12–9.4

9.4.28 Производительность двухситных грохотов рассчитывается по верхнему и нижнему ситам, при этом эффективная рабочая площадь нижнего сита принимается равной 0,7 от площади верхнего сита. Поток материала и его грансостав, поступающий на каждое сито, принимается по данным материального баланса Технологического регламента.

Таблица 9.11 Удельная объемная производительность

Размер отверстий сита, мм	0,16	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,17	2,0	3,15	5,0
$q_{\text{баз}}$, м ³ /(м ² ·час)	1,9	2,2	2,5	2,8	3,2	3,7	4,4	5,5	7,0	11

-

Размер отверстий сита, мм	8,0	10	16	20	25	31,5	40	50	80	100
$q_{\text{баз}}$, м ³ /(м ² ·час)	17	19	25,5	28	31	34	38	42	56	63

K_1 – влияние мелочи при содержании в питании зерен размером меньше половины отверстий сита, % приведено в таблице 9.12

Таблица 9.12

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
---	----	----	----	----	----	----	----	----	----

0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

K_2 – влияние крупных зерен при содержании избыточных зерен в питании, % приведено в таблице 9.13

Таблица 9.13

10	20	25	30	40	50	60	70	80	90
0,94	0,97	1,0	1,03	1,09	1,18	1,32	1,55	2,0	3,36

K_3 – эффективность грохочения, % по таблице 9.14

Таблица 9.14

40	50	60	70	80	90	92	94	96	98
2,3	2,1	1,9	1,6	1,3	1,0	0,9	0,8	0,6	0,4

K_4 – форма зерен в материале:

- дробленый материал разный (кроме угля) – 1,0;
- зерна округленной формы – 1,25;
- уголь – 1,5

K_5 – влияние влажности материала:

а) для отверстий сита меньше 25 мм:

- сухой – 1,0;
- влажный – 0,75-0,85;
- комкующийся – 0,2-0,6

б) для отверстий сита больше 25 мм – 0,9-1,0 (в зависимости от влажности)

K_6 – способ грохочения

а) для отверстий сита меньше 25 мм:

- сухое – 1,0;
- мокрое (с орошением) – 1,25-1,40;

б) для отверстий сита больше 25 мм – 1,0 (любое)

9.4.29 Объемная производительность дугового сита по исходной пульпе

$$Q = 160 F v, \text{ м}^3 / \text{ час} \quad (9.13)$$

где F – площадь живого сечения сита, м²;

v – скорость подачи пульпы на сито, м / сек

9.4.30 Зависимость крупности разделения – «D» от рекомендуемой ширины щелевидных отверстий сита – «B» приведена в таблице 9.15

Таблица 9.15

D, мм	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
B, мм	0,6	0,7	0,85	1,0	1,1	1,4	1,6	2,2	2,5	3,0	3,2

9.4.31 Эффективность грохочения по номинальной крупности на ситах с отверстиями 1, 0,7 и 0,3 мм составляет 90, 70 и 35 % соответственно.

9.4.32 Определение производительности промывочных аппаратов – бутар и скрубберов.

9.4.33 Пропускная способность бутары, т/час

$$Q = 125 * D^3 * \varphi * n * \delta * \operatorname{tg} 2\alpha, \quad (9.14)$$

где: D – диаметр барабана, ($D \geq 202,3 * \sqrt{(Q/\delta)}$) м;

φ – коэффициент заполнения барабана, (0,08-0,1) д.ед.;

n – частота вращения барабана, мин.⁻¹;

δ – насыпная плотность руды, т/м³;

α – угол наклона оси барабана, град.

9.4.34 Необходимая площадь ее просеивающей поверхности, м²

$$F = Q / (q * a * \delta), \quad (9.15)$$

где: Q – заданная нагрузка по исходному питанию, т/час;

q – удельная объемная производительность, м³ / (м²*мм*час);

a – размер отверстий просеивающей поверхности, мм;

δ – насыпная плотность руды, т/м³.

9.4.35 При эффективности грохочения 50-60% $q = 0,2-0,3$, а при повышенной эффективности грохочения до 70-80%, $q = 0,05-0,1$.

9.4.36 Фактическое время промывки руды в бутаре, мин

$$t = 60 * S * L * \delta / Q, \quad (9.16)$$

где S – площадь сегмента загрузки, м²;

L – длина барабана, м;

δ – насыпная плотность руды, т/м³.

9.4.37 Транспортирующая способность скруббера легкого типа, т/час

$$Q = 50D^3\varphi \cdot n \cdot \delta \cdot \operatorname{tg} 2\alpha, \quad (9.17)$$

9.4.38 Необходимый минимальный объем барабана скруббера, м³

$$V = Q \cdot t / (60\varphi \cdot \delta), \quad (9.18)$$

9.4.39 Пропускная способность скруббера тяжелого типа, т/час

$$Q = 0,75D^2L \cdot \varphi \cdot n \cdot \delta, \quad (9.19).$$

9.5 Измельчение

9.5.1 В зависимости от числа стадий схемы измельчения подразделяются на три класса: одностадиальные, двухстадиальные и многостадиальные.

9.5.2 Одностадиальные схемы обычно применяются при измельчении до 55-60 % класса минус 0,074 мм и при более тонком измельчении на предприятиях малой производительности.

9.5.3 Двухстадиальные схемы в зависимости от вида цикла измельчения в первой стадии подразделяются на три группы: с открытым, с полностью и частично замкнутым циклом.

9.5.4 В двухстадиальных схемах с открытым циклом в первой стадии с использованием стержневых мельниц появляется возможность увеличения крупности исходного питания до 25-30 мм, что упрощает схему дробления. Установка мельниц полусамои измельчения на первой стадии позволяет исключить среднее и мелкое дробление и связанные с этим радиоактивные выделения. Для эффективной работы мельницы первой стадии необходимо, чтобы объем мельниц второй стадии был в 1,5-2 раза больше объема мельниц первой стадии. Схемы обеспечивают крупность конечного продукта измельчения 55-80% класса минус 0,074 мм. При дополнительном введении контрольной классификации можно достигнуть содержания в продукте 80-95% класса минус 0,074 мм.

9.5.5 Двухстадиальные схемы с полностью замкнутым циклом измельчения в первой стадии применяют на крупных и средних по производительности предприятиях при измельчении до 0,15 мм и более тонком. Важнейшим условием достижения высокой производительности мельниц является правильное распределение работы измельчения между мельницами первой и второй стадий за счет обязательной регулировки крупности материала, передаваемого на вторую стадию измельчения.

9.5.6 Достоинством двухстадиальных схем с частично замкнутым циклом в первой стадии является простота регулировки, возможность получения крупного конечного продукта и отсутствие накопления самородных металлов в цикле измельчения. Определенные трудности представляет транспорт крупной фракции из первой во вторую стадию.

9.5.7 В зависимости от использования операций классификации все схемы измельчения также имеют соответствующие разновидности.

9.5.8 В схемы с использованием мельниц полусамои измельчения может быть включена операция додрабливания «трудного» класса, выделенного из аппаратов первой стадии измельчения.

9.5.9 Для исключения операции додрабливания, требующей размещения дополнительного конвейерного и дробильного оборудования, возможно применение мельниц полусамои измельчения с установкой на разгрузочной цапфе специальной бутары, возвращающей материал, который не прошел сквозь отверстия (обычно щелевидные) бутары, обратно в мельницу.

9.5.10 Оптимальная циркулирующая нагрузка больше при тонком измельчении, чем при грубом измельчении, и может приниматься от 170 до 650%. Выбранное значение следует проверить из условия, чтобы удельная нагрузка мельницы по общему питанию, Q , м³ час, не превышала

$$Q / V \leq 12 \text{ т} \quad (9.20)$$

где Q – производительность мельницы по исходному питанию, т / час;

V – объем мельницы, м³

9.5.11 В качестве основного способа измельчения в одностадиальных схемах и в 1-й стадии двухстадиальных схем следует, как правило, применять рудное самоизмельчение и полусамоизмельчение с добавкой стальных шаров диаметром от 80 мм до 125 мм в количестве до 16 % от объема мельницы.

9.5.12 Для такого измельчения крупнокусковых руд рудной и стальной измельчающей средой следует применять:

- мельницы самоизмельчения МСИ;
- мельницы полусамоизмельчения МПСИ.

9.5.13 Технические параметры мельниц указанных типов следует принимать по каталогам заводов -изготовителей.

9.5.14 Самоизмельчение невозможно при отсутствии в исходной руде определенного количества крупнокускового материала, являющегося измельчающей средой.

9.5.15 Самоизмельчение и полусамоизмельчение, даже при благоприятной характеристике руды, не следует применять:

- на предприятиях и установках малой производственной мощности, где не может быть обеспечена достаточно эффективная загрузка мельницы минимального промышленного размера исходным питанием;

- при наличии в схеме проектируемого предприятия перед измельчением операций механического обогащения (например, до крупности 20-25 мм), требующих предварительного среднего и мелкого дробления исходной руды;

- в схемах переработки различных редкометальных руд, требующих стадийного дробления с межстадиальными операциями отмывки шламов, сортировки (рудоразборки), выделения готовых мелких классов для гравитационного обогащения.

9.5.16 В указанных случаях на проектируемых предприятиях следует применять измельчение только с помощью стальной измельчающей среды (стержней, шаров) после дробления исходной руды до крупности, в основном, не выше 20-25 мм.

9.5.17 Для мокрого измельчения мелкодробленных руд в зависимости от применяемых мелющих тел и способа разгрузки следует применять:

- стержневые мельницы с центральной разгрузкой МСЦ;
- стержневые мельницы с периферической разгрузкой МСП;
- шаровые мельницы с разгрузкой через решетку МШР;
- шаровые мельницы с центральной разгрузкой МШЦ;

9.5.18 Допускается по требованию потребителя изготовление мельниц с низким уровнем слива (Н) и с удлиненным валом (В).

9.5.19 Технические параметры мельниц указанных типов следует принимать по ГОСТ 10141-91 и каталогам заводов -изготовителей.

9.5.20 Стержневые мельницы с центральной разгрузкой следует применять для грубого измельчения мелкодробленой руды.

9.5.21 Шаровые мельницы с центральной разгрузкой следует применять во второй стадии измельчения руд и для доизмельчения продуктов обогащения до крупности минус 0,074 мм и ниже (тонкое измельчение), главным образом, на предприятиях средней, большой производственной мощности. Мельницы данного типа должны применяться в случаях, когда переизмельчение и ошламование материала не вредят или даже полезны для последующего технологического процесса (например, перед цианированием тонковкрапленных золотосодержащих руд).

9.5.22 Для всех этих мельниц рекомендуется оснащение резиновой футеровкой, которая по сравнению с футеровкой из марганцовистой стали позволит:

- увеличить срок ее службы в 3 раза;
- снизить массу футеровки на 85 %;
- уменьшить уровень шума на 10 дБ;
- сократить время простоя мельницы на перефутеровку в 3 раза.

9.5.23 Предпочтительно размещение мельниц, оси которых перпендикулярны или параллельны оси бункера, в один ряд для уменьшения ширины пролета отделения измельчения и соответственно стоимости строительных конструкций и мостовых кранов.

9.5.24 Для снижения расхода энергии предусматривать самотечное сопряжение слива мельницы и песков спирального классификатора.

При этом должны выдерживаться минимально допустимые уклоны желобов слива мельницы в классификатор и песков последнего в мельницу по таблице 9.17.

Таблица 9.17 – Уклоны желобов слива мельницы и песков классификатора

Крупность слива, мм	-0,074	-0,1	-0,15	-0,2	-0,3	-0,4	-0,6	-0,8
Уклон желоба слива, мм/м	100	130	150	170	200	220	235	245
Уклон желоба песков, мм/м	250	285	315	345	375	400	430	455

9.5.25 Если самотечное сопряжение мельницы и классификатора невозможно, то обеспечивают подъем слива мельницы в классификатор при помощи насоса или элеватора. В редких случаях для транспортировки песков классификатора используют винтовые конвейеры (шнеки).

9.5.26 Для улавливания мелких шаров и скрапа на разгрузочной цапфе мельницы устанавливают барабанные грохота (бутары) с отверстиями около 10 мм.

9.5.27 Размещение оборудования в плане должно допускать удобную установку опробователей и контрольно-измерительной аппаратуры. Длина конвейера, подающего руду в мельницу, должна быть достаточной для правильной установки автоматических весов (6-7 м от оси ведомого барабана до весов).

9.5.28 Предусмотреть установку следующего основного кранового оборудования согласно норм ВНТП-21-86 [10] (таблица 20).

Таблица 9.18 – Грузоподъемность кранов отделений измельчения

Наименование оборудования	Грузоподъемность, т		
	агрегатный	машиносменный	
		при ремонте на месте установки	при ремонте на стенде и разгрузке мелющих тел на месте установки
Мельницы шаровые и стержневые диаметром барабана, мм			
2100	5,0	32	50
2700	10	50	80
3200	20	100	160
3600	20	160	250
4000	32	200	320
4500	32	200	2x250
5500	100	2x320	-
Мельницы самоизмельчения с диаметром барабана, мм: 7000	50	320	-
9000	100	-	-

9.5.29 Заправку емкостей маслопомещений чистым маслом и откачку отработанного масла при наличии склада нефтепродуктов на территории ГМЗ проектировать по трубопроводам, а при отсутствии склада - автозаправщиками.

9.5.30 При проектировании маслопомещений руководствоваться СНиП 2.11.03-93.

9.5.31 При проектировании маслоподвалов руководствоваться СНиП II-91-77, СНиП II-2-80.

9.5.32 Маслоподвалы должны быть оборудованы грузоподъемными средствами соответствующего исполнения.

9.5.33 Уборка помещений маслоподвала сухая с применением опилок.

9.5.34 Аварийное опорожнение баков с маслами осуществлять основными насосами в автоцистерну.

9.5.35 Противопожарные мероприятия включают размещение передвижных пенных огнетушителей с автоматическими установками пожарной сигнализации.

9.5.36 Станции жидкой циркуляционной смазки располагать на возможно близком расстоянии от смазываемого оборудования из расчета, чтобы количество масел, находящееся в трубопроводах, при работе не превышало 50% емкости маслостанции.

9.5.37 Диаметр трубопровода для систем густой смазки определять по таблице 9.19.

Таблица 9.19

Развиваемое в системе давление, МПа	Диаметр трубы, мм					
	18	22	28	34	48	60
	Длина трубопровода, м					
до 10	15	20	35	60	100	150
15	20	30	50	90	150	200

9.5.38 Характеристика автоматических станций - по таблице 9.20

Таблица 9.20

Пропускная способность станции, л/мин	0,075	0,15	0,6
Количество точек смазки	25-100	250-450	500-700

9.5.39 Площадь поперечного сечения металлического параболического бункера определяется по уравнению провисшей цепи по формуле

$$F = 5 / 4 * H * B / 2, \quad (9.21)$$

где F – площадь, м²;

H – высота провисшего бункера, м;

B – ширина бункера в зоне загрузки, м.

9.5.40 Годовая потребность в мелющих телах и их сортамент определяются технологическим регламентом на проектирование.

9.5.41 Базисный склад мелющих тел проектировать непосредственно на промышленной площадке фабрики.

Емкость склада должна обеспечивать 45-дневный запас измельчающих тел для фабрик, расположенных в районах с умеренным климатом, надежными транспортными связями, обеспечивающими равномерную круглогодичную поставку мелющих тел.

Для отдаленных районов с сезонными транспортными связями емкость базисного склада должна быть увеличена, особо обоснована в проекте и должна быть не менее потребности фабрики на весь период прекращения транспортных связей.

9.5.42 Склад мелющих тел емкостью до 1000 т необходимо располагают непосредственно в корпусе измельчения, склады большой емкости располагать вне корпуса измельчения в непосредственной близости с самостоятельными надежными транспортными связями.

9.5.43 Склады мелющих тел для районов с теплым и умеренным климатом предусматривать открытыми.

9.5.44 Для районов Крайнего Севера и приравненных к ним отдельно стоящие склады мелющих тел принимать закрытого типа неотапливаемыми.

9.5.45 При проектировании отдельно стоящих складов мелющих тел в районах со специфическими климатическими условиями в корпусе измельчения предусматривать аварийные расходные склады емкостью не менее 20-суточной потребности фабрики.

9.5.46 Все склады мелющих тел независимо от места их расположения должны быть оборудованы магнитными кранами.

9.5.47 В складах предусматривать раздельное хранение шаров по крупности.

9.5.48 Принимать среднюю насыпную плотность измельчающих тел – 4,6 т / м³ для шаров и 6,6 т / м³ для стержней.

9.5.49 Определенную проблему представляет собой решение вопроса вывода металлического скрапа в виде фрагментов изношенных и разрушенных мелющих тел из разгрузки мельниц.

9.5.50 Присутствие в циркулирующей нагрузке мельниц полусамои измельчения и шаровых мельниц I стадии металлического скрапа на уровне 8 % приводит к повышенному износу рабочих органов сопрягаемого с мельницей оборудования, снижению производительности мельниц и повышенному расходу мелющих тел.

9.5.51 Эффективным способом удаления металлического скрапа из разгрузки этих мельниц является применение мощных постоянных магнитов на основе редкоземельных металлов в магнитных улавливателях, устанавливаемых на классифицирующем устройстве (барабанном грохоте) разгрузочной горловины мельниц.

9.5.52 Выделение металлического скрапа из разгрузки мельниц II стадии достаточно эффективно осуществляется на классифицирующем устройстве (барабанном грохоте), установленном на разгрузочной горловине мельниц.

9.5.53 Выбор типоразмеров и количество мельниц принимается в соответствии с Технологическим регламентом, содержащим схему и материальный баланс цикла измельчения и исходные данные об удельной производительности по вновь образованному расчетному классу в тоннах за 1 час на единицу объема мельниц каждой стадии.

9.5.54 В этом случае объем мельниц каждой стадии при двухстадиальном измельчении определяется из уравнения необходимого прироста расчетного класса в рассматриваемом процессе на каждой стадии.

$$Q * (\beta_2 - \alpha) = K_1 * V_1 * q_1 * (\beta_1 - \alpha) + K_2 * V_2 * q_2 * (\beta_2 - \beta_1), \quad (9.22)$$

где Q – производительность цикла измельчения по исходной руде, т/час;

K – коэффициент использования оборудования (отношение машинного времени к календарному) на соответствующей стадии, дол. ед.;

V – объем мельниц каждой стадии, м³;

q – удельная производительность по вновь образованному расчетному классу на каждой стадии, т / (м³ * час)

α – содержание расчетного класса в исходной руде, д. ед.;

β – содержание расчетного класса в продукте каждой стадии измельчения, дол. ед.

9.5.55 Так как, в основном, схемы измельчения предусматривают блоковую работу мельниц первой и второй стадии с режимом одновременной работы, уравнение примет вид:

$$Q * (\beta_2 - \alpha) = K_{\text{мин.}} * [V_1 * q_1 * (\beta_1 - \alpha) + V_2 * q_2 * (\beta_2 - \beta_1)], \quad (9.23)$$

где: $K_{\text{мин.}}$ - коэффициент использования мельницы (отношение машинного времени к календарному), имеющей минимальное машинное время, дол. ед.

9.5.56 Машинное время мельниц следует принимать по таблице 9.22.

Таблица 9.22

Схема измельчения (количество стадий)	Стержневые и шаровые мельницы			Мельницы ММС и мельница мокрого полусамозмельчения	
	Диаметр мельницы, мм				
	до 3200	3600-4500	5000-6000	7000	9000
	Машинное время, часов в год				
Одна	8139	8053	7968	6854	5426
Две	7711	7539	7454		

9.5.57 Обычно в качестве расчетного класса принимается класс минус 0,074 мм.

Содержание класса минус 0,074 в руде средней твердости и дополнительно класса минус 0,044 мм в продуктах ее измельчения различной крупности приведено в таблице 9.23.

Таблица 9.23

Номинальная крупность исходной руды, мм	40	30	25	20	15	10	5	3
Содержание класса минус 0,074 мм	3	4	5	6	8	10	20	23
Крупность продукта измельчения, мм	1,0	0,4	0,3	0,2	0,15	0,10	0,074	0,044
Содержание класса минус 0,074 мм	30	40	48	60	72	85	95	100
Содержание класса минус 0,044 мм		25	30	45	55	70	85	95
Шкала Тейлора, меш*	16	35	48	70	100	150	200	325

* (от англ. *mesh* — петля, ячейка сети, отверстие сита) — внесистемная единица измерения размеров ячеек проволочных сеток (сит), а также размера частиц сыпучих тел. Меш указывает на количество отверстий сетки на 1 линейный дюйм (25,4 мм).

9.5.58 При расчете фактического размера отверстий необходимо учитывать диаметр (или калибр) проволоки. Для частиц меш обозначает, то что они проходят через сито с соответствующим размером отверстий.

9.6 Классификация

9.6.1 В разделе рассматриваются процессы и аппараты технологического процесса разделения по крупности мелкого материала в виде пульпы.

9.6.2 В качестве оборудования для разделения по крупности следует применять спиральные классификаторы, гидроциклоны и грохоты.

9.6.3 Спиральные классификаторы и гидроциклоны также могут использоваться в операциях обезвоживания и дешламации разбавленных пульп.

9.6.4 Спиральные классификаторы на ГМЗ следует применять:

- для классификации рудных пульп в замкнутых схемах одностадийного измельчения и в 1-й стадии двухстадийных схем;
- в совмещенных операциях обезвоживания и классификации в открытом цикле мелкокусковых и зернистых продуктов, полученных в процессе дробления, промывки руды и др.;
- для выделения и противоточной отмывки обедненной крупной фракции из продукта выщелачивания в «песковой» схеме.

9.6.5 При выборе классифицирующего оборудования необходимо учитывать, как положительные факторы от применения спиральных классификаторов по сравнению с гидроциклонами (стабильность работы, обеспечение необходимых параметров процесса, энергоэффективность, простоту обслуживания), так и существенные недостатки: большие габариты, сложность конструкции и высокую стоимость.

9.6.6 Технические параметры спиральных механических классификаторов с металлическим корытом следует принимать по ГОСТ 28121-89 и каталогам заводов-изготовителей.

9.6.7 Устанавливаются следующие типы классификаторов:

- классификатор с погруженной спиралью для выдачи в слив материала номинальной крупностью от 0,074 до 0,3 мм;
- классификатор с непогруженной спиралью для выдачи в слив материала номинальной крупностью от 0,15 до 0,83 мм

9.6.8 Типы классификаторов следует принимать с учетом результатов полупромышленных испытаний и практики их применения на аналогичных предприятиях.

9.6.9 При установке в замкнутых циклах измельчения тип спирального классификатора следует выбирать в зависимости от требуемой крупности слива.

9.6.10 При выборе типоразмера классификатора для работы в замкнутом цикле с мельницей мокрого самоизмельчения предусмотреть возможность их самотечного сопряжения по пескам.

9.6.11 Гидроциклоны следует применять в операциях:

- предварительной и поверочной классификации;
 - во второй стадии измельчения, а также в циклах доизмельчения;
 - контрольной классификации в одностадиальных схемах и в любой стадии двухстадиальных схем измельчения, а также в циклах доизмельчения
- для разделения пульпы на песковую и шламовую фракции;
 - в операции обесшламливания;
 - для отмывки от реагентов.

9.6.12 Технические параметры на гидроциклоны следует принимать по ГОСТ 10718-81 и каталогам заводов-изготовителей.

9.6.13 Параллельно работающие гидроциклоны присоединяются к насосу через трубу-коллектор двумя способами. При горизонтальном коллекторе ряд гидроциклонов образует так называемую елочку. В случае вертикального коллектора гидроциклоны размещаются вокруг него звездой. Линейное размещение применяют при числе рабочих гидроциклонов не более четырех на один насос, радиальное размещение – при большем числе установленных в батарее гидроциклонов (до 16 единиц). Линейная компоновка целесообразна в циклах рудного измельчения с применением гидроциклонов диаметром более 500 мм.

9.6.14 Важным и обязательным условием работы гидроциклонов в любых операциях классификации является постоянство их питания по объему.

9.6.15 Колебания в питании обусловлены либо непостоянством производительности мельницы по руде, либо несоответствием объема пульпы и производительности насоса.

9.6.16 В первом случае происходит плавное изменение объема питания, вызывающее плавное изменение давления на входе в гидроциклон. Такие колебания сравнительно мало отражаются на качестве классификации, если обеспечено поддержание постоянного уровня пульпы в зумпфе насоса. (Последнее возможно посредством применения насосов с регулируемым числом оборотов рабочего колеса и элементарной системой его автоматического регулирования в зависимости от уровня пульпы).

9.6.17 Во втором случае происходят резкие изменения давления пульпы на входе в гидроциклон от максимального до нуля, что периодически приводит к полному нарушению процесса классификации. Наиболее надежным способом поддержания постоянства питания является возвращение части слива в зумпф насоса с автоматическим регулированием постоянства уровня пульпы в нем. Этот способ пригоден и в первом случае.

9.6.18 Для обеспечения устойчивой работы гидроциклона необходимо также предусматривать установку гидрозатвора на сливном трубопроводе примерно на уровне песковой насадки.

9.6.19 Рабочие поверхности цилиндрических и конусных частей гидроциклонов должна изготавливаться из каменного литья или самосвязанного карбида кремния с сопротивлением истиранию не более $0,8 \text{ г/см}^2$, или других материалов – резины, полиуретана и металла, не уступающих по износостойкости указанным.

9.6.20 В отделениях измельчения при машинно-сменном способе ремонта необходимо предусматривать резервный классификатор на специальном стенде ремонтно-монтажной площадки отделения измельчения.

9.6.21 При узловом способе ремонта и наличии соответствующих требований необходимо предусматривать на стенде по одному комплекту запасных частей на каждый тип классификатора.

9.6.22 Предусматривать 100 % резерв гидроциклонов на месте эксплуатации таким образом, чтобы они могли быть немедленно задействовано при остановке рабочего оборудования на ремонт (замену). Переключение с рабочего оборудования на резервное должно быть по возможности автоматизировано.

9.6.23 Формула для расчета классификаторов с непогруженной спиралью, т/час

$$Q = 4,55 * m * k_{\beta} * k_{\delta} * k_c * k_{\alpha} * D^{1,765}, \quad (9.24)$$

где Q – производительность по твердому материалу в сливе, т/час;

m – число спиралей классификатора;

k_{β} – поправочный коэффициент на крупность слива по табл. 26

k_{δ} – поправочный коэффициент на плотность классифицируемого материала $\delta \text{ т/м}^3$, равный отношению δ (в пределах от 2,2 до 5,0 т/м³) к 2,7;

k_c – поправочный коэффициент на заданную плотность слива классификатора по табл.

27

k_{α} – поправочный коэффициент на угол наклона днища классификатора по таблице

11.24

D – диаметр спирали классификатора, м

Таблица 9.24 – Поправочный коэффициент на крупность слива

Номинальная крупность слива, мм		1,17	0,83	0,59	0,42	0,30	0,21	0,15	0,10	0,074
Содержание в сливе класса, %	- 0,074 мм	17	23	31	41	53	65	78	88	95
	- 0,044 мм	11	15	20	27	36	45	50	72	83
Базисное разжижение слива, R _{2,7}	Ж : Т по массе	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,33	4,0	4,5	5,7
	твёрдого, %	43	40	38	36	33	30	20	18	16,5
Коэффициент k _β		2,50	2,37	2,19	1,96	1,70	1,41	1,0	0,67	0,46

Таблица 9.25 – Поправочный коэффициент на заданную плотность слива

Плотность руды δ, т/м ³	Отношение R _т / R _{2,7}					
	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5
2,7	0,60	0,73	0,86	1,00	1,13	1,33
3,0	0,63	0,77	0,93	1,07	1,23	1,44
3,3	0,66	0,82	0,98	1,15	1,31	1,55
3,5	0,68	0,85	1,02	1,20	1,37	1,63
4,0	0,73	0,92	1,12	1,32	1,52	1,81
4,5	0,78	1,00	1,22	1,45	1,66	1,99

где R_т – необходимое отношение Ж : Т по массе в сливе классификатора

R_{2,7} – базисное отношение Ж : Т по таблице

Таблица 9.26 – Поправочный коэффициент на угол наклона днища

α, град.	14	15	16	17	18	19	20
K _α	1,12	1,10	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94

Таблица 9.27 – Справочные величины для стандартных классификаторов

D, мм	0,3	0,5	0,75	1,0	1,2	1,5	2,0	2,4	3,0
D ^{1,765}	0,12	0,27	0,60	1,00	1,38	2,04	3,40	4,70	6,97
D ³	0,027	0,111	0,422	1,00	1,73	3,38	8,00	13,62	27,0
F, м ²	0,4	1,0	2,1	3,5	4,8	7,1	12,1	17,0	25,6

где F – площадь зеркала пульпы односпирального классификатора с углом наклона 18 град., м²

9.6.24 Формула для расчета классификаторов с погруженной спиралью, т/час

$$Q = 0,04 * m * k_{\beta} * k_{\delta} * (50 * D^2 + 50 * D - 18), \quad (9.25)$$

где Q – производительность по твёрдому материалу в сливе, т/час;

m – число спиралей классификатора;

k_β – поправочный коэффициент, учитывающий содержание в сливе класса минус 0,044 мм;

k_δ – поправочный коэффициент на плотность классифицируемого материала δ т/м³;

D – диаметр спиралей, м

9.6.25 Коэффициент k_β рассчитывается по формуле

$$0,054 * (101,8 - \beta_{44}) \quad (9.26)$$

где β_{44} – содержание в сливе класса минус 0,044 мм

9.6.26 Коэффициент k_{δ} вычисляют по формуле

$$k_{\delta} = 1 + 0,5(\delta - 2,7)$$

9.6.27 Производительность всех спиральных классификаторов по пескам Q , т/час, вычисляют по формуле

$$Q = 5,45m \cdot D^3 \cdot n(\delta/2,7)k_{\alpha}, \quad (9.27)$$

где n – частота вращения спирали, мин.⁻¹

остальные обозначения имеют прежние значения.

9.6.28 Объемная производительность классификатора по сливу заданной крупности

$$Q = 7920 * B * H^{3/2}, \text{ м}^3/\text{час} \quad (9.28)$$

где B – ширина корыта классификатора, м;

H – напор сливного порога (0,025-0,040 м).

9.6.29 Скорость слабо стесненного падения частиц граничной крупности, которая равна скорости восходящего потока в корыте классификатора

$$V_{ст} = Q / (3,6 * B * b), \text{ мм / сек.} \quad (9.28)$$

где: b – база классификатора (расстояние по горизонтали от точки ввода питания в корыто классификатора до верхнего уровня сливного порога), м

9.6.30 Скорость стесненного падения мм / сек, вычисляют по формуле

$$V_{ст} = V_{св} (1 - T_c / T_{пр}), \quad (9.29)$$

где $V_{св}$ – скорость свободного падения частиц граничной (заданной) крупности слива, мм / сек;

T_c - заданное содержание твердого в сливе, %;

$T_{пр}$ – предельное содержание твердого, при котором скорость падения твердых частиц равна нулю, %

При этом $T_{пр} = 100 * \delta / ((\delta - 1) + 6 / \pi)$, %

9.6.31 Скорость свободного падения можно определить по формулам:

Для частиц размером от 0 до 0,12 мм

$$5450 d^2 * (\delta - 1), \text{ мм /сек.}$$

Для частиц размером от 0,12 до 0,42 мм

$$506 d^{3/2} * (\delta - 1)^{5/6}, \text{ мм /сек.}$$

где: d – диаметр частиц, см

9.6.32 Скорость свободного падения частиц по опытным данным для кварца с удельной плотностью 2,65 г/см³ (близкая к урановой руде) приведена в таблице 9.28.

Таблица 9.28 – Скорость свободного падения частиц кварца

d, мм	0,91	0,63	0,41	0,23	0,18	0,12	0,091	0,063	0,038	0,021	0,013	0,006
V _{св} , мм/с	84	68	41	29	21	12	6,0	2,5	1,1	0,31	0,13	0,09

9.6.33 Ширина корыта $B = m \cdot D + 0,2$

База классификатора $b \leq h / \sin \alpha$, м

где h – полная высота сливного порога от днища корыта, м;

α – угол наклона днища, град.

Для классификаторов с непогруженной спиралью

$$h = 0,8 \cdot D + 0,1$$

Для классификаторов с погруженной спиралью

$$h = 1,45 \cdot D$$

9.6.34 Если величина b , включенная в формулу скорости стесненного падения, получается больше, чем при расчете базы классификатора, то необходима установка классификатора большего типоразмера или большего количества классификаторов.

9.6.35 Выход слива и песков рассчитывается по формулам

$$Y_c = E_{74} * \alpha_{74} * (100 - \alpha_{74}) / 100 * (\beta_{74} - \alpha_{74})$$

$$Y_{п} = E_{74} * \alpha_{74} * (100 - \alpha_{74}) / 100 * (\alpha_{74} - \vartheta_{74})$$

где: Y_c и $Y_{п}$ – выход слива и песков по твердому от исходного питания операции классификации, %;

E_{74} – эффективность классификации по классу минус 0,074 мм (50-60 %)

α_{74} , β_{74} , ϑ_{74} – содержание класса минус 0,074 мм в исходном питании, сливе и песках соответственно, %

9.6.36 Уравнения баланса при классификации:

$$100\alpha = Y_c\beta + Y_{п}\vartheta$$

$$100R_{и} = Y_cR_c + Y_{п}R_{п}$$

где: α , β , ϑ – содержание любого расчетного класса в исходном питании, сливе и песках соответственно, %

$R_{и}$, R_c и $R_{п}$ – отношение Ж:Т в исходном питании

9.6.37 Для предварительного выбора гидроциклонов использовать таблицу 9.29.

Таблица 9.29 – Характеристики промышленных гидроциклонов

Тип гидроциклона	Диаметр гидроциклона, мм	Эквивалентный диаметр питающего отверстия, мм	Диаметр сливного отверстия, мм	Угол конусности, град	Производительность при $p_0 = 0,1$ МПа, м ³ /час	Номинальная крупность слива, мкм
ГЦ-25	25	5	7	10	0,76	
ГЦ-50	50	12	13	10	2,67	15
ГЦ-75	75	17	22	10	5,9	10-20

ГЦ-150	150	38	50	20	23	20-50
ГЦ-250	250	65	80	20	55	30-100
ГЦ_360	360	90	115	20	102	40-150
ГЦ-500	500	130	150	20	181	50-200
ГЦ-710	710	150	200	20	265	60-250
ГЦ-1000	1000	219	250	20	444	70-280
ГЦ-1400	1400	300	380	20	933	80-300
ГЦ-2000	2000	400	500	20	1488	90-330

9.6.38 Объемную производительность гидроциклонов по исходной пульпе Q_0 , м³/час, вычисляют по формуле

$$Q_0 = 0,93K_D K_\alpha d_3 d_c \sqrt{(10p_0)}, \quad (9.30)$$

где K_D – коэффициент, учитывающий диаметр гидроциклона;

K_α – коэффициент, учитывающий угол конусности гидроциклона;

d_3 – эквивалентный диаметр питающего отверстия, см;

d_c – диаметр сливного отверстия, см;

p_0 – рабочее давление пульпы на входе в гидроциклон,

Коэффициент K_D принимают по таблице 9.30.

Таблица 9.30

Диаметр г/ц, мм	50	75	150	250	300	500	710	1000	1400	2000
K_D	1,60	1,48	1,28	1,15	1,06	1,00	0,95	0,91	0,88	0,8

Коэффициент K_α принимают по таблице 11.31.

Таблица 9.31

Угол конусности, град.	10	20	30	40	50	60	90
K_α	1,15	1,00	0,93	0,90	0,88	0,86	0,83

9.6.39 Для гидроциклонов большого диаметра необходимо учитывать их высоту:

$$p_0 = p + 0,01H_\Gamma \delta \quad (9.31)$$

где p – давление, развиваемое насосом на входе в гидроциклон, МПа;

H_Γ – высота гидроциклона, м;

δ – плотность исходной пульпы, т/м³

9.6.40 Высоту гидроциклона определять по таблице 9.32.

Таблица 9.32

Диаметр гидроциклона, мм	710	1000	1400	2000
H_Γ	3,5	4,5	6,0	8,0

9.6.41 Номинальная крупность слива гидроциклона

$$d_{95} = 1,5 \sqrt{[D d_c T_H / (d_\Gamma K_D \sqrt{p_0} (\delta - 1))]} \quad (9.32)$$

где D – диаметр гидроциклона, см;

d_c – диаметр сливного отверстия, см;

T_n – содержание твердого в исходной пульпы, %;

d_n – диаметр пескового отверстия, см;

K_D – коэффициент, учитывающий диаметр гидроциклона;

p_0 – рабочее давление, МПа;

δ – плотность твердого, г/см³.

9.6.42 Содержание твердого в сливе зависит от требуемой крупности слива и может быть определено по формуле

$$T_c = (52 - 0,38 * \beta_{74}) * [1 + 0,5(\delta - 2,7)], \% \quad (9.33)$$

где: β_{74} – заданное содержание класса минус 0,074 мм в сливе, %.

9.6.43 Минимальный диаметр пескового отверстия:

$$d_n = d_c [V_n / (4,4 * V_c)]^{1/3} \quad (9.34)$$

где: V_n и V_c - объем песков и слива соответственно, м³/час

9.6.44 Выход слива по твердому от питания операции:

$$Q_c = 100 / (100 + C), \text{ дол. ед.} \quad (9.35)$$

где: C – заданная циркулирующая нагрузка, %

9.6.45 Содержание твердого в песках гидроциклона ориентировочно принимается по таблице 9.33.

Таблица 9.33

Содержание класса минус 0,074 мм в сливе, %	95-100	90-95	85-90	80-85	70-80	60-70	50-60
Содержание твердого в песках, %	65	67	70	70	72	75	80

9.6.46 При работе гидроциклона в открытом цикле (классификации для разделения на песковую и шламовую фракции, дешламации и др.) расчет следует вести по классам минус 0,044 или 0,020 мм, которые распределяются по продуктам гидроциклонирования также, как вода

$$R_c = R_n * \beta_c / \beta_n \quad (9.36)$$

где R_c – отношение Ж : Т в сливе, дол.ед.;

R_n – отношение Ж : Т в исходном питании, дол.ед.

β_c – содержание расчетного класса в сливе, %

β_n – содержание расчетного класса в исходном питании, %

В этом случае содержание твердого в сливе

$$T_c = R_c / (R_c + 1), \%$$

9.6.47 Выход слива по твердому Q , %, вычисляются по формуле

$$Q = 100(\beta_n R_c - \beta_c R_n) / \beta_c (R_c - R_n), \quad (9.37)$$

где R_n – отношение Ж : Т в песках, дол.ед.

9.7 Сгущение пульпы

9.7.1 В схемах подготовки руды к гидрометаллургической переработке после операций мокрого измельчения руды до необходимой крупности с получением разбавленной пульпы предусматривают операцию ее сгущения. до требуемой плотности пульпы в соответствии с технологическим режимом последующей переработки сгущенного продукта.

9.7.2 Выделение слива также обеспечивает при его использовании организацию внутриводского водооборота.

9.7.3 Сгущение необходимо для обезвоживания различных промежуточных продуктов и перед фильтрованием концентратов.

9.7.4 Возможно использование процесса сгущения хвостовой пульпы перед ее сбросом на хвостохранилище или последующей фильтрации и сухом складировании кека.

Также процесс обезвоживания пульпы используется при подготовке к сорбции из растворов. Для этого предусматривается многостадийная фильтрация или противоточная декантация в сгустителях с получением продуктивного раствора и сбросной пульпы.

9.7.5 Для проектирования операции сгущения необходимы следующие исходные данные: наибольший размер зерна в сливе, распределение и состав продуктов гидроциклонирования при двухстадийном процессе сгущения, зависимости удельной нагрузки сгущения и плотности сгущенного продукта от расхода рекомендуемого флокулянта, температура поступающей пульпы, тип рекомендуемого оборудования

9.7.6 Для разгрузки сгустителей использовать центробежные насосы при регулировании плотности откачиваемого сгущенного продукта.

При открытом расположении радиальные сгустители размещать в непосредственной близости к отделению измельчения.

9.7.7 Наибольшее распространение для разделения суспензий на две составляющие (осадок и верхний слой) при сгущении тонкоизмельченных продуктов получили радиальные сгустители, позволяющие, кроме своей основной функции, использовать их в качестве буферных емкостей и усреднителей состава сгущаемых продуктов.

9.7.8 Механизмы, разгружающие осадок, имеют вид гребков, установленных на ферме, которая интенсивно перемещается и опирается одним концом на центральную колонну, другим концом – на рельс, размещенный по окружности сгустителя. По заказу потребителя сгустители изготавливаются как с чаном (в обычном и кислотостойком исполнении) так и без него.

9.7.9 Глубина чана для каждого типоразмера двух исполнений. Сгуститель может быть выполнен с гидростатическим подшипником скольжения или с упорным шарикоподшипником. Перемещение фермы происходит посредством периферического и центрального привода с окружной скоростью от 0,1 метра в секунду. Если в сгустителе

обрабатываются тонкие шламы, скорость снижается до 0,05. Грубозернистым пульпам для переработки необходима скорость 0,2-0,5 метра в секунду и выше.

9.7.10 Возможны два метода расчета радиальных сгустителей:

- по удельной производительности;

- по скорости свободного падения наиболее крупных частиц твердого в сливе.

9.7.11 По первому методу удельная производительность по твердому в исходном питании или по объему слива принимается по экспериментальным или промышленным данным.

9.7.12 Массовую производительность сгустителя по твердому в исходном питании Q , т/сутки, вычисляют по формуле

$$Q = 0,785 D^2 \cdot q \cdot K_f, \quad (9.38)$$

где D – диаметр сгустителя, м;

q – массовая удельная производительность сгустителя по твердому в исходном питании, т / (м² . сутки);

K_f – коэффициент, учитывающий эффективно используемую площадь сгустителя по таблице 9.34.

Таблица 9.34

Диаметр сгустителя, м	4-6	9-15	18-30	50-100
Коэффициент K_f	0,5	0,6	0,7	0,8

9.7.13 При сгущении диспергированных разбавленных пульп, характеризующихся отсутствием ясной линии раздела между слоем осветленной воды и слоем сгущаемой пульпы, сгуститель рассчитывается как классифицирующий аппарат по скорости свободного падения максимальных зерен, уходящих в слив. Для рудных продуктов допускается, чтобы в слив терялись зерна не крупнее 3-5 мкм.

9.7.14 Удельная площадь осаждения сгустителя на 1 т часовой производительности по твердому рассчитывается по формуле:

$$f = (R_{и} - R_{ст}) / \vartheta, \text{ м}^2 / \text{т} / \text{час} \quad (9.39)$$

где: $R_{и}$ – весовые отношения Ж : Т в исходном продукте;

$R_{ст}$ – весовые отношения Ж : Т в сгущенном продукте;

ϑ – скорость свободного осаждения в воде наиболее крупных зерен (не более 0,12 мм), уходящих в слив, м/час, вычисляют по формуле

$$\vartheta = 150 * d^2 * (\delta - 1), \quad (9.40)$$

где d – диаметр частиц, м;

δ – плотность материала, т/ м³.

9.7.15 Массовую производительность сгустителя по твердому Q , т/час, вычисляют по формуле

$$Q = 0,785D^2 K_f / f, \quad (9.41)$$

9.7.16 Применение пластинчатых сгустителей предпочтительно в случае:

- осветления разбавленных пульп и «шламовых» растворов;
- обработки легко осаждаемых пульп;
- невозможности установки радиальных сгустителей большого диаметра на открытой площадке;
- недостаток производственных площадей для размещения радиальных сгустителей в здании.

9.7.17 Рабочие поверхности (пластины) могут быть изготовлены из стеклопластика или алюминиевого сплава.

9.7.18 Основным преимуществом пластинчатых сгустителей перед радиальными является большая эффективная площадь осаждения и высокая удельная производительность на 1 м² площади зеркала.

9.7.19 Размер пластинчатого сгустителя выбирается по требуемой площади или удельной производительности на 1 м² этой площади. В расчетах используется площадь зеркала или эффективная площадь осаждения (суммарная площадь проекций поверхности всех наклонных пластин сгустителя на горизонтальную плоскость).

9.7.20 Эффективную площадь осаждения сгустителя $F_{эф}$, м², вычисляют по формуле

$$F_{эф} = B \cdot L \cdot m \cdot \cos \alpha, \quad (9.42)$$

где B – ширина пластины, м;

L – длина пластины, м;

m – число пластин в сгустителе, шт.;

α – угол наклона пластин к горизонтали, град.

9.7.21 Производительность пластинчатого сгустителя:

- по твердому в питании $Q_t = q_t \cdot F$, т / сутки

- по исходной пульпе $V_c = q_c \cdot F$, м³ / сутки

где q_t – массовая удельная производительность по твердому, т / (м². сутки);

q_c – объемная удельная производительность по исходной пульпе, м³ / (м². сутки);

F – площадь зеркала или эффективная площадь осаждения (в зависимости от вида q), м²

9.7.22 Расчет по эффективной площади осаждения

Удельная площадь осаждения сгустителя на 1 т часовой производительности по твердому $f_{эф}$, т / час, вычисляют по формуле

$$f_{\text{эф}} = (R_{\text{и}} - R_{\text{ст}}) / \vartheta , \quad (9.43)$$

где: $R_{\text{и}}$ – весовое отношение Ж : Т в исходном продукте;

$R_{\text{ст}}$ – весовое отношение Ж : Т в сгущенном продукте;

ϑ – скорость свободного осаждения в воде наиболее крупных зерен (не более 0,12 мм), уходящих в слив, ϑ , м/час вычисляют по формуле

$$\vartheta = 150d^2 (\delta - 1), \quad (9.44)$$

где d – диаметр частиц, м;

δ – плотность материала, т/м³.

9.7.23 Массовую производительность сгустителя по твердому $Q_{\text{т}}$, т / час, вычисляют по формуле

$$Q_{\text{т}} = F_{\text{эф}} / f_{\text{эф}} , \quad (9.45)$$

10 Гидрометаллургические процессы

10.1 Общие положения

10.1.1 Разработка технологических решений гидрометаллургических процессов должна выполняться на основе технологического регламента с учетом вещественного состава продукта рудоподготовки, его количества, срока эксплуатации и месторасположения предприятия, применения высокопроизводительного отечественного технологического оборудования и результатов технико-экономического сравнения различных вариантов (если это было предусмотрено заданием на проектирование).

10.1.2 В зависимости от вещественного состава (наличия карбонатов, сульфидов, фосфатов, окислов железа, органических веществ), удельной плотности и абразивности твердого, формы минерализации основного и сопутствующих компонентов, определяющих виды и расход реагентов и физические параметры процесса, должен производиться выбор технологической схемы гидрометаллургической переработки.

10.1.3 Истинную плотность руды следует учитывать при:

- определении плотности пульпы и нагрузок на строительные конструкции от заполненных пульпой технологических аппаратов и трубопроводов;
- расчете требуемой вместимости аппаратов (флотационных машин, пачуков, контактных чанов, и др.), зависящей от объемного расхода и времени пребывания пульпы в их рабочем пространстве;
- расчете пропускной способности аппаратов (классификаторов, сгустителей и т.п.), зависящей от скорости осаждения твердых частиц в воде;
- расчете технологических трубопроводов.

10.1.4 Крепость руды совместно с ее абразивностью следует учитывать при:

- определении расхода сорбентов и сеток грохотов;
- выборе материалов и конструкций защиты технологических аппаратов и пульпопроводов от механического износа.

10.1.5 Для возврата в технологический процесс или перекачки в аварийные емкости пульпы, растворов, жидких реагентов из дренажных зумпфов (приямок) и поддонов, предназначенных для сбора всевозможных проливов и смывов, а также аварийного опорожнения технологических аппаратов и складских резервуаров, следует применять вертикальные (погружные) насосы.

10.2 Выщелачивание

10.2.1 Проектные решения отделений (установок) выщелачивания должны разрабатываться на основе рекомендуемых технологическим регламентом принципиальных схем и технологических режимов процесса выщелачивания, зависящих:

- от минералогического и химического составов руды или продуктов обогащения;
- количества и видов основных полезных компонентов;
- наличия и содержания сопутствующих компонентов, в том числе оказывающих отрицательное воздействие на технологический процесс;
- характера и размера вкрапленности минералов;
- требуемой крупности измельчения руды.

10.2.2 Проектные решения отделений (установок) выщелачивания должны разрабатываться на основе рекомендуемых технологическим регламентом исходных данных, включающих минералогический и химический состав руды или концентратов обогащения, плотность руды или концентратов обогащения, расход реагентов, вид окислителя, его расход и характеристика (наибольший размер зерна, массовое отношение твердого к жидкому для твердого окислителя, давление – для газообразного окислителя), технологический режим выщелачивания (массовое отношение твердого к жидкому, число стадий, температуру, давление, продолжительность процесса, избыточную кислотность или карбонатность жидкой фазы пульпы, окислительно-восстановительный потенциал), допустимое содержание сульфидной серы в руде или концентратах обогащения, рекомендации по утилизации тепла и энергии отработанного (из автоклавов) воздуха, рекомендации по утилизации остаточного тепла выщелоченной пульпы, рекомендации по выбору основного и вспомогательного оборудования и защите его от коррозии.

10.2.3 Все типы руд с низким содержанием карбонатов должны выщелачиваться кислотным методом в пачуках или автоклавах.

10.2.4 Средне- и высококарбонатные руды должны выщелачиваться карбонатным (содовым) методом, главным образом, по схемам автоклавного выщелачивания.

10.2.5 Для снижения расхода соды при автоклавном выщелачивании и предотвращения отравления сорбентов образующимися полиционатами карбонатные руды, содержащие сульфидные минералы, могут подвергаться предварительной флотации с целью снижения содержания в них сульфидной серы до 0,2-0,3 (0,5) %.

10.2.6 Руды, вскрываемые кислотным методом, следует подразделять на:

- легковскрываемые – остаточная кислотность до 10 г/л;
- средневскрываемые – остаточная кислотность до 20 г/л;
- трудновскрываемые – остаточная кислотность более 20 г/л.

10.2.7 Руды, подвергаемые карбонатному автоклавному выщелачиванию, следует подразделять на:

- трудновскрываемые – температура от 120 °С до 150 °С, давление от 1,2 до 1,5 МПа, расход соды до 50 кг/т руды;

- вскрываемые в «жестком» режиме – температура от 160 °С до 180 °С, давление от 1,8 до 2,0 МПа, расход соды до 75 кг/т руды.

10.2.8 В зависимости от абразивности и агрессивности обрабатываемой пульпы и температуры процесса предусматривается изготовление аппаратов из углеродистой и нержавеющей стали, а также защита их внутренних поверхностей футеровкой и гуммировкой.

10.2.9 Пачуки предназначены для осуществления непрерывного процесса выщелачивания содержащихся в рудной пульпе компонентов при атмосферном давлении и температуре до 90⁰ С. Он представляет собой цилиндр с коническим днищем и воздушным перемешиванием содержимого с помощью циркулятора или свободного эрлифта. Для достижения высокой эффективности процесса выщелачивания в пачуках необходимо обеспечить многократную циркуляцию пульпы в объеме одного аппарата.

10.2.10 Также для нейтрализации, корректировки рН, смешения и доукрепления по карбонатности пульп и для других аналогичных операций следует применять аппараты с пневматическим перемешиванием типа пачук, аналогичные аппаратам, используемым для выщелачивания.

10.2.11 Внутренний диаметр пачука, изготовленного из стальных листов или поковок, должен быть выбран из ряда по ГОСТ 9617-76.

10.2.12 Отношении высоты к диаметру должно быть не менее 4.

10.2.13 Рабочий объем одного пачука V , м³, вычисляют по формуле

$$V = Q \cdot t / N \cdot K_b, \quad (10.1)$$

где Q – поток пульпы, м³ / час;

t – заданная продолжительность операции, час;

N – количество последовательно работающих аппаратов, шт.

K_b – коэффициент аэрации, учитывающий насыщение воздуха в объеме пульпы, дол.ед.

10.2.14 По стандартному диаметру D (по ГОСТ 9931-85) с учетом уменьшения внутреннего сечения за счет возможной антикоррозионной защиты рабочую высоту аппарата H_p , м, вычисляют по формуле

$$H_p = V_p / 0,785 * D_b^2, \quad (10.2)$$

где D_b – внутренний диаметр, м

10.2.15 Количество последовательно установленных аппаратов для обеспечения величины вероятного проскока (уноса) частиц твердого в пределах 2,5 – 4,0 % должно быть равно 7-8 штук. При меньшем числе требуется увеличение рабочего объема каскада пачуков (и каждого соответственно) относительно расчетного для сохранения допустимых потерь полезных компонентов с непрореагирующими частицами твердой фазы пульпы.

10.2.16 Зависимость между вероятностью «проскока» в этом случае и принятым избыточным объемом каскада выщелачивания вычисляют по формуле

$$\Psi = 100 * (1 - e^{-V_3 / V_{п}})^N, \% \quad (10.3)$$

где Ψ – доля вынесенных частиц, %

V_3 – заданный объем аппаратов, м³

$V_{п}$ – принятый избыточный объем аппаратов, м³

N – число аппаратов в цепочке, шт.

10.2.17 Допустимые величины вероятного проскока в зависимости от количества аппаратов в цепочке и отношения заданного объема аппарата к принятому приведены в таблице 10.1.

Таблица 10.1

N, шт.	5				6				7				8			
$V_3 / V_{п}$	1,0	0,9	0,8	0,7	1,0	0,9	0,8	0,7	1,0	0,9	0,8	0,7	1,0	0,9	0,8	0,7
$\Psi, \%$			5,0	3,2		4,4	2,8	1,6	4,0	2,6	1,5	0,8	2,5	1,5	0,9	0,4

10.2.18 По выбранной величине рабочего объема пачука подбирается стандартный аппарат из рекомендуемой номенклатуры.

10.2.19 Коэффициент аэрации, учитывающий насыщение аппарата воздухом для интенсивного перемешивания, при вертикальной скорости воздуха 5-10 м/сек находится на уровне 0,95.

10.2.20 Удельный расход воздуха в пачуках зависит от плотности и вязкости пульпы, заданной кратности перемешивания и конструкции аппарата. Ориентировочный расход

воздуха на перемешивание из практики работы отечественных ГМЗ равен 1,5 м³ в час. на 1 м³ объема пачука.

10.2.21 Давление сжатого воздуха от компрессора перед входом в перемешивающее устройство пачука в зависимости от удельной плотности пульпы и высоты аппарата Р, МПа, вычисляют по формуле

$$P = 10^{-5} \rho_{п} H_p + P_{атм}, \quad (10.4)$$

где $\rho_{п}$ – плотность пульпы, кг / м³;

H_p – высота рабочей части пачука, м;

$P_{атм}$ – атмосферное давление на площадке ГМЗ, МПа

10.2.22 Для стабильной работы каскада пачуков выщелачивания необходимо предусматривать резервный аппарат и коллекторную систему потока пульпы, при которой возможен обвод неработающего пачука.

10.2.23 Пачуки устанавливаются в ряд на подземный ленточный фундамент, переходящий в выступающие выше уровня пола индивидуальные кольцевые фундаменты.

10.2.24 Для защиты от проливов пульпы полы и кольцевые фундаменты имеют антикоррозионное покрытие.

Проливы и продукты гидроуборки зоны выщелачивания собираются в поддон, вместимость которого превышает объем аппарата максимальной емкости. В поддоне размещаются необходимое количество дренажных зумпфов, из которых собранный продукт вертикальными насосами возвращается в процесс в зависимости от состава пульпы.

10.2.25 Опорожнение выводящегося на ремонт пачука предусматривается из конической части аппарата в коллектор, направляющий пульпу в дренажный зумпф.

10.2.26 Допускается выпуск содержимого пачука в поддон при слабоагрессивной пульпе с невысокой температурой.

10.2.27 Для обслуживания крышек пачуков и коллектора пульпы предусматриваются площадки, имеющие антикоррозионную защиту.

10.2.28 Над пачуками установлено грузоподъемное оборудование для ремонтных работ со съемом крышек аппаратов.

10.2.29 Автоклавы применяются для карбонатного и кислотного выщелачивания трудно вскрываемых руд при давлении до 2,0 МПа и температуре рабочей среды до 200° С.

10.2.30 При выборе типа автоклава следует учитывать, что автоклавы пневматические вертикальные, по сравнению с пневматическими вертикальными и механическими горизонтальными автоклавами более экономичны по стоимости, металлоемкости, расходу электроэнергии, затратам на эксплуатацию и ремонт.

10.2.31 Коэффициент использования пневматических автоклавов 0,9 по сравнению с механическими автоклавами на уровне 0,65.

10.2.32 Подача кислотного выщелачивающего реагента осуществляется непосредственно в первый в цепочке аппарат, что позволит использовать отечественные высоконапорные насосы из углеродистой стали для перекачивания исходной пульпы:

- для кислотных сред – непосредственно в аппарат;
- для карбонатных сред -

10.2.33 Для нагрева исходной пульпы перед выщелачиванием до заданной температуры и одновременного охлаждения выщелоченной пульпы следует применять противоточные теплообменники типа «труба в трубе». Теплообменник состоит из двух секций:

- в первой (теплообменнике-рекуператоре) – исходная пульпа нагревается пульпой после автоклава, которая при этом охлаждается;
- во второй (теплообменнике-нагревателе) – нагретая исходная пульпа подогревается глухим паром до температуры процесса выщелачивания перед поступлением в автоклав.

10.2.34 В условиях «зарастания» труб нагревание исходной пульпы производится острым паром непосредственно в автоклаве. Использование тепла выщелоченной пульпы может осуществляться либо за счет второй стадии выщелачивания при атмосферном давлении совместно с другой пульпой легкоокисляемой руды, либо путем самоиспарения с получением вторичного пара.

10.2.35 Во всех случаях выщелоченная пульпа из последнего по ходу процесса автоклава проходит дроссельное устройство для сброса высокого давления.

10.2.36 Рабочий объем автоклава V , м³, вычисляют по формуле

$$V = Q \cdot t / N \cdot K_B, \quad (10.5)$$

где Q – поток пульпы, м³ / час;

t – заданная продолжительность операции, час;

N – количество последовательно работающих аппаратов, шт.

K_B – коэффициент аэрации, учитывающий насыщение воздуха в объеме пульпы, дол.ед.

10.2.37 Из опыта работы автоклавных отделений отечественных ГМЗ количество последовательно установленных аппаратов для обеспечения допустимой величины вероятного проскока (уноса) частиц твердого должно быть равно не менее 4 штук при использовании вертикальных автоклавов и 2-4 штук для горизонтальных секционных автоклавов.

10.2.38 Дозирование кислотного выщелачивающего реагента осуществляется непосредственно в первый в цепочке аппарат, что позволит использовать отечественные высоконапорные насосы из углеродистой стали для перекачивания исходной пульпы.

10.2.39 При карбонатном выщелачивании предусматривается предварительное смешение исходной пульпы с реагентами перед подачей на выщелачивание.

10.2.40 Для выбранной величины рабочего объема подбирается стандартный аппарат из отечественной номенклатуры по ГОСТ 9931-85 или разрабатывается уникальная конструкция.

10.2.41 Коэффициент аэрации, учитывающий насыщение аппарата воздухом для интенсивного перемешивания находится на уровне 0,95.

10.2.42 Расход воздуха в автоклавах определяется параметрами технологического процесса и схемой обвязки каскада аппаратов. Кроме того, следует учитывать необходимый объем воздуха в случае использования содержащегося в нем кислорода в качестве окислителя процесса выщелачивания. Возможно донасыщение кислородом сжатого воздуха, подаваемого в автоклавы

10.2.43 Для снижения общего расхода воздуха на ГМЗ сдувка узла автоклавного выщелачивания должна быть использована для перемешивания пульпы в пачуках.

10.2.44 Давление сжатого воздуха от компрессора перед входом в перемешивающее устройство автоклава зависит от заданного давления внутри аппарата.

10.2.45 Для стабильной работы более одной цепочки из 4-х автоклавов необходимо предусматривать резервную цепочку аппаратов для регулярного вывода одной из цепочек на профилактический осмотр. При использовании более двух цепочек из 2-3 горизонтальных секционных автоклавов с механическим перемешиванием требуется установка резервного аппарата на каждую цепочку. Двухсекционные теплообменники «труба в трубе» устанавливаются с резервом 100 %. Подача пульпы в каждую цепочку автоклавов осуществляется двумя высоконапорными пульповыми насосами (1 – рабочий, 2 – резервный).

10.2.46 Автоклавное оборудование размещается в отдельном здании или изолированном помещении.

10.2.47 Для защиты от проливов пульпы полы и фундаменты имеют антикоррозионное покрытие. Проливы и продукты гидроборки зоны выщелачивания собираются в поддон, вместимость которого превышает объем аппарата максимальной емкости. В поддоне размещаются необходимое количество дренажных зумпфов, из которых собранный продукт вертикальными насосами возвращается в процесс в зависимости от состава пульпы.

10.2.48 Опорожнение выводящегося на профилактический осмотр автоклава после сброса давления и охлаждения предусматривается в коллектор, направляющий пульпу в дренажный зумпф.

10.2.49 Над автоклавами, теплообменниками и насосами установлено грузоподъемное оборудование для проведения ремонтных работ.

10.3 Контактные чаны

10.3.1 Контактные чаны с механическим перемешиванием применяются для выщелачивания полезных компонентов из рудных пульп при сравнительно небольших объемах переработки, а также для растворения реагентов, для проведения процессов осаждения химических соединений и перемешивания различных сред.

10.3.2 Необходимый рабочий объем контактного чана, V , м³, вычисляют по формуле

$$V_p = Q \cdot t / N, \quad (10.6)$$

где Q – объем обрабатываемого продукта, м³/час

t – продолжительность перемешивания, час

N – количество аппаратов, шт.

10.3.3 При выщелачивании количество аппаратов в цепочке принимать в количестве не менее 4.

10.3.4 По каталогам заводов-изготовителей контактных чанов принимается к установке аппарат с перемешивающим устройством с необходимой мощностью электродвигателя в зависимости от плотности обрабатываемого продукта и оптимальной конструкции аппарата (типа мешалки, отношения диаметров чана и мешалки и наличия внутренних устройств).

10.3.5 Мощность, потребляемой мешалкой контактного чана N , кВт, вычисляют по формуле

$$N = C d^5 (n/60)^3 \rho (H / D)^{0.5} K_d K_v / (1000 \eta), \quad (10.7)$$

где C – коэффициент сопротивления, дол. ед.;

d – диаметр мешалки, м;

n – частота вращения мешалки, мин⁻¹;

ρ – плотность обрабатываемого продукта, кг / м³;

H – высота продукта в чане, м;

D – диаметр чана, м;

K_d – коэффициент, зависящий от отношения диаметров чана и мешалки;

K_v – коэффициент, учитывающий наличие в чане внутренних устройств;

η – КПД привода (принимается 0,9).

10.3.6 Ориентировочные значения C принимают по таблице 10.2.

Таблица 10.2

Тип мешалки	Характеристика сосуда	C
Пропеллерная (основной тип)	Без перегородок	0,5
Пропеллерная	С 4 перегородками	0,9
Открытая турбинная	Без перегородок	1,0
Открытая турбинная	С 4 перегородками	2,0

Закрытая турбинная	Без перегородок	1,2
--------------------	-----------------	-----

10.3.7 Значение коэффициента K_d принимать по таблице 10.3

Таблица 10.3

Отношение диаметров чана и мешалки	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Коэффициент K_d	1,0	1,15	1,30	1,45	1,60

10.3.8 Значение коэффициента K_v при внутренних устройствах:

- гильзы для термометра – 1,1;
- трубы – 1,2;
- змеевика – 2,85.

10.3.9 При отсутствии внутренних устройств коэффициент не вводится.

10.3.10 Пульсационные колонны с насадками КРИМЗ для выщелачивания нашли широкое применение в процессах переработки высокорadioактивного сырья и на ряде золотоизвлекательных предприятиях цветной металлургии.

10.3.11 Колонные реакторы могут работать в противо- и прямотоке, а также в смешанном режимах. Выбор режима определяется, исходя из ситового состава твердой фазы пульпы, плотности фаз, продолжительности процесса, газовыделения, пенообразования и др.

Колонные реакторы могут работать на пульпах плотностью 1,2-1,7 т / м³, соотношении твердой и жидкой фаз (по массе) от 1:1 до 1:20 при удельной нагрузке от 1,2 до 10 м³ / (м² * час).

10.3.12 Диаметр реакционной зоны аппарата D_p , м, вычисляют по формуле

$$D_p = \sqrt{Q / (0,785 * W_p)}, \quad (10.8)$$

где: Q – объем обрабатываемой пульпы, м³/час

W_p – удельная нагрузка, м³ / (м³·час), или линейная фиктивная скорость пульпы, рассчитываемая по специальной методике.

10.3.13 Диаметр колонны должен быть выбран из ряда по ГОСТ 9617-76 Сосуды и аппараты. Ряды диаметров.

10.3.14 Необходимый рабочий объем колонны вычисляют по формуле

$$V_p = 0,786 * D_p * H_p, \text{ м}^3 \quad (10.9)$$

10.3.15 Высота реакционной зоны в каждой колонне H_p не менее 5 диаметров.

10.3.16 Количество последовательно работающих аппаратов вычисляют по формуле

$$N = Q / V_p \quad (10.10)$$

Необходимо предусматривать на цепочку 1 резервный аппарат.

10.4 Сорбция

10.4.1 Общая часть

Сорбция – поглощение твердым веществом какого-либо компонента из реакционной смеси. Поглощающее вещество называется сорбентом. В технологии переработки урановых руд на ГМЗ применяются синтетические сорбенты (смолы).

Синтетические смолы (иониты) состоят из твердых органических соединений с присоединенными к ним ионогенными функциональными группами ($-\text{SO}_3\text{H}$, $-\text{COOH}$, $-\text{NH}_2$, $=\text{NH}$ и других), способных в процессе ионного обмена замещаться на диссоциированные в реакционной среде сорбируемые элементы.

Они подразделяются на *катиониты*, содержащие в качестве ионогенных кислотные группы ($-\text{SO}_3\text{H}$, $-\text{COOH}$ и другие), *аниониты*, в состав которых входят основные группы (NH_2 , $=\text{NH}$ и другие) и *амфолиты*, имеющие оба вида функциональных групп.

Иониты с относительно малой удельной поверхностью контакта с реакционной средой называют гелевыми, а имеющие высокоразвитую удельную поверхность называют пористыми.

Физико-химические свойства ионитов:

- гранулометрический состав;
- механическая прочность;
- удельный объем (объем, занимаемый в набухшем состоянии единицей веса сухого ионита).
- полная обменная емкость;
- емкость по отдельным ионогенным группам;
- удельная поверхность.

Удельный объем сорбента – это объем, занимаемый в набухшем состоянии единицей веса сухого ионита.

Разновидностью сорбции из пульпы является редко применяемое сорбционное выщелачивание (совмещение двух процессов или доизвлечение не выщелоченных полезных компонентов) с близкими условиями и параметрами технологического процесса.

При сорбции из растворов можно обеспечить более высокую емкость сорбента при более низких показателях по расходу и единовременной загрузке сорбента. Но это требует предварительного выделения ураносодержащего раствора из выщелоченной пульпы (трудоемкий процесс для плохо расслаивающихся суспензий) при дополнительных затратах и потерях полезных компонентов с осадком.

Кислотные хвосты сорбции (пульпа, осадки и растворы) после извлечения из них полезных компонентов подвергаются двухкратному контрольному грохочению для улавливания находящихся в них отдельных зерен смолы, нейтрализуются и направляются в

хвостохранилище. Жидкая фаза хвостов возвращается на ГМЗ и используется в качестве оборотной воды.

Для щелочных и нейтральных хвостов сорбции нейтрализация не требуется. Возврат жидкой фазы на ГМЗ без дополнительной очистки затруднен из-за высокого содержания солей.

Предпочтительным является проведение контрольного улавливания сорбента в барабанных грохотах, а процесса нейтрализации – в пачуках в две стадии с использованием на первой – пульпы известняка до рН 5,0-5,5 и на второй – известкового молока до рН 7. Это значительно сократит расход более дорогого реагента

10.4.2 Сорбция из пульп

10.4.2.1 Проектные решения отделений (установок) сорбции из пульп должны разрабатываться на основе рекомендуемых технологическим регламентом исходных данных, включающих тип сорбента и его характеристику, наибольший размер зерна, селективность, коэффициент перевода сухой массы сорбента в объемную в набухшем состоянии, объемную емкость сорбента по ценным компонентам, количество ступеней сорбции, продолжительности контактов сорбента с пульпой и пульпы с сорбентом на каждой ступени (в одном аппарате), единовременную загрузку сорбента в аппарате в процентах от рабочего объема аппарата, удельный расход сорбента на тонну перерабатываемой руды, содержание ценных компонентов в жидкой и твердой фазах пульпы до и после сорбции, рекомендуемый тип аппарата, удельную пропускную способность сетчатых дренажей на смеси пульпа – сорбент, размеры ячеек сеток, рекомендации по защите от коррозии, кинетику процесса сорбции (в случае поочередного извлечения ценных компонентов из пульпы указанные данные приводятся для каждого компонента отдельно).

Для сорбции из пульп необходимо разделение зоны контакта сорбента с пульпой на несколько ступеней и обеспечение противотока сорбента и пульпы.

В процессе контакта сорбента с пульпой, а также при транспортировке и обработке десорбирующими растворами физическая и химическая структуры сорбента изменяются. В зернах сорбента возникают трещины и разломы, его поверхность истирается, уменьшаются размеры зерна. В результате появляются частицы, которые проходят сквозь разделительные сетки вместе со сбросной пульпой, образуя безвозвратные потери, или расход.

На величину расхода сорбента влияют его механическая прочность, абразивность твердого в пульпе, количество единовременной загрузки, химическая деструкция при десорбции. Особый вклад в разрушение сорбентов вносит процесс отделения от пульпы на сетчатых дренажах, где пульпо-смоляная смесь падает на дренажные сетки с высокой кинетической энергией.

Для сорбции из пульп применяются крупнозернистые смолы (более 0,6 мм). Более мелкие фракции ионита того же класса имеют большую емкость по извлекаемому компоненту, однако, их применение требует использования дренажных сеток с мелкими ячейками с низкой пропускной способностью.

Максимально допустимые размеры рудных частиц D и минимально допустимый диаметр зерен смолы R при различных размерах живого сечения сетчатых разделительных дренажей A представлены в таблице 10.4.

Таблица 10.4

A, мм	0,30	0,42	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00
D, мм	0,11	0,15	0,18	0,22	0,26	0,31	0,37
R, мм	0,35	0,47	0,55	0,65	0,75	0,90	1,05

Для сорбции из пульп принимаются иониты с механической прочностью не менее 98%

Кислотная пульпа после сорбции подвергается контрольному грохочению для улавливания находящейся в ней отдельных зерен смолы, нейтрализуется и направляется гидротранспортом в хвостохранилище. Исходными данными для этого процесса будут состав хвостовой пульпы до и после нейтрализации, реагенты и технологические параметры процесса нейтрализации, тип оборудования для грохочения, его удельная пропускная способность по пульпе на операции улавливания сорбента из сбросной пульпы и размеры ячеек сеток грохотов.

Для карбонатной пульпы после сорбции не требуются нейтрализация и соответствующие исходные данные этого процесса.

10.4.2.2 В качестве аппаратов для выполнения процесса сорбции из пульп на ГМЗ наибольшее распространение получили «пачуки».

Они представляют собой вертикальные сорбционные аппараты с пневматическим перемешиванием, снабженные верхним сетчатым дренажом и эрлифтами для перемешивания смеси пульпы с сорбентом и подачи этой смеси на встроенный дренаж.

Внутренний диаметр пачука, изготовленного из стальных листов или поковок, должен быть выбран из ряда по ГОСТ 9617-76

Отношении высоты постоянного уровня пульпы в аппарате к диаметру должно быть не менее 4.

Высокая эффективность процесса сорбции в пачуках обеспечивается многоступенчатым противотоком смола – пульпа, количество которых (пачуков) в непрерывной цепочке определяется числом ступеней сорбции. Для обеспечения противотока в пачуках предусматриваются дренажные устройства, размещенные выше уровня пульпы. Пульпа из-под дренажа направляется в следующий по цепочке аппарат. Не прошедшая сквозь

дренаж смесь сорбента с пульпой распределяется на дренажном устройстве на регулируемый поток, который поступает в предыдущий по цепочке аппарат, и остальной объем смеси, который возвращается в исходный аппарат. Наиболее узким местом в конструкции пачуков является ограничение площади размещения в них разделительных дренажей. От площади поверхности сетчатого дренажа зависит производительность всей сорбционной системы по пульпе.

Удельная производительность самих дренажных устройств зависит от площади живого сечения разделительного устройства, концентрации смолы в пульпе, вязкости и плотности пульпы, концентрации крупной фракции твердого в пульпе, производительности и конструкции эрлифта, подающего пульпу на дренаж и др.

Обычно предусматривается равномерная загрузка сорбента на всех ступенях (пачуках) сорбции. Преимущественная загрузка в головные (по ходу пульпы) аппараты приводит к уменьшению емкости насыщенного сорбента при увеличении его потока на десорбцию. Загрузка большей части сорбента в последние аппараты при соответствующем ее снижении в головные аппараты способствует увеличению емкости насыщенного сорбента. Все варианты загрузки обеспечивают заданные сбросные концентрации сорбируемых веществ в жидкой фазе хвостов сорбции.

Для повышения производительности пачуков сорбции из пульп необходимо:

- усовершенствование конструкции дренажных устройств, так как 80-85 % времени аппаратчика занимает обслуживание дренажей: промывка и замена дренажных сеток;
- использование сорбентов большей крупности зерен, что позволит увеличить размеры ситовых отверстий дренажного устройства;
- изменение конструкции аппарата для установки дренажных устройств с большей площадью разделительной поверхности.

Расчет процесса сорбции при наличии следующих исходных данных:

- концентраций извлекаемого компонента соответственно в исходной и сбросной пульпе $C_{исх}$ и $C_{сбр}$, кг/м³;
- емкости по извлекаемому компоненту исходного (перед сорбцией) и насыщенного влажного сорбента соответственно $a_{исх}$ и $a_{нас}$, кг/м³;
- продолжительности контакта на стадии соответственно сорбента с пульпой t_c и пульпы с сорбентом $t_{п}$, час;
- числа стадий сорбции N .

Количество сорбента в каждом аппарате в долях единицы от рабочего объема аппарата может быть рассчитана по формуле вычисляются по формуле

$$1 / X = 1 + [(a_{нас} - a_{исх}) * t_{п}] / [(C_{исх} - C_{сбр}) * t_c] \quad (10.11)$$

Рабочий объем каждого аппарата (при одинаковой концентрации сорбента в пульпе в каждом пачуке) для обеспечения времени контакта пульпы вычисляют по формуле

$$V_p = K * V_{п} * t_{п} / (1 - x), \text{ м}^3 \quad (10.12)$$

где: K – коэффициент, учитывающий неравномерность поступления исходной пульпы, аэрацию внутри аппарата и др., равный 1,25;

$V_{п}$ – поток пульпы, м³/час;

t – продолжительность контакта на стадии пульпы с сорбентом, час;

x – концентрация сорбента в аппарате в долях единицы от рабочего объема аппарата.

Рабочий объем каждого аппарата (при одинаковой концентрации сорбента в пульпе в каждом пачуке) для обеспечения времени контакта сорбента вычисляют по формуле

$$V_p = V_c t_c / x, \text{ м}^3 \quad (10.13)$$

где V_c – поток сорбента, м³/час, вычисляют по формуле

$$V_c = V_{п} * (C_{исх} - C_{сбр}) / (a_{нас} - a_{исх}), \quad (10.14)$$

t_c – продолжительность контакта на стадии сорбента с пульпой, час.

Из двух величин расчета выбирается большее значение объема пачука.

По стандартному диаметру D , который должен быть выбран из ряда по ГОСТ 9617-76, с учетом уменьшения внутреннего сечения за счет возможной антикоррозионной защиты определяется рабочая высота аппарата вычисляют по формуле

$$H_p = V_p / (0,785 * D_b^2), \text{ м} \quad (10.15)$$

где D_b – внутренний диаметр, м

Единовременная загрузка сорбента в сорбционные пачуки вычисляют по формуле

$$E = V_p N x, \text{ м}^3 \quad (10.16)$$

Требуемое рабочее давление воздуха на входе в аппарат, Мпа, вычисляют по формуле

$$P_p = 10^{-5} * \rho * H_p + P_{атм}, \quad (10.17)$$

где ρ – плотность пульпы, кг / м³;

$P_{атм}$ – атмосферное давление на площадке ГМЗ, МПа

Объем смеси, которое необходимо подавать на дренажное устройство, чтобы обеспечить прохождение через него заданного потока пульпы $V_{п}$, м³/час, вычисляют по формуле

$$V_{п} = V_{др} \alpha E / 10000, \quad (10.18)$$

где: $V_{др}$ – объем смеси пульпа – сорбент, подаваемый на дренажное устройство, м³/час;

α – содержание в этой смеси класса меньше диаметра отверстий дренажной сетки, равное $100(1 - x)$, %

E – эффективность разделения смеси сорбент – пульпа на дренаже, зависящий от содержания сорбента в смеси, диаметра отверстий дренажа, крупности сорбента и конструкции дренажного устройства на уровне 50-60 %;

Теоретическая формула эффективности разделения (для проверки) вычисляют по формуле

$$E = 10000 * (\alpha - \beta) / [\alpha(100 - \beta)], \% \quad (10.19)$$

где β – предельно допустимое содержание класса меньше диаметра отверстий дренажной сетки в продукте, не прошедшем сквозь сетку, %

Величина β определяется из уравнения баланса распределения сорбента на дренажном устройстве при отсутствии сорбента в пульпе, прошедшей дренаж вычисляют по формуле

$$V_{др} x = (V_{др} - V_{п})\beta \quad (10.20)$$

Необходимая площадь сетчатого дренажа определяется по аналогии с расчетом безнапорного дугового грохота, применяемого для тонкого мокрого грохочения при номинальной крупности исходного материала от 0,074 до 10 мм, номинальной крупности подрешетного продукта до 3 мм и содержания твердого в питании от 10 до 70%.

Грохоты этого типа также применяются для отделения сорбентов от растворов и пульп.

Подача исходного питания (смеси пульпы с сорбентом) осуществляется из распределительного устройства с высоты 0,5-0,6 м на поверхность сетчатого дренажа, состоящего из набора съемных проволочных сеток.

Скорость подачи смеси вычисляют по формуле

$$g = \sqrt{2g * H}, \text{ м / сек} \quad (10.21)$$

где H – высота подачи смеси, м

По заданной объемной производительности смеси $V_{др}$ м³ / час, поступающей на дренажное устройство, две возможные величины необходимой общей площади сеток из следующих уравнений вычисляют по формуле

$$V_{др} = 170 * \sqrt{a} * S_1, \quad (10.22)$$

$$V_{др} = 160 * g * S_2 * k, \quad (10.23)$$

где a – ширина отверстий сеток, мм;

S – общая площадь сеток, м²;

k – коэффициент живого сечения сита (0,2 – 0,25), дол. ед.

Из двух полученных значений S выбираем наибольшее.

Определение площади дренажа, с которого сорбент (в потоке смеси) отбирается для передачи в предыдущий по цепочке пачук вычисляют по формуле

$$S_{от} = S_{др} * V_c / (V_{др} * x), \text{ м}^2 \quad (10.24)$$

10.4.2.3 Расчет эрлифта для транспортировки смеси пульпа-сорбент на дренажное разделительное устройство:

Исходные данные:

Поток перекачиваемой смеси - $V_{др}$, м³;

Высота подъема эрлифта над уровнем смеси - $h_{под}$, м;

Общая высота эрлифта - H , м;

Плотность жидкой фазы - $\rho_{ж}$, т/м³;

Плотность перекачиваемой смеси – ρ_n , т/м³;

Скорость истечения смеси– ω , = (1,0-1,5) м/с, в расчетах 1,25 м/с;

Скорость воздуха в воздушной трубе - v_B = (5 – 10) м/с, в расчетах 7,5 м/с;

Коэффициент запаса на регулирование и управление расхода воздуха, принимается $c = 1,25$

Формулы расчета:

Количество воздуха, потребное для подъема смеси $W_{тр}$, м³/ч, вычисляют по формуле

$$W_{тр} = c \cdot V_0 \cdot V_{др}, \quad (10.25)$$

где V_0 – удельный расход воздуха, м³/м³.

Удельный расход воздуха

$$V_0 = \frac{h_{под} \times \frac{\rho_n}{\rho_{ж}}}{23\eta_{э} \times l g \frac{h_{под} \times \frac{\rho_n}{\rho_{ж}} (K-1) + 10}{10}}, \quad \text{м}^3/\text{м}^3 \quad (10.26)$$

где $\eta_{э}$ – гидравлический к.п.д. эрлифта;

K – коэффициент погружения эрлифта вычисляют по формуле

$$K = H/h_{под}, \quad (10.27)$$

Величина гидравлического КПД эрлифта вычисляют по формуле или табл. 41

$$\eta_{э} = \frac{(K-1)^{0,85}}{1,05K} \quad (10.28)$$

Таблица 12.5

К	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
$\eta_{э}$	0,38	0,51	0,57	0,59	0,60	0,61	0,62

Диаметр эрлифта $D_{э}$, вычисляют по формуле

$$D_{э} = \sqrt{\frac{\frac{V_{др}}{3600} \times \left(1 + \frac{10V_0}{\frac{\rho_n}{\rho_{ж}} \times h_{под} (K+1) + 10} \right)}{0,785\omega}} \text{ м} \quad (10.29)$$

Диаметр воздушной трубы d_B , м, вычисляют по формуле

$$d_B = \sqrt{\frac{W_{тр}}{3600 \times 0,785 \times v_B \left(\frac{P_{раб}}{0,098} + 1 \right)}} \quad (10.30)$$

где: $P_{\text{раб}}$ – рабочее давление при установившемся режиме работы эрлифта, МПа.

Рабочее давление $P_{\text{раб}}$: вычисляются по формуле

$$P_{\text{раб}} = 0,0098 \times h_{\text{под}} \times (K - 1) \times \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{ж}}} + P_2, \text{ МПа} \quad (10.31)$$

где: P_2 – потери давления в трубе эрлифта и форсунке, обычно не превышает 0,049 МПа.

Пусковое давление $P_{\text{пуск}}$: вычисляются по формуле

$$P_{\text{пуск}} = 0,0098 \times (H - h_{\text{под}}) \times \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{ж}}} + P_1, \text{ МПа} \quad (10.32)$$

где: P_1 – превышение барометрического давления в момент начала барботажа в пределах 0,078-0,098 МПа.

По данным опыта работы ГМЗ удельный расход воздуха на эрлифт находится в пределах 0,7-1,0 м³/м³ объема смеси пульпа-сорбент, подаваемого на дренажное устройство.

Удельный расход воздуха на перемешивание составляет примерно 1,5 м³/м³ объема аппарата в час.

10.4.2.4 Для стабильной работы цепочки пачуков сорбции необходимо предусматривать резервный аппарат и коллекторную систему потока пульпы, при которой возможен обвод неработающего пачука. Для обвода неработающего пачука по потоку сорбента предусматриваются соответствующие дополнительные соединения или специальные эрлифты сорбента.

Для защиты от проливов пульпы полы и кольцевые фундаменты имеют антикоррозионное покрытие. Проливы и продукты гидроуборки зоны сорбции собираются в поддоне, вместимость которого превышает объем аппарата максимальной емкости. В поддоне размещаются необходимое количество дренажных зумпфов, из которых собранный продукт вертикальными насосами возвращается в процесс в зависимости от состава пульпы.

Опорожнение выводящегося на ремонт пачука предусматривается после максимального удаления сорбента из пульпы на дренажном устройстве с последующим выпуском содержимого из конической части аппарата в коллектор, направляющий пульпу в дренажный зумпф.

Допускается выпуск содержимого пачука в поддон при слабоагрессивной пульпе с невысокой температурой.

Для обслуживания дренажных устройств пачуков и коллектора пульпы предусматриваются площадки, имеющие антикоррозионную защиту. Проливы и продукты гидроуборки площадок сливаются в соответствующие зоны поддона.

Над пачуками установлено грузоподъемное оборудование для ремонта коллектора пульпы, эрлифтов и верхней зоны аппарата с дренажным устройством. . д) Расход сорбентов

В процессе контакта сорбента с пульпой в пачуках, а также при транспортировке и обработке десорбирующими растворами при регенерации насыщенного сорбента физическая и химическая структуры сорбента изменяются. В зернах сорбента возникают трещины и разломы, его поверхность истирается и уменьшается крупность зерна.

В результате появляются частицы, которые при разделении на сетчатых дренажах проходят сквозь дренажи вместе с пульпой, что приводит к потерям сорбента с пульпой из последнего аппарата в цепочке и далее при последующем контрольном улавливании сорбента в барабанных грохотах.

На величину расхода сорбента влияют механическая прочность сорбента, абразивность твердой фазы пульпы, объем единовременной загрузки в аппаратах, химическая деструкция в процессе регенерации и др.

Особый вклад в разрушение сорбентов вносит процесс отделения от пульпы на сетчатых дренажах, где смесь пульпа-сорбент падает на дренажные сетки с высокой кинетической энергией, что необходимо для эффективного разделения.

Из опыта работы ГМЗ установлено, что ориентировочный удельный расход сорбента в г/т руды составляет десятикратную величину единовременной загрузки сорбента в пачуке в %.

10.4.3 Сорбция из растворов

а) Проектные решения отделений (установок) сорбции из растворов должны разрабатываться на основе рекомендуемых технологическим регламентом исходных данных, включающих тип сорбента и его характеристика, наибольший размер зерна, селективность, коэффициент перевода сухой массы сорбента в объемную в набухшем состоянии, объемную емкость сорбента по ценным компонентам, линейную скорость раствора, высоту слоя фронта равновесных концентраций, высоту рабочего слоя, единовременную загрузку сорбента в аппарате в процентах от объема аппарата, расход сорбента, содержание ценных компонентов в жидкой фазе раствора до и после сорбции, рекомендуемый тип аппарата, удельную пропускную способность сеток дренажа по растворам, размеры ячеек сеток, рекомендации по защите от коррозии (в случае поочередного извлечения ценных компонентов из раствора указанные данные приводятся для каждого компонента отдельно) и дополнительных данных (тип аппарата и удельную пропускную способность по растворам на операциях улавливания насыщенного сорбента, размеров ячеек сеток грохотов, объемное соотношение смолы и растворов после сетчатых дренажей и барабанных грохотов, кинетику процесса сорбции).

б) Для предварительного отделения жидкой фазы предусматривается фильтрация или противоточная декантация выщелоченной пульпы перед сорбцией из растворов на основе исходных данных, включающих число стадий, удельный объем воды на отмывку, массовое соотношение твердого к жидкому в продуктах отмывки, тип аппарата, удельную нагрузку по

твердому, вид и расход флокулянта, влажность кека фильтрации, массовую долю твердого в фильтрате, требуемые значения давления (вакуума), толщину получаемого слоя осадка на фильтре, рекомендации по выбору материала для фильтра, средства регенерации фильтра, режим регенерации фильтра.

Извлечение полезного компонента в жидкую фазу вычисляют по формуле

$$100 * [(a + v)^n - v^n] / (a + v)^n, \% \quad (10.33)$$

где a – удельный расход воды на отмывку, м³/т;

v – отношение жидкой фазы к твердому в продукте отмывки каждой стадии, дол. ед.;

n – количество стадий отмывки.

в) Сорбция из растворов может проводиться в непрерывном, периодическом или полунепрерывном режиме.

Непрерывный режим требует постоянно осуществляемые подачу раствора на сорбцию, выгрузку насыщенного сорбента на регенерацию и загрузку отрегенированного сорбента в объеме выгруженного насыщенного сорбента.

В периодическом режиме подача раствора в сорбционный аппарат осуществляется до максимального насыщения находящегося в нем сорбента. При этом для обеспечения допустимого «проскока» сорбируемого элемента предусматривается установка нескольких последовательно работающих аппаратов. Насыщенный сорбент подвергается регенерации в том же аппарате.

В полунепрерывном режиме подача раствора в аппарат производится до получения в выходном растворе расчетной концентрации полезного элемента с образованием в аппарате определенного объема максимально насыщенного сорбента, который транспортируется на регенерацию. Выгруженный из аппарата насыщенный сорбент заменяется отрегенированным сорбентом и возобновляется подача раствора.

К достоинствам полунепрерывного режима можно отнести возможность сорбции из растворов, содержащих до 50 г/м³ шламов, при высокой удельной производительности. Недостатками являются необходимость периодической выгрузки насыщенного и загрузки отрегенированного сорбентов с остановкой процесса сорбции, а также частичное перемешивание по высоте колонны.

В свою очередь периодический режим не требует перегрузок сорбента и остановок подачи растворов, снижает расход сорбента и позволяет автоматизировать процесс. Но требует предварительной очистки растворов, сложной схемы обвязки оборудования и дополнительной переработки оборотных растворов.

Наибольшее распространение получила сорбция из растворов в полунепрерывном режиме.

г) Сорбция из растворов проводится в колоннах с зажатым слоем при линейных скоростях от 25 до 35 м в час. При меньших значениях невозможно обеспечить динамическое распределение сорбируемого элемента по высоте колонны из-за режима «кипящего» слоя, не позволяющего получить сбросную концентрацию и максимальную емкость. Превышение оптимальной скорости приведет к значительному увеличению сопротивления слоя сорбента и его необходимой высоты. Особенно это проявляется при наличии шламов в исходных растворах.

д) На ГМЗ применяется сорбент (смола) сорта А, содержащую около 95% класса крупностью в пределах $0,63 \div 1,25$ мм. В отличие от более мелкой смолы, более дешевой и имеющей большую емкость, она может работать при наличии шламов и обеспечивать более высокую производительность за счет снижения гидравлического сопротивления слоя сорбента и использования дренажных сеток с более крупным размером ячеек.

В процессе контакта сорбента со шламами, а также при транспортировке и обработке десорбирующими растворами при регенерации насыщенного сорбента физическая и химическая структуры сорбента изменяются. В зернах сорбента возникают трещины и разломы, его поверхность истирается и уменьшается крупность зерна.

В результате появляются частицы, которые при разделении на сетчатых дренажах проходят сквозь дренажи, что приводит к потерям сорбента из последнего аппарата в цепочке и далее при последующем контрольном улавливании сорбента в барабанных грохотах.

На величину расхода сорбента влияют механическая прочность сорбента, абразивность твердой фазы пульпы, объем единовременной загрузки в аппаратах, химическая деструкция в процессе регенерации и др.

Особый вклад в разрушение сорбентов вносит процесс отделения на сетчатых дренажах, где смесь поступает на дренажные сетки с высокой кинетической энергией, что необходимо для эффективного разделения.

Из опыта работы ГМЗ установлено, что ориентировочный удельный расход сорбента в несколько раз меньше аналогичного расхода при сорбции из пульпы в пачуках.

е) Кислотные растворы после извлечения из них полезных компонентов подвергаются контрольному грохочению для улавливания находящихся в них отдельных зерен смолы и смешиваются с продуктом, полученным в результате предварительного выделения твердой фазы. Полученная пульпа нейтрализуется и направляется в хвостохранилище.

Исходными данными для этого процесса будут состав хвостовой пульпы до и после нейтрализации, реагенты и технологические параметры процесса нейтрализации, тип оборудования для грохочения, его удельная пропускная способность по пульпе на операции улавливания сорбента из сбросной пульпы и размеры ячеек сеток грохотов.

Для карбонатных растворов после сорбции не требуются нейтрализация и соответствующие исходные данные этого процесса.

ж) Наибольшее распространение получили высокопроизводительные колонны типа СНК (сорбционные напорные колонны), простые в изготовлении и обслуживании с возможностью быстрой замены поврежденных дренажей и применения автоматизированной системы управления.

Аппарат представляет собой колонну с отношением высоты рабочего слоя сорбента к диаметру не менее 2 и верхним дренажным устройством. Подача раствора осуществляется снизу с выводом сверху через дренажное устройство. Загрузка насыщенного сорбента производится в верхнюю зону, а вывод из нижней конической части с помощью эрлифтного устройства.

и) Процесс динамического насыщения слоя сорбента в колонне состоит из двух стадий:

- первая стадия – образование по высоте слоя сорбента фронта равновесных концентраций сорбируемого компонента;
- вторая стадия – параллельное продвижения ФРК по ходу движения раствора до появления на выходе из колонны его минимально допустимой концентрации.

Продолжительность первой стадии заканчивается, когда первый по ходу раствора микрослой сорбента достигнет максимальной в данных условиях емкости по сорбируемому элементу, а его концентрация в растворе по высоте всего слоя распределится от исходной до минимальной в данных условиях.

Во второй стадии сорбции при стабильных значениях исходной концентрации сорбируемого элемента и линейной скорости раствора образовавшийся ФРК равномерно поднимается с низу вверх.

к) Для расчета процесса сорбции из растворов в колонне полунепрерывного противоточного действия типа СНК необходимы следующие исходные данные:

- концентрация извлекаемого компонента соответственно в исходном и сбросном растворе $C_{исх}$ и $C_{сбр}$, кг/м³;
- емкость по извлекаемому компоненту исходного (перед сорбцией) и насыщенного влажного сорбента соответственно $a_{исх}$ и $a_{нас}$, кг/м³;
- диапазон линейной скорости подъема раствора ($W_{1\text{мин}} \div W_{1\text{макс}}$), м/час;
- высота рабочего слоя (высота сорбента, в котором концентрация сорбируемого элемента в растворе сокращается от $C_{исх}$ до $C_{сбр}$) – $H_{\text{раб}}$, м;
- коэффициент заполнения сорбентом объема аппарата – K_3 , дол.ед.

л) Допустимый диапазон величины диаметра колонны вычисляют по формуле

$$D_{\text{макс}} = \sqrt{(V_p / (0,785 * W_{1\text{мин}}))}, \text{ м} \quad (10.34)$$

$$D_{\text{мин}} = \sqrt{V_p / (0,785 * W_{\text{Имакс}})}, \text{ м} \quad (10.35)$$

где: V_p – объем перерабатываемого раствора, м³/час

По рассчитанному диапазону величин диаметра выбираем стандартный и фактическую линейную скорость раствора вычисляют по формуле

$$W_{\phi} = V_p / 0,785 * D_{\text{ст}}^2, \text{ м/час} \quad (10.36)$$

Поток сорбента вычисляют по формуле

$$V_c = V_p * (C_{\text{исх}} - C_{\text{сбр}}) / (a_{\text{нас}} - a_{\text{исх}}), \text{ м}^3/\text{час} \quad (10.37)$$

Время контакта раствора в рабочем слое сорбента вычисляют по формуле

$$t_p = H_{\text{раб}} / W_{\phi}, \text{ час:} \quad (10.38)$$

Время контакта сорбента в рабочем слое вычисляют по формуле

$$t_c = t_p * K_k, \text{ час} \quad (10.39)$$

где K_k – коэффициент концентрирования сорбируемого элемента

$$K = a_{\text{нас}} / C_{\text{исх}} \quad (10.40)$$

Скорость движения ФРК вычисляют по формуле

$$W_{\text{фрк}} = W_{\phi} / K_k, \text{ м/час} \quad (10.41)$$

Общая высота слоя сорбента в сорбционной колонне СНК вычисляют по формуле

$$H_c = H_{\text{раб}} + H_{\text{нас}} + H_{\text{рез}}, \text{ м} \quad (10.42)$$

где $H_{\text{нас}}$ – высота слоя насыщенного сорбента, м;

$H_{\text{рез}}$ – высота резервного слоя, равная (0,1-0,15) ($H_{\text{раб}} + H_{\text{нас}}$), м

Высота слоя выгружаемого насыщенного сорбента вычисляют по формуле

$$h = W_{\text{фрк}} t_x, \text{ м} \quad (10.43)$$

где h должно быть меньше $H_{\text{нас}}$;

t_x – интервал между выгрузками (с последующими загрузками) сорбента, час

Единовременная загрузка сорбента в колонне вычисляют по формуле

$$E = 0,785 K_3 D_{\text{ст}}^2 H_c, \text{ м}^3 \quad (10.44)$$

где K_3 – коэффициент заполнения сорбентом объема аппарата, дол.ед.

м) Гидравлическое сопротивление слоя сорбента

Для преодоления сопротивления потоку раствора слоя сорбента и стабильной работы требуется создание избыточного давления на выходе раствора из колонны не менее 0,02 МПа.

Гидравлическое сопротивление слоя сорбента зависит от размера его зерен, скорости раствора, вязкости среды (включая температуру) и степени загрязненности раствора твердыми взвешиваемыми, оседающими в слое сорбента.

Гидравлическое сопротивление вычисляют по формуле

$$\Delta P = 0.098 H_c W_{\phi} K_3, \text{ МПа} \quad (10.45)$$

где K_3 – коэффициент, учитывающий крупность сорбента и равный 1/113 и 1/66 для зерен с эквивалентным диаметром 0,91 и 0,66 мм соответственно.

Кроме того, при содержании в растворе 50 г/м³ взвесей и линейной скорости 40 м/час дополнительное сопротивление составит 0,043 МПа.

н) Для стабильной работы узла сорбции из растворов необходимо предусматривать две параллельные цепочки последовательно установленных колонн с производительностью каждой цепочки 0,75 от общей производительности ГМЗ.

При большем числе цепочек следует предусматривать одну резервную с производительностью рабочих цепочек, обеспечивающих общую производительность ГМЗ без учета резервной цепочки.

п) Для защиты от проливов пульпы полы и кольцевые фундаменты имеют антикоррозионное покрытие. Пролиты и продукты гидроразборки зоны сорбции собираются в поддоне, вместимость которого превышает объем аппарата максимальной емкости.

В поддоне размещаются необходимое количество дренажных зумпфов, из которых собранный продукт вертикальными насосами возвращается в процесс в зависимости от состава продукта.

Опорожнение выводящейся на ремонт колонны предусматривается после максимального удаления сорбента в специальную колонну с возможностью его возврата. Содержимое ремонтируемой колонны выпускается из конической части аппарата в коллектор в дренажный зумпф.

Допускается выпуск этого содержимого колонны в поддон при слабоагрессивной среде с невысокой температурой.

Для обслуживания дренажных устройств колонн предусматриваются площадки, имеющие антикоррозионную защиту.

Над колоннами установлено грузоподъемное оборудование для ремонта верхней зоны аппарата с дренажным устройством.

10.5 Регенерация насыщенных сорбентов

10.5.1 Регенерация насыщенных сорбентов обеспечивает возвращение им сорбционных свойств, утраченных в процессе сорбции.

Регенерация сорбента включает не только десорбцию полезных элементов, но и освобождение всех функциональных групп от заполнивших их в процессе сорбции других компонентов, отделение посторонних включений и частиц твердой фазы, перевод сорбента в ионную форму, необходимую для последующего цикла сорбции, а также отмывку от реагентов и обезвреживание от ядов.

10.5.2 Аппаратурное оформление цикла регенерации включает колонны, внутренний диаметр которых должен быть выбран из ряда по ГОСТ 9617-76 Сосуды и аппараты. Ряды диаметров.

Отношении высоты к диаметру должно быть не менее 5.

10.5.3 Десорбция сорбированного на ионитах полезного элемента осуществляется при контакте с раствором, содержащим высокие концентрации противоионов, имеющих высокое сродство к данному иониту. Для десорбции урана применяются растворы, содержащие серную и азотную кислоты, соду, нитрат аммония, хлористый натрий и др. Обычная температура этих растворов 50-60⁰ С. Растворы, полученные в процессе десорбции, называются десорбатами.

10.5.4 Для десорбции полезных компонентов с насыщенного сорбента, в зависимости от конкретных условий, могут применяться следующие методы:

- вытеснительный, когда ионы полезного компонента при десорбции вытесняются подходящими анионами - депрессорами без изменения ионной формы сорбента;
- конверсионный, когда конверсия соединений полезного компонента из одной ионной формы в другую производится непосредственно в фазе сорбента;
- твердофазный, когда десорбция ионов полезного компонента производится подходящими минеральными веществами, обеспечивающими непосредственное выделение сорбированных ионов в кристаллы чистого соединения.

10.5.5 Для первых двух типов десорбции технологический регламент регенерации насыщенных сорбентов должен содержать следующие исходные данные:

- для операции отмывки сорбента от илов – рекомендуемый тип аппарата, число стадий отмывки, скорость подачи промывной воды, количество промывной воды, продолжительность контакта раствора с сорбентом на стадии, рекомендации по защите от коррозии;
- для донасыщения сорбента по основному компоненту за счет увеличения емкости или вытеснения влаги – рекомендуемый тип аппарата, продолжительность процесса, скорость подачи раствора, количество насыщающего товарного десорбата на донасыщение;
- для непосредственно десорбции – состав десорбирующего раствора, расход реагентов, температуру процесса, время десорбции, высоту рабочего слоя, высоту отрегенированной части сорбента, линейную скорость десорбирующего раствора, рекомендуемый тип аппарата, выход товарного десорбата, содержание ценного компонента в товарном десорбате, остаточную емкость сорбента, рекомендации по защите от коррозии, кинетику процесса десорбции;
- для отмывки сорбента от реагентов – расход воды, скорость подачи воды, продолжительность отмывки, число стадий, тип аппарата, рекомендации по защите от коррозии;

- для конверсии сорбента – состав промывного раствора, количество промывного раствора, скорость раствора, продолжительность обработки сорбента, число стадий, расход реагента, тип аппарата, рекомендации по защите от коррозии;

- при периодической десорбции ядов – частоту и способ вывода сорбента на десорбцию ядов, технологию обезвреживания, состав обезвреживающего раствора, расход реагентов, число ступеней, продолжительность процесса, количество обезвреживающего раствора, метод его утилизации, типы аппаратов, рекомендации по защите от коррозии.

10.5.6 Твердофазная десорбция не нашла широкого применения из-за более высоких затрат на проведение процесса и более сложной дальнейшей переработки для получения готовой урановой продукции.

10.5.7 Для отмывки сорбента, поступающего на регенерацию и насыщенного в процессе сорбции полезным элементом, от илов и транспортной среды, состав которой представляет собой среду начальной стадии сорбции, предусматриваются обычно две стадии.

На первой стадии грохочением отделяется основная масса транспортной среды и на второй стадии производится интенсивная окончательная отмывка сорбента водой в противоточной колонне. Продукты отмывки обеих стадий, содержащие сорбируемый элемент, возвращаются на сорбцию.

10.5.8 В качестве аппарата отмывки используются колонны типа КДС, которые представляют собой цилиндр с расширяющейся верхней зоной. Вода подается в нижнюю коническую часть цилиндра и выходит из верхней расширяющейся зоны, обеспечивающей отделение сорбента от отмывочной смеси. Сорбент вместе с транспортным раствором поступает в верхнюю зону колонны, проходит вниз и эрлифтом откачивается на обезвреживающий грохот. Отмытый сорбент направляется на операцию донасыщения, а отделенный раствор возвращается в колонну КДС для баланса промывки.

10.5.9 Для проектирования операции отмывки в колонне КДС необходимы следующие исходные данные:

- поток сорбента – V_c м³/час;
- объем промывного раствора (воды) – V_p м³/час;
- линейная скорость восходящего потока раствора при отмывке – W_o м/час;
- продолжительность отмывки – T , час
- линейная скорость восходящего потока в верхней зоне – $W_{в.з.}$ м/час;
- коэффициент заполнения сорбентом объема аппарата в отмывочной (цилиндрической) зоне – K_3 , дол.ед.

10.5.10 Расчет аппарата

Диаметр цилиндрической зоны колонны вычисляют по формуле

$$D_k = \sqrt{(V_p / 0,785 W_o)}, \text{ м} \quad (10.46)$$

Выбирается ближайший стандартный диаметр $D_{ст}$

Диаметр верхней зоны колонны вычисляют по формуле

$$D_{в.з.} = \sqrt{(V_p / 0,785 W_{в.з.})}, \text{ м} \quad (10.47)$$

Высота отмывочной части колонны вычисляют по формуле

$$H_o = V_c * T / (K_3 * 0,785 * D_{ст}), \text{ м} \quad (10.48)$$

Высота верхней зоны колонны $H_{в.з.}$ не менее диаметра $D_{ст}$

Общая высота колонны КДС вычисляют по формуле

$$H = H_o + H_{в.з.} + H_{рез}, \text{ м} \quad (10.49)$$

$$\text{где } H_{рез} - \text{высота резервная, равная } (0,1-0,15) * (H_o + H_{в.з.}), \text{ м} \quad (10.50)$$

Предпочтительно обеспечить непрерывную откачку (и загрузку) сорбента.

Единовременная загрузка сорбента в колонне вычисляют по формуле

$$E = 0,785 * K_3 * D_{ст}^2 * H_o, \text{ м}^3 \quad (10.51)$$

10.5.11 Донасыщение, или десорбционное концентрирование осуществляется с целью повышения концентрации десорбируемого элемента в товарном десорбате. Основа этого процесса – операция донасыщения сорбента, поступающего на десорбцию, частью товарного десорбата.

Существует два варианта донасыщения:

- обработка насыщенного сорбента непосредственно частью товарного десорбата;
- донасыщение сорбента из части товарного десорбата, подвергшейся определенной обработке (изменению значения рН раствора или валентности), а также разбавлению водой с целью уменьшения концентрации депрессирующих ионов.

Даже если обработка насыщенного сорбента частью товарного десорбата не приводит к увеличению емкости, это будет способствовать замещению транспортного раствора и исключению разбавления товарного десорбата.

Операция донасыщения проводится в колоннах типа КДС или ПИК с использованием соответствующих исходных данных.

10.5.12 Для непосредственно десорбции полезного элемента наибольшее распространение получили колонны типа ПИК (противоточные ионообменные колонны), простые в изготовлении и обслуживании с возможностью быстрой замены поврежденных дренажей и применения автоматизированной системы управления.

Аппарат представляет собой колонну с отношением высоты рабочего слоя сорбента к диаметру не менее 5 и верхним дренажным устройством. Подача раствора осуществляется снизу с выводом сверху через дренажное устройство. Загрузка насыщенного сорбента

производится в верхнюю зону, а вывод из нижней конической части с помощью эрлифтного устройства.

10.5.13 Для расчета процесса десорбции в колонне полунепрерывного противоточного действия необходимы следующие исходные данные:

- концентрация извлекаемого компонента в товарном десорбате $C_{т.д.}$, кг/м³;
- емкость по извлекаемому компоненту исходного (перед десорбцией) и выводного (после десорбции) влажного сорбента соответственно $a_{исх}$ и a_v , кг/м³ ;
- диапазон линейной скорости подъема раствора ($W_{1\text{ мин}} \div W_{1\text{ макс}}$), м/час;
- время десорбции (время, за которое концентрация сорбируемого элемента в сорбенте сокращается от $a_{исх}$ до a_v) – $T_{раб}$, м.

10.5.14 Расчет аппарата

Выход товарного десорбата, равный объему десорбирующего раствора, из условия материального баланса вычисляют по формуле

$$V_c (a_{исх} - a_v) = C_{т.д.} V_{т.д.} \quad (10.52)$$

где V_c – поток сорбента, м³/час

где $V_{т.д.}$ – объем товарного десорбата, м³/час

Допустимый диапазон величины диаметра колонны вычисляют по формуле

$$D_{\text{макс}} = \sqrt{(V_{т.д.} / (0,785 * W_{\text{мин}}))}, \text{ м} \quad (10.53)$$

$$D_{\text{мин}} = \sqrt{(V_{т.д.} / (0,785 * W_{\text{макс}}))}, \text{ м} \quad (10.54)$$

По рассчитанному диапазону величин диаметра выбираем стандартный и фактическую линейную скорость раствора вычисляют по формуле

$$W_{\phi} = V_{т.д.} / (0,785 * D_{ст}^2), \text{ м/час} \quad (10.55)$$

Высоту рабочего слоя сорбента вычисляют по формуле

$$H_{раб} = V_c * T / (0,785 * D_{ст}^2), \text{ м} \quad (10.56)$$

Общую высоту слоя сорбента в колонне ПИК вычисляют по формуле

$$H_c = H_{раб} + H_{нас} + H_{рез}, \text{ м} \quad (10.57)$$

где $H_{нас}$ – высота слоя насыщенного сорбента, м;

$H_{рез}$ – высота резервного слоя, равная $(0,1-0,15) * (H_{раб} + H_{нас})$, м

Высоту слоя выгружаемого насыщенного сорбента вычисляют по формуле

$$h = V_c * t_x / (0,785 * D_{ст}^2), \text{ м} \quad (10.58)$$

где: h должно быть меньше $H_{нас}$;

t_x – интервал между выгрузками (с последующими загрузками) сорбента, час

Единовременную загрузку сорбента в колонне вычисляют по формуле

$$E = 0,785 * K_3 * D_{ст}^2 * H_c, \text{ м}^3 \quad (10.59)$$

Гидравлическое сопротивление слоя сорбента не учитывается из-за низкой скорости подачи десорбирующего раствора. Необходимый напор раствора при входе в колонну должен обеспечить только преодоление гидростатического столба общей высоты слоя сорбента.

10.5.15 Конверсия – перевод сорбента в ионную форму, необходимую для последующего цикла сорбции. Для разработки процесса и размеров колонн типа ПИК используются следующие исходные данные:

- состав конверсионного раствора перед операцией и после использования;
- поток раствора, м³/час;
- диапазон линейной скорости подъема раствора ($W_{1\text{ мин}} \div W_{1\text{ макс}}$), м/час;
- продолжительность операции, час;
- K_3 – коэффициент заполнения сорбентом объема аппарата, дол.ед..

10.5.16 Отмывка сорбента от реагентов водой в колоннах ПИК обеспечивает сокращение их расхода и исключение поступления этих реагентов на сорбцию вместе с отрегенируемым сорбентом. Полученный отмытый раствор используется после доукрепления свежими реагентами для приготовления десорбционного раствора. Исходные данные и требования к конструкции колонны ПИК аналогичные принятым для операции конверсии.

10.5.17 Для стабильной работы узла регенерации необходимо предусматривать две параллельные цепочки последовательно установленных колонн при производительности одиночных аппаратов на каждой операции 0,75 от общей производительности ГМЗ. При большем числе аппаратов на каждой операции (обычно для десорбции) в цепочке следует предусматривать один резервный.

Буферные емкости зоны регенерации, содержащие высоко агрессивные растворы или товарные десорбаты должны иметь 100% резерв.

10.5.18 Для защиты от проливов агрессивных растворов с сорбентом полы и фундаменты имеют антикоррозионное покрытие. Проливы и продукты гидроуборки зоны регенерации собираются в поддонах, вместимость которых превышает объем соответствующего аппарата максимальной емкости. В поддонах размещаются необходимое количество дренажных зумпфов, из которых собранный продукт вертикальными насосами возвращается в процесс в зависимости от состава продукта.

Опорожнение выводящейся на ремонт колонны предусматривается после максимального удаления сорбента в специальную колонну с возможностью его возврата. Содержимое ремонтируемой колонны выпускается из конической части аппарата в коллектор в дренажный зумпф.

Допускается выпуск этого содержимого колонны в поддон при слабоагрессивной среде с невысокой температурой.

Для обслуживания дренажных устройств и крышек колонн предусматриваются площадки, имеющие антикоррозионную защиту. Проливы и продукты гидроуборки этих площадок сливаются в соответствующий поддон.

Над колоннами установлено грузоподъемное оборудование для ремонта верхней зоны аппарата.

10.6 Транспортировка и разделение сорбционных смесей

10.6.1 Для транспортировки смесей, содержащих сорбенты, предпочтительным является использование эрлифтов. Допускается в отдельных случаях применение механических насосов и пульсационных устройств.

Эрлифты являются наиболее простым устройством по конструкции и управлению и позволяют перекачивать значительные объемы продуктов. Преимуществом этих устройств по сравнению с механическими является минимальное разрушение сорбентов, отсутствие движущихся частей и герметичность системы. К недостаткам эрлифтов следует отнести большой расход воздуха, требующего очистки после отделения транспортируемого продукта, трудность точного измерения и регулирования расхода, возможность забивания системы при остановках.

Эрлифт устанавливается вне или внутри аппарата, из которого производится транспортировка смеси в воздухоотделитель (или непосредственно в другой аппарат). При необходимости далее смесь может поступать на разделительное устройство для выделения сорбента. При этом отделенная транспортная смесь может быть возвращена в исходный аппарат.

10.6.2 Расчет эрлифта для транспортировки смеси

Исходные данные:

Поток перекачиваемой смеси - $V_{см}$, м³;

Высота подъема эрлифта над уровнем перекачиваемой смеси - $h_{под}$, м;

Общая высота эрлифта - H , м;

Плотность жидкой фазы - $\rho_{ж}$, т/м³;

Плотность перекачиваемой смеси - ρ_n , т/м³;

Скорость истечения смеси - ω , = (1,0-1,5) м/с, в расчетах 1,25 м/с;

Скорость воздуха в воздушной трубе - v_B = (5 – 10) м/с, в расчетах 7,5 м/с;

Коэффициент запаса на регулирование и управление расхода воздуха, принимается $c = 1,25$.

Количество воздуха, потребное для подъема смеси $W_{тр}$ вычисляют по формуле

$$W_{\text{тр}} = c \times V_0 \times V_{\text{см}}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (10.60)$$

где V_0 – удельный расход воздуха, $\text{м}^3/\text{м}^3$.

Удельный расход воздуха вычисляют по формуле

$$V_0 = \frac{h_{\text{под}} \times \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{ж}}}}{23\eta_{\text{э}} \times \lg \frac{h_{\text{под}} \times \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{ж}}}(K-1)+10}{10}}, \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (10.61)$$

где: $\eta_{\text{э}}$ – гидравлический к.п.д. эрлифта;

K – коэффициент погружения эрлифта.

Величина коэффициента погружения вычисляют по формуле

$$K = \frac{H}{h_{\text{под}}} \quad (10.62)$$

Величина гидравлического КПД эрлифта по формуле или таблице 42 вычисляют по формуле

$$\eta_{\text{э}} = \frac{(K-1)^{0,85}}{1,05K} \quad (10.63)$$

Таблица 12.7

К	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
$\eta_{\text{э}}$	0,38	0,51	0,57	0,59	0,60	0,61	0,62

Диаметр эрлифта $D_{\text{э}}$ вычисляют по формуле

$$D_{\text{э}} = \sqrt{\frac{\frac{V_{\text{см}}}{3600} \times \left(1 + \frac{10V_0}{\frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{ж}}} \times h_{\text{под}}(K+1)+10}\right)}{0,785\omega}} \text{ м} \quad (10.64)$$

Диаметр воздушной трубы $d_{\text{в}}$ вычисляют по формуле

$$d_{\text{в}} = \sqrt{\frac{W_{\text{тр}}}{3600 \times 0,785 \times \vartheta_{\text{в}} \left(\frac{P_{\text{раб}}}{0,098} + 1\right)}} \text{ м} \quad (10.65)$$

где: $P_{\text{раб}}$ – рабочее давление при установившемся режиме работы эрлифта, МПа.

Рабочее давление $P_{\text{раб}}$ вычисляют по формуле

$$P_{\text{раб}} = 0,0098 \times h_{\text{под}} \times (K - 1) \times \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{ж}}} + P_2, \text{ МПа} \quad (10.66)$$

где: P_2 – потери давления в трубе эрлифта и форсунке, обычно не превышает 0,049 МПа.

Пусковое давление $P_{\text{пуск}}$, МПа, вычисляют по формуле

$$P_{\text{пуск}} = 0,0098 \cdot (H - h_{\text{под}}) \cdot (\rho_{\text{п}}/\rho_{\text{ж}}) + P_1, \quad (10.67)$$

где P_1 – превышение барометрического давления в момент начала барботаж в пределах 0,078-0,098 МПа

10.6.3 Разделение сорбционных смесей

10.6.3.1 Для выделения посторонних включений из пульпы перед сорбцией, улавливания сорбентов из продуктов после сорбции, для обезвоживания сорбентов в цикле регенерации применяются барабанные и вибрационные грохоты.

Главное достоинство барабанных грохотов (троммелей) – простота конструкции, равномерность работы. К недостаткам следует отнести громоздкость, трудоемкость замены просеивающего устройства, небольшую удельную производительность и низкую эффективность. Вибрационные грохоты имеют недостаточно надежный привод, сложны в регулировании и создают значительную динамическую нагрузку на опорные элементы. Влажность отделяемого сорбента в троммелях и вибрационных грохотах достигает 60 и 40 % соответственно.

10.6.3.2 Выбор и расчет барабанных грохотов

Основной частью грохотов является рабочая поверхность, оснащенная сеткой с отверстиями от 2 до 0,4 мм.

Троммели могут изготавливаться трех типов:

- ТК – с коническим барабаном, который рекомендуется для абразивно-агрессивных пульп и сорбционных смесей с содержанием твердой фазы на уровне 100-200 г/дм³;
- ТЦ – с цилиндрическим барабаном, который рекомендуется для абразивно-агрессивных пульп, сорбционных смесей и растворов с содержанием твердой фазы свыше 200 г/дм³;
- ТКЦ – с коническо-цилиндрическим барабаном, рекомендуемым для отделения посторонних включений из нейтральных пуль и растворов.

Расчет наиболее широко используемых троммелей типа ТЦ:

Максимальную объемную производительность аппарата при обезвоживании сорбента как транспортирующего устройства Q , м³/час, вычисляют по формуле

$$Q = 60 \cdot K \cdot F_c \cdot S \cdot n, \quad (10.68)$$

где K – коэффициент разрыхления сорбента в барабане (по материальному балансу);

F_c – площадь поперечного сечения сегментного слоя материала в барабане, м², вычисляют по формуле

$$F_c = k \cdot D^2, \quad (10.69)$$

S – шаг внутренней спирали, м

n – частота вращения барабана, мин.⁻¹

k – коэффициент пропорциональности по таблице 12.8.

D – диаметр барабана, м

Таблица 12.8 – Коэффициент пропорциональности для троммеля

Отношение высоты спирали к D	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24
Коэффициент k	0,041	0,052	0,065	0,082	0,096	0,112	0,127	0,145

Производительность бугар при выделении посторонних включений из пульпы перед сорбцией и улавливании сорбентов из продуктов после сорбции определяется из условия низкой концентрации этих включений по формуле обезвоживающего сита, м³ / час, вычисляют по формуле

$$Q = F \cdot q, \quad (10.70)$$

где Q – производительность по исходному питанию, м³ / час;

F – рабочая площадь сита, м², вычисляют по формуле

$$F = \pi \cdot D \cdot L \cdot k_c, \quad (10.71)$$

где q – удельная производительность сита, м³ / (м² * час);

D – диаметр барабана, м;

L – длина зоны барабана, занятая ситом, м

k_c – коэффициент использования поверхности сита, дол. ед.

Удельная производительность при отверстиях 0,75-1,0 мм – 300 и при отверстиях 0,5 мм – 200 м³ / (м²·час)

10.6.3.3 На предприятиях использующих сорбционные процессы, установлены специально разработанные плоскокачающиеся вибрационные грохоты для обезвоживания сорбента с площадью сетки от 0,3 до 1,2 м² с производительностью 3-5 м³/час по потоку сорбента.

Частота колебаний сетки составляет от 8,8 до 15 Гц. Расчет грохотов аналогичен классическому расчету для рудного материала.

11 Получение готовой продукции

11.1 Общая часть

11.1.1 На ГМЗ возможно получать два вида ураносодержащей продукции:

- закись-окись урана, соответствующей техническим условиям ТУ 95 1981-2009
- химический концентрат урана в виде полиураната аммония (натрия),

соответствующий техническим условиям ТУ 95 2822-2002

Процесс затаривания готовой продукции рекомендуется осуществлять автоматизированным способом из бункера с помощью ячеекового или винтового питателя в герметичных камерах с загрузкой, виброуплотнением, контролем уровня и массы загружаемой готовой продукции в транспортные упаковочные комплекты.

Операции, связанные с отбором и переработкой проб готовой продукции, ее упаковкой, хранением и транспортированием должны производиться в соответствии с правилами и нормами, указанными в технических условиях на готовую продукцию.

Учитывая высокую агрессивность сред, используемых в процессе получения урановой продукции, и требования по исключению ее загрязнения необходимы рекомендации по антикоррозионной защите оборудования по всему циклу переработки.

Готовая продукция должна храниться в транспортных упаковочных комплектах в закрытых, сухих складских помещениях в отдельно стоящем здании, расположенном при железной дороге.

Склад должен состоять из отдельных отсеков, оснащенных грузоподъемными механизмами для перемещения контейнеров.

11.1.2 Перед направлением ураносодержащего продукта десорбции на получение готовой продукции предусматривается его очистка от посторонних включений (шламов, частиц мелкого сорбента и др.). Их количество в значительной степени зависит от работы участка регенерации сорбента, поэтому важным является вопрос последующего использования выделенного осадка.

Для очистки товарного десорбата рекомендуется применять следующее оборудование:

- вертикальные отстойники с коническим днищем;
- песчаные напорные фильтры;
- фильтр-прессы;
- патронные фильтры.

Классический расчет отстойников из-за отсутствия практических данных по скорости оседания взвесей, поэтому достаточно обеспечить определенное время отстаивания десорбата в течение 2-3 часов для первичной очистки.

Для более полного удаления взвешенных частиц после отстойников могут использоваться напорные фильтры, которые подбираются по каталогам заводов-изготовителей.

Песчаные напорные фильтры представляют собой закрытый преимущественно вертикальный аппарат, наполненный песком или дробленным антрацитом, с дренажной системой для отвода отфильтрованного раствора и распределения воды при промывке. и конструкции распределительной системы для подачи сжатого воздуха.

Линейная скорость фильтрования 10-15 м/час.

Интенсивность промывки водяной – 6-8, воздушной – 15-20 дм³ / (сек. * м²).

Продолжительность цикла определяется предельной потерей напора в фильтрующей загрузке 0,01 МПа и дренаже до 0,15 МПа.

Площадь фильтрации m^2 , вычисляют по формуле

$$F = Q / (24 \cdot \vartheta \cdot K), \quad (11.1)$$

где Q – объем десорбата, m^3 /сутки;

ϑ – линейная скорость фильтрации, м/час

K – время непосредственно фильтрации в общем цикле, дол. ед.

Более производительными являются автоматизированные фильтр-прессы различной конструкции.

Эти фильтры позволяют разделять тонкодисперсные суспензии с концентрацией твердой фазы 10-500 кг/ m^3 и температурой фильтруемой среды до 80 °С.

Площадь фильтрации m^2 , вычисляют по формуле

$$F = Q / (24 \cdot q \cdot K), \quad (11.2)$$

где Q – объем десорбата, m^3 /сутки;

q – удельная нагрузка по фильтрату, $m^3 / (m^2 \cdot \text{час})$;

K – время непосредственно фильтрации в общем цикле, дол. ед.

Наиболее универсальными по отношению к фильтруемым десорбатам являются патронные фильтры, которые представляют собой вертикальные герметичные цилиндрические сосуды, в которых крышки снабжены решетками с закрепленными фильтровальными патронами.

Полная герметизация на всех стадиях процесса, включая выгрузку осадка, делает их незаменимыми при фильтровании токсичных и легколетучих сред.

Патроны могут быть керамическими, или в виде цилиндрического металлического каркаса (возможно и в виде спирали) со сменным натянутым «чулком» из фильтровальной ткани.

Расчет патронных фильтров не отличается от расчета фильтр-прессов при учете циклограммы их работы.

При установке любого типа фильтров следует предусматривать резервный аппарат.

11.2 Получение закись-оксида урана

11.2.1 Экстракционная очистка

Технология получения закись-оксида урана ядерной чистоты основана на экстракционной очистке товарных десорбатов с последующими операциями промывки, фильтрации и прокаливании выделенных кристаллов уранилтрикарбоната аммония.

Процесс экстракции основан на свойстве не смешивающихся с водой органических соединений (чистых экстрагентах или их растворов в разбавителях) образовывать с солями урана комплексы, хорошо растворимые в этих соединениях. При контакте урансодержащего водного десорбата и органической фазы уран распределяется между водной и органической

фазами с одновременной очисткой органической фазы от примесей, остающихся в водной фазе. Перешедший в органическую фазу уран рекстрагируют – переводят в водный раствор с одновременным или последующим получением чистых кристаллов. Освобожденная от урана органическая фаза возвращается на операцию экстракции.

11.2.1.1 Типовая схема экстракционного передела включает наряду с основными операциями экстракции вспомогательные операции: промывку органической фазы (экстракта) перед рекстракцией, обработку возвращаемой в процесс органической фазы перед экстракцией, улавливание остатков экстрагентов из водной фазы (рафината) после экстракции, обработку межфазных взвесей (образующейся в аппаратах на разделе фаз нерасслаивающейся смеси водной и органической фаз с твердыми включениями) и др.

Наибольшее распространение получила твердофазная рекстракция урана из органической фазы с последующим получением чистого соединения.

11.2.1.2 Проектные решения экстракционного цикла в процессе получения закись-окиси урана должны разрабатываться на основе исходных данных рекомендуемых технологическим регламентом следующих операций

- подкисления при щелочном десорбате (тип и расход реагента, время операции, оборудование);

- контрольной фильтрации товарного десорбата (предельное содержание взвесей, тип оборудования, удельная нагрузка при фильтрации);

- очисткой, в случае необходимости, десорбата от органических веществ методом сорбции на активированном угле с его последующей регенерацией и отмывкой для возврата в процесс (тип сорбента и его характеристика, наибольший размер зерна, коэффициент перевода сухой массы сорбента в объемную в набухшем состоянии, линейную скорость раствора, высоту рабочего слоя, одновременную загрузку сорбента в аппарате в процентах от объема аппарата, расход сорбента, рекомендуемый тип аппарата);

- собственно экстракции (концентрации ценного компонента в товарном десорбате, его химического состава и удельной плотности, состав и характеристику органической фазы, рекомендуемый тип оборудования, продолжительность контакта и отстоя фаз, удельную нагрузку при отстаивании, соотношение объемов водной и органической фаз, число ступеней контакта, содержание ценного компонента в насыщенной органической фазе (экстракте), извлечение ценного компонента в экстракт);

- промывки экстракта (соотношении объемов водной и органической фаз, числе стадий отмывки, составе водной фазы для отмывки органической фазы, продолжительность контакта и отстоя фаз, удельную нагрузку при отстаивании, использование водной фазы после отмывки);

- улавливании остатков экстрагентов из сбросного водного раствора (рафината) органическим растворителем (соотношении объемов водной и органической фаз, числе стадий улавливания, продолжительность контакта и отстоя фаз, удельную нагрузку при отстаивании, использование водной фазы после улавливания);

- обработке бедной органической фазы перед подачей на экстракцию (соотношении объемов водной и органической фаз, числе стадий обработки, составе водной фазы для обработки органической фазы, продолжительность контакта и отстоя фаз, удельную нагрузку при отстаивании, использование водной фазы после обработки);

- дополнительного отстаивания органической фазы перед реэкстракцией (продолжительность, выход водной фазы и ее использование);

- дополнительного отстаивания рафината (продолжительность, выход органической фазы и использование продуктов отстаивания));

- обработке межфазных взвесей (аппараты ее накопления, объем за сутки, технологическая схема и режимы процесса, расходы реагентов, рекомендации по утилизации продуктов переработки, оборудование, методы предотвращения образования межфазных взвесей);

- реэкстракции (метод реэкстракции, состав реэкстрагирующего раствора, температуру и удельную плотность раствора, продолжительность контакта и отстоя фаз, удельную нагрузку при отстаивании, число ступеней контактирования, соотношение объемов водной и органической фаз, расход реагентов, рекомендуемый тип оборудования, массовое отношение кристаллов к водной фазе, содержание ценного компонента в продуктах реэкстракции, извлечение ценного компонента, использование водной фазы после реэкстракции);

- очистке реэкстракционного раствора от примесей;

- обработке свежих экстрагентов перед подачей в процесс;

- -декарбонизации дебалансных карбонатных растворов после реэкстракции (технология процесса, оборудование для разложения растворов с последующей адсорбцией аммиака и углекислого газа).

Для экстракционного процесса извлечения полезных компонентов следует принимать следующее оборудование:

- экстрактор смесительно-отстойный с механическим перемешиванием;

- экстрактор смесительно-отстойный с пульсационным перемешиванием;

- колонну экстракционную пульсационную.

Выбор типа аппарата экстракции должен производиться в зависимости от назначения и условий применения. При этом необходимо руководствоваться следующими положениями:

- в экстракционном процессе извлечения основного полезного компонента как для крупномасштабного, так и маломасштабного производства следует применять экстрактор смесительно-отстойный с механическим перемешиванием, особенно при наличии больших производственных площадей, но при сравнительно небольшой высоте производственных помещений;

- экстракторы смесительно-отстойные пульсационные следует применять при необходимости обеспечения радиационной безопасности, надежной герметизации и механической надежности;

- колонны экстракционные пульсационные следует применять, как для извлечения основного компонента, так и в экстракционных процессах редкоземельных производств, особенно при наличии ограниченных производственных площадей, но при достаточной высоте производственных помещений;

- применение полимерных материалов для изготовления оборудования и трубопроводов не допускается, кроме производств с сильно корродирующими растворами, где полимерные конструкции должны иметь наружные защитные покрытия негорючими материалами.

Применение смесительно-отстойных экстракторов по сравнению с колоннами требует использования значительно большего объема органической фазы, но позволяет в более короткое время при запуске процесса достигнуть регламентных показателей.

11.2.1.7 Очистка от органических веществ рафинатов экстракции, используемых для приготовления исходных десорбционных растворов, может осуществляться в сорбционно-ионитных фильтрах и (или) специальных отстойниках с гидрозатвором.

11.2.1.9 Экстракторы смесительно-отстойные ящичного типа – аппараты со ступенчатым контактированием водной и органической фаз. Они состоят из секций, в каждой из которых осуществляется контакт фаз (в смесительных камерах) и разделение фаз (в отстойных камерах). В каждой секции движение фаз прямоточное при общем противотоке по длине аппарата.

В смесительно-отстойных экстракторах с механическим перемешиванием смешение и транспортировка фаз происходит с помощью турбинных мешалок. В пульсационных экстракторах смешение и транспортировка фаз производится с помощью пульсационных устройств.

11.2.1.10 Для расчета габаритов смесителя-отстойника необходимы следующие данные:

- производительность по исходной водной фазе (десорбату);
- соотношение фаз (органической к водной на всех операциях);

- время контакта фаз в смесительной камере;
- удельная нагрузка по сумме фаз в камере отстаивания;
- число ступеней контакта (секций на каждой операции);
- высота налива (рекомендуемая).

11.2.1.11 В экстракторе ящичного типа последовательно объединяются секции для проведения операций по направлению движения водной фазы: промывка экстракта, собственно экстракция, обработка органической фазы перед экстракцией и улавливание экстрагентов из водной фазы (рафината). Для блокировки этих секций в один аппарат предусматриваются их одинаковые конструкционные размеры и возможность рециркуляции соответствующих фаз для обеспечения оптимальных условий смешения и отстаивания при различных соотношениях фаз.

Поэтому расчет экстрактора сводится к определению габаритов одной ступени, а общие размеры аппарата определяются умножением на количество ступеней всех операций.

Смесительная камера

Объем смесительной камеры

$$V_{см} = Q * t_{см}, \text{ м}^3 \quad (11.3)$$

где: Q – производительность по сумме фаз, м³/час;

$t_{см}$ - время контакта фаз в смесительной камере, час

$$Q = Q_{вф} * (1 + n) \quad (11.4)$$

где: n – соотношение фаз $n = Q_{оф} / Q_{вф}$

$Q_{вф}$ - производительность по водной фазе, м³/час

$Q_{оф}$ - производительность по органической фазе, м³/час

Площадь смесительной камеры

$$F_{см} = V_{см} / H, \text{ м}^2 \quad (11.5)$$

где: H – высота налива, м

При сечении смесительной камеры в виде квадрата его сторона составит

$$B = \sqrt{F_{см}}, \text{ м} \quad (11.6)$$

Камера отстаивания

Площадь камеры отстаивания

$$F_{ко} = Q_p / q, \text{ м}^2 \quad (11.7)$$

где Q_p – производительность по сумме фаз с учетом рециркуляции, м³ / час;

q – удельная нагрузка по сумме фаз в камере отстаивания, м³ / (м² * час)

Так как ширина камеры отстаивания равна ширине смесительной камеры, то ее длина составит

$$L_{ко} = F_{ко} / B, \text{ м} \quad (11.8)$$

Габариты и объем ступени

$$V * (V + L) * H, \text{ м}^3 \quad (11.9)$$

Габариты и объем аппарата при количестве заблокированных ступеней для проведения всех операций – N составит:

$$(V * N) * (V + L) * H, \text{ м}^3 \quad (11.10)$$

Для стабильной работы узла экстракции предусматривается установка не менее двух цепочек экстракторов полного цикла с производительностью каждой на уровне 0,75 от общей величины.

11.2.1.12 Пульсационные экстракционные колонны

Колонна состоит из насадочной части и нижней и верхней отстойных зон.

В реакционной насадочной части происходит контакт фаз, а разделение – в верхней или нижней отстойных зонах. Органическая (легкая) фаза сливается самотеком из верхней зоны, а тяжелая (водная) фаза выходит через гидрозатвор, высота которого обеспечивает поддержание стабильной границы раздела фаз в верхней зоне. В рабочей части колонны размещены насадки КРИМЗ, представляющие собой диски (тарелки), имеющие отверстия с направляющими лопатками, расположенными по концентрическим окружностям. Это обеспечивает интенсивную массопередачу, высокую производительность и эффективность.

Колонны могут быть рекомендованы для экстракции из растворов и разбавленных пульп при разности плотностей фаз до 0,03 г / см³ и вязкости от 1 до 500 сПз. Основные показатели работы колонн (производительность и эффективность) определяются интенсивностью пульсации и физико-химическими и кинетическими свойствами системы. (При частоте пульсации около 100 имп. / мин. и интенсивности 1000-2000 мм / мин. можно достичь удельную нагрузку по сумме фаз 20-40 м³ / (м² * час).

Каждая операция экстракционного цикла проводится в отдельных колоннах, расположенных каскадом для самотечной транспортировки фаз.

11.2.1.14 Наибольшее распространение на ГМЗ получил процесс реэкстракции с выделением кристаллов уранилтрикарбоната (твердофазная реэкстракция) в отстойниках со встроенной смесительной камерой и коническим днищем. Возможно использование для этого процесса в каскаде контактных чанов с последующим разделением фаз в конусных отстойниках.

11.2.1.15 Процесс жидкофазной реэкстракции следует осуществлять в аппаратах, аналогичных экстракционным.

11.2.1.16 Для расчета габаритов отстойника со встроенной смесительной камерой необходимы следующие исходные данные:

- реэкстракция проводится за две стадии в противоточном режиме по каждой фазе (при самотечном потоке органической фазы);

- производительность по органической фазе;
- соотношение органической и водной фаз;
- время контакта фаз при смешении на каждой стадии;
- удельная нагрузка при отстаивании на каждой стадии;
- высота камеры смешения и цилиндрической зоны отстаивания.

Рабочий объем камеры смешения каждой стадии:

$$V_{см} = Q_{оф} * (n + 1) * t / (60 * n), \text{ м}^3 \quad (11.11)$$

где: $Q_{см}$ – производительность по органической фазе, м³/час;

n – соотношение органической и водной фаз.;

t – время контакта фаз при смешении на каждой стадии, мин.

Площадь камеры смешения

$$F_{см} = V_{см} / h_{см}, \text{ м}^2 \quad (11.12)$$

где: $h_{см}$ – высота камеры смешения, м

Площадь зоны отстаивания на каждой стадии

$$F_{от} = Q_{оф} * (n + 1) / (q * n), \text{ м}^2 \quad (11.13)$$

где: q – удельная нагрузка при отстаивании, м³ / (м² * час)

Диаметр реэкстракторов

$$D = \sqrt{0,785 * (F_{см} + F_{от})}, \text{ м} \quad (11.14)$$

Высота конической части реэкстрактора при угле конуса с вертикалью 25-30°

$$h_k = D / \text{tg } 30^\circ, \text{ м} \quad (11.15)$$

Общая высота реэкстрактора

$$H = h_{см} + h_{от}, \text{ м} \quad (11.16)$$

Для непрерывной работы реэкстракции необходимо предусматривать резервный каскад для регулярного раскисления рабочих аппаратов, которые зарастают осадками продуктов реакции, 15 % раствором меланжа или маточником экстракции.

11.2.1.17 Для очистки рафината (сбросных водных растворов) экстракции от органических соединений могут применяться сорбционно-ионитные фильтры. Фильтр представляет собой вертикальный аппарат, заполненный сорбентом (ионитом или активированным углем). Он имеет дренажные и распределительные системы для ввода и вывода растворов.

Работа фильтра состоит из рабочего и регенерационного периодов. Процесс регенерации состоит следующих операций: взрыхление, собственно регенерация и отмывка от регенерационного раствора.

При скорости фильтрования от 5 до 25 м в час. и высоте загрузки 2,0-2,5 м потери напора в фильтре составляют от 0,04 до 1,0 Мпа

Площадь фильтрации вычисляют по формуле

$$F = Q_{\text{сут}} / [\vartheta * (T - n * T_{\text{рег}})], \text{ м}^2 \quad (11.17)$$

где $Q_{\text{сут}}$ – производительность по исходному раствору, м³ / сутки;

ϑ – линейная скорость фильтрования, м / час;

T – общая продолжительность работы в течении суток, час;

n – число фильтроциклов в сутки

$$n = T / (T_{\text{ф}} + T_{\text{рег}}); \quad (11.18)$$

$T_{\text{ф}}$ – продолжительность собственно фильтрования за сутки, час;

$T_{\text{рег}}$ – продолжительность регенерации за сутки.

11.2.1.18 Отделения экстракции следует, как правило, размещать в отдельно стоящих зданиях. Допускается блокирование их в одном здании с другими производствами, если это не противоречит технологическим, санитарно-техническим и противопожарным требованиям.

11.2.1.19 Переработка межфазных взвесей должна осуществляться в аппаратах, расположенных в отдельных помещениях с самостоятельной вытяжкой.

11.2.1.20 Аппаратура с экстрагентами, разбавителями, деэмульгаторами, их смесями между собой и с водными растворами (за исключением складов и аварийных емкостей) должна быть снабжена быстродействующими пневматическими клапанами и сливным трубопроводом с гидрозатвором для опорожнения в случае аварии или пожара. Применение задвижек с электроприводом не допускается.

Опорожнение аппаратов должно производиться отдельно для кислотных и щелочных сред и, как правило, самотеком в специальные аварийные емкости, устанавливаемые вне здания на расстоянии не менее 12 м от него. При соответствующем обосновании допускается опорожнение с помощью насосов. Время опорожнения не должно превышать 12 минут.

Вместимость аварийных емкостей должна быть рассчитана на опорожнение всей группы аппаратов, установленных в одном помещении.

При наличии органической фазы в экстракционном процессе в количестве не более 3 м³ аварийный слив может не предусматриваться.

Проектирование установок и систем пожаротушений и пожарной сигнализации выполняется специализированной организацией.

Продукты разложения от пенного пожаротушения собираются через систему трапов в дренажные зумпфы и откачиваются на хвостохранилище.

11.2.1.21 Покрытия полов в отделениях экстракции необходимо выполнять из негоряемых, стойких к органическим растворителям материалов.

Пролитые на пол растворы с органической фазой должны стекать по уклону не менее 0,5 % в специально установленные дренажные емкости, из которых вертикальными насосами возвращаться в процесс.

11.2.1.22 Для монтажно-демонтажных работ и ремонта технологического оборудования должны предусматриваться подъемно-транспортные средства и механизмы при соблюдении требований безопасной эксплуатации во взрывоопасных помещениях.

11.2.1.23 В помещениях, где размещается оборудование с органической фазой, следует размещать аварийные души самопомощи на расстоянии не более 25 м друг от друга предпочтительно в тамбур-шлюзах, отделяющих экстракционные помещения от других производств.

11.2.2 Обезвоживание и упаковка готовой продукции

а) Проектные решения получения закись-оксида урана из первичных кристаллов, полученных в процессе рекстракции, должны разрабатываться на основе исходных данных рекомендуемых технологическим регламентом следующих операций:

- отмывке кристаллов от основных примесей (фосфора, железа и др.) карбонатным раствором (характеристика раствора, соотношение промывного раствора и кристаллов, продолжительность отмывки, использование раствора после отмывки, оборудование);

- фильтровании пульпы кристаллов (массовое отношение твердой и жидкой фаз в исходной пульпе, влажность кека, массовая доля твердого в фильтрате, удельная нагрузка по осадку, необходимость водных промывок или обработок другими жидкостями, расход промывочной жидкости на 1 кг. осадка, температура промывочной жидкости, ее состав и рекомендации к последующему использованию, тип оборудования, толщина получаемого слоя осадка на фильтре, рекомендации по выбору фильтрующего материала фильтра);

- сушке кристаллов аммонийуранилтрикарбоната (удельная нагрузка по испаряемой влаге, начальная и конечная влажность продукции, температура сушки, продолжительность сушки, состав отходящих газов и содержание пыли в них, количество отходящих газов и их температура, тип оборудования, рекомендации по выбору конструкционного материала);

- прокаливании кристаллов (температура процесса, продолжительность процесса, температура продукта прокаливания, требуемая температура продукции после охлаждения, количество отходящих газов и их температура, состав отходящих газов и содержание в них твердых частиц, тип оборудования для прокаливания и охлаждения и параметры их работы, удельные нагрузки, рекомендации по конструкционным материалам);

- затаривании продукции (температура готовой продукции после охлаждения, тип оборудования для дозирования и уплотнения готовой продукции в контейнере, тип контейнера для готовой продукции, температура готовой продукции в контейнере)

- очистке газов сушки и прокали (стадии очистки, температура и состав газов до и после каждой стадии очистки, оборудование);

- декарбонизации дебалансных карбонатных растворов после рекстракции (технология процесса, оборудование для разложения растворов с последующей адсорбцией аммиака и углекислого газа).

б) Отмывка кристаллов от основных примесей (фосфора, железа и др.) карбонатным раствором может осуществляться в насадочных колоннах с пульсационным перемешиванием, или репульпацией с последующим фильтрованием на барабанных фильтрах с наружной фильтрующей поверхностью.

в) Для фильтрования отмытых кристаллов следует применять барабанные вакуум-фильтры с наружной фильтрующей поверхностью в кислотостойком исполнении.

По опыту работы отечественных ГМЗ удельная производительность при фильтровании кристаллов составляет 0,1 т / (м²·час).

г) В качестве вспомогательного оборудования для вакуум-фильтров непрерывного действия следует применять ресиверы, ловушки, конденсаторы (при фильтровании пульпы с температурой выше 60 °С), вакуум-насосы, воздуходувки.

д) Сушку кристаллов продукции ГМЗ рекомендуется производить в барабанной сушилке с ретортой размером 325x5000 мм при температуре от 150 °С до 180 °С.

В качестве перспективного аппарата для сушки кристаллов следует рассматривать вибрационный аппарат, сушилку сверхвысокочастотного излучения и сушилку взвешенного слоя.

Возможно исключить сушку кристаллов, хотя сушка кристаллов продукции перед их прокаливанием позволяет:

- увеличить производительность прокалочных печей и улучшить условия их эксплуатации;

- повысить на 15% степень утилизации углеаммонийных солей.

е) Для получения конечной продукции ГМЗ в виде закиси-окиси следует применять герметичные горизонтальные барабанные печи с электрообогревом, установленные на большинстве предприятий отрасли.

Прокаливание осуществляется в три ступени при температуре от 750 °С до 775 °С, от 800 °С до 825 °С и от 830 °С до 850 °С и избыточном давлении 30-50 мм вод. ст. (для исключения окисления материала).

Производительность таких печей должна приниматься согласно исходным данным научно-исследовательской организации и практическим данным отечественных ГМЗ.

ж) Для исключения окисления выходящей из печи закиси-оксида предусматривается ее охлаждение примерно до 40 °С после прокаливания в каждой печи с использованием установленных на отечественных ГМЗ шнекового охладителя диаметром 300 мм и длиной 3000 мм при расходе охлаждающей воды до 5 м³/ч, или реторты водяного охлаждения.

Допускается для этой цели применение бункера с водяной рубашкой.

и) При очистке отходящих газов сушки и прокаливания следует применять:

- для улавливания закиси-оксида – последовательно циклоны и гидрозатвор;
- для улавливания аммиака и углекислого газа – абсорбционные колонны с насадочными тарелками, пенные скрубберы, кожухотрубные теплообменники.

Очистку газа в процессе получения готовой урановой продукции осуществлять в соответствии с приказом 498 [11], НП-021-15 [12].

к) Выбор и расчет барабанного фильтра с наружной фильтрующей поверхностью производится на основании следующих исходных данных:

- производительность по влажным кристаллам;
- удельную производительность по влажным кристаллам вычисляют по формуле

$$F = k * Q / q, \quad (11.19)$$

где F – необходимая общая поверхность фильтрации, м²

k – коэффициент неравномерности питания, дол. ед.;

Q – производительность участка фильтрования, кг / час;

q – удельная производительность, кг / (м² * час).

Выбор фильтра осуществляется по материалам заводов-изготовителей.

Количество одновременно работающих фильтров и их типоразмер определяется в зависимости от количества работающих блоков, включающих фильтр, сушилку (может отсутствовать), печь прокаливания и узлы охлаждения и очистки газов прокаливания.

л) Расчет вспомогательного оборудования фильтрации включает определение параметров работы и его типоразмеров

При расчете расхода воздуха и выборе оборудования следует учитывать снижение атмосферного давления с высотой их установки над уровнем моря.

Общий расход воздуха для выбора вакуум-насосов и воздуходувок вычисляют по формуле

$$Q = q * F, \text{ м}^3 / \text{мин.} \quad (11.20)$$

где q – удельный расход воздуха, м³ / (м² * мин.);

F – величина фильтрующей поверхности всех рабочих аппаратов, м²

Удельный расход воздуха для барабанных фильтров с наружной фильтрующей поверхностью принимается в диапазоне 0,8-1,5 для вакуум-насосов и 0,2-0,4 для воздухонагнетательных установок.

Выбор водокольцевых вакуум-насосов и воздухонагнетательных установок производится по каталогам заводов-изготовителей.

Расчет вакуум-ресиверов и ловушек зависит от индивидуальной или групповой системы обеспечения вакуумом барабанных фильтров.

Предпочтительной системой является установка индивидуальных ресиверов, общих вакуум-насосов и ловушек к ним. Удаление фильтрата из ресивера может осуществляться центробежным насосом или по барометрической трубе. При необходимости предусматриваются схемы фильтрации, включающие отдельные зоны (и ресиверы) для основной фильтрации и подсушки.

При индивидуальной схеме минимальный диаметр ресивера вычисляют по формуле

$$D_p = 0,163 \sqrt{(Q_v / \vartheta)}, \text{ м} \quad (11.21)$$

где: Q_v – расход воздуха для выбранного вакуум-фильтра, м³ / мин

ϑ – скорость воздуха в очищающей зоне, м / сек (1 м / сек для холодного и 3 м / сек для горячего воздуха и пара)

Проверку выбранного ресивера по расходу фильтрата вычисляют по формуле

$$V_p \geq Q_\phi / 0,25, \text{ м}^3 \quad (11.22)$$

где V_p – минимальный объем ресивера, м³

Q_ϕ – расход фильтрата, м³ / мин

Размер ловушки принимается равный, или меньший на один типоразмер.

Предусмотреть установку дополнительного блока фильтр – ресивер и резервных вакуум-насоса и воздухонагнетательной установки.

. м) Выбор и расчет оборудования для декарбонизации дебалансного карбонатного раствора, для улавливания закиси-окиси и для утилизации аммиака и углекислого газа следует осуществлять на основе рекомендаций Технологического регламента, которые должны включать:

- технологическую схему декарбонизации, рекомендуемое оборудование, удельные нагрузки на аппараты, степень разложения, состав отходящих газов по стадиям, степень улавливания аммиака и углекислого газа, состав раствора после карбонизации, температурный режим по стадиям и расход пара;

- объем, состав и температура отходящих газов от печей сушки и прокаливания, схема очистки от твердых частиц и улавливания аммиака и углекислого газа, степень очистки по

стадиям, рекомендуемое оборудование, удельные нагрузки на аппараты, температурный режим, общий коэффициент улавливания по каждому компоненту.

Возможно совмещения процессов улавливания при декарбонизации и очистке газов от сушки и прокаливания.

11.3 Получение химического концентрата урана

11.3.1 Осаждение продукта

Технология получения урановой продукции из очищенного от посторонних включений товарного десорбата включает следующие основные операции и необходимые исходные данные:

- в случае карбонатного десорбата – его нейтрализацию с отдувкой воздухом выделяющегося углекислого газа (технологические параметры процесса, расход воздуха, тип оборудования для нейтрализации);

- химическое осаждение урана из нейтрализованного товарного десорбата аммиаком, или едким натром (технологические параметры процесса, тип оборудования для осаждения);

Нейтрализация десорбата и осаждение полиуранатов проводится в каскадах (по 3-4 аппарата) контактных чанов с механическим перемешиванием.

11.3.2 Обезвоживание и упаковка готовой продукции включает:

- выделение осадка отстаиванием (содержание твердого в исходном и сгущенном продуктах, удельная нагрузка при осаждении, содержание урана в сливе, рекомендации по оборудованию) и последующей фильтрацией (массовое отношение твердой и жидкой фаз в исходной пульпе, влажность кека, массовая доля твердого в фильтрате, требуемые значения давления, удельная нагрузка по кеку, рекомендации по выбору типа оборудования, рекомендации по выбору материала для фильтрования);

- сушку в псевдооживленном слое (удельная нагрузка по испаряемой влаге, начальная и конечная влажность продукции, температура сушки, продолжительность сушки, состав отходящих газов, количество отходящих газов и их температура, рекомендуемое оборудование);

- затаривание продукции (температура готовой продукции после охлаждения, тип оборудования для дозирования и уплотнения готовой продукции в контейнере, тип контейнера для готовой продукции).

11.3.3 Обезвоживание осадка полиураната следует проводить с использованием последовательно отстойников-сгустителей и автоматических камерных пресс-фильтров.

Для сушки кека фильтрации имеется отечественный опыт использования комплектной установки сушки с псевдооживленным слоем и системой улавливания высушенного продукта и отходящих газов.

Конструктивное оформление всего цикла получения готовой продукции должно состоять из двух цепочек оборудования с производительностью каждой на уровне 75 % от общей программы по ее выпуску.

11.3.4 Расчет отстойников-сгустителей для подготовки продукта осаждения к фильтрации и в качестве буферной емкости производится по приведенной в технологическом регламенте удельной производительности по твердому в исходном питании, отнесенной к 1 м² площади сгустителя.

$$\text{Диаметр аппарата } D = 1,13 \sqrt{[Q / (q * k_f)]}, \text{ м} \quad (11.23)$$

где Q – массовая производительность сгустителя по твердому, т / сутки;

q – массовая удельная производительность по твердому, т / (м²* сутки);

k_f – коэффициент, учитывающий эффективно используемую площадь сгустителя, (для аппарата при сгущении готовой продукции ГМЗ на уровне 0,5).

Высота цилиндрической части отстойника должна быть больше диаметра не менее, чем в 1,5 раза. Часть вертикального отстойника, служащая для сбора и уплотнения осадка, представляет собой конус с углом наклона к горизонтали 50-55° и высотой около 0,5 диаметра.

11.3.5 Расчет фильтр-пресса для обезвоживания осадка выполняется следующим образом.

По данным Технологического регламента принимается суточный объем осадка после фильтрации. Выбираются несколько аппаратов из номенклатуры отечественного завода-изготовителя. Определяется по их технической характеристике количество циклов фильтрации в сутки. По общему объему внутренних полостей рам/камер выбранных аппаратов рассчитывается возможный суточный объем отфильтрованного материала. Для каждого выбранного фильтра определяется его рабочее количество делением исходного суточного объема осадка на суточный объем осадка конкретного фильтра. Предусматривается один резервный аппарат. Далее производится технико-экономическое сравнение вариантов установки.

12 Конвейерный транспорт

12.1 На всех стадиях проектирования промышленного транспорта следует производить оценку его воздействия на окружающую среду с определением характера и степени опасности потенциального влияния проектируемых транспортных объектов на природную среду как в условиях стабильной эксплуатации при расчетных параметрах и показателях, так и в экстремальных условиях (значительное превышение расчетной интенсивности движения) или в случае аварии (разрыв трубопровода, разрушение в результате стихийного бедствия и т.д.).

Конвейер, транспортер – машина непрерывного действия для перемещения сыпучих, кусковых или штучных грузов. Конвейеры наиболее целесообразно классифицировать по принципу действия и конструктивным признакам, типу тягового и грузонесущего органа, роду перемещаемого груза, назначению и областям применения.

Основной классификационный признак конвейера — тип тягового несущего органов. Различают конвейеры с ленточным, цепным, канатным и другими тяговыми органами и конвейеры без тягового органа (винтовые, инерционные, вибрационные, роликовые). По типу грузонесущего органа конвейеры могут быть: ленточные, пластинчатые, скребковые, подвесные грузонесущие, толкающие, тележечные, ковшовые и люлечные, а также винтовые, инерционные, вибрационные, роликовые.

По принципу действия различают конвейеры, перемещающие груз на непрерывно движущейся сплошной ленте или настиле, в непрерывно движущихся ковшах, подвесках, платформах, тележках; по неподвижному желобу или трубе непрерывно движущимися скребками.

По назначению различают конвейеры стационарные и передвижные для насыпных, штучных грузов и для пассажиров, а по направлению перемещения грузов — с вертикально замкнутой, горизонтально замкнутой и пространственной трассами. По областям применения конвейеры подразделяют на машины общего назначения и специальные (стакеры, элеваторы, эскалаторы, движущиеся тротуары).

Конвейеры являются составной, неотъемлемой частью современного технологического процесса, они устанавливают и регулируют темп производства, обеспечивают его ритмичность, способствуют повышению производительности труда и увеличению выпуска продукции. Наряду с выполнением транспортно-технологических функций конвейеры являются основными средствами комплексной механизации и автоматизации погрузо-разгрузочных и складских операций.

Рекомендации по выбору конвейеров приведены в таблицах 12.1, 12.2.

Таблица 12.1 – Применение конвейеров для насыпных грузов

Наименование груза	Размер кусков, мм	Рекомендуемые типы конвейеров
Крупнокусковой	160-500	пластинчатый, ленточный, ленточно-цепной, ленточно-канатный
Среднекусовой	60-160	
Мелкокусовой	10-60	ленточный, двухленточный, элеватор, скребковый, ковшовый
Порошкообразный	0,05-0,5	трубчатый, двухленточный, элеватор, скребковый

Пылевидный	0,05	
------------	------	--

Таблица 12.2 – Режимы работы и примеры использования конвейеров

Время работы в сутки	Класс использования по времени ¹	Режимы работы ²	Пример использования конвейера
Менее одной смены	В1	ВЛ	Периодически работающие конвейеры, например, на отдельных секциях склада; для уборки стружки или просыпи земли
Одна смена	В2	Л	Конвейеры всех видов, непрерывно работающие на предприятиях различных отраслей промышленности
Две смены	В3	С	
Три смены	В4	Т	
Круглосуточно	В5	ВТ	Конвейеры для непрерывных технологических процессов в химической, металлургической и других отраслях промышленности (например, конвейер для подачи шихты в доменную печь)
Примечания 1 класс использования по времени 2 режимы работы: ВЛ – весьма легкий, Л – легкий, С – средний, Т – тяжелый, ВТ – весьма тяжелый			

Выбор конструкции конвейера и его элементов, материалов для их изготовления, расчетных коэффициентов сопротивления движению ходовой части, долговечности, назначения, вида смазочных материалов обуславливается производственными и температурными (климатическими) условиями, в которых должен эксплуатироваться конвейер.

При проектировании конвейерного транспорта следует руководствоваться СП 37.13330.2012.

Если конвейер устанавливается в нескольких помещениях с различными производственными и температурными условиями, то в качестве расчетной базы принимается помещение с наихудшими условиями. При установке, например, привода конвейера в отапливаемом помещении, а остальной части — в неотапливаемом. за основу принимается группа неотапливаемого помещения и особенно учитывается возможность образования конденсата из окружающего воздуха.

Пожаро- и взрывоопасные среды регламентируются специальными нормативными материалами применительно к каждой конкретной отрасли промышленности. Для работы в этих средах разрабатываются специально пожаро и взрывобезопасные конструкции конвейеров.

Выбор материалов для элементов конвейеров должен обеспечить удовлетворение требованиям прочности, долговечности и минимальной массе изделия. Попытки широкого применения пластических масс не увенчались успехом вследствие их малой механической прочности, хрупкости и недостаточной надежности, поэтому в конвейеростроении наибольшее распространение получили стали различных марок. Особую группу материалов составляют резинотехнические изделия – конвейерные ленты, детали уплотнений, упругие элементы вибрационных конвейеров, прокладки и т. п. Они изготавливаются из материалов, указанных в ГОСТ 20-2018 и соответствующих технических условиях, и поставляются готовыми комплектами.

Для конструкций конвейеров, работающих в условиях низких температур (до -40° и -65° С, исполнение ХЛ), необходимо применение низколегированных сталей классов С44/29 и С46/33, марок 09Г2-12 (ГОСТ 19282-73), 09Г2-15 (ГОСТ 19281), 15ХСНД-15 (ГОСТ 19282-73) и другие спокойной плавки с гарантированными значениями ударной вязкости и повышенной стойкости в среде низкой температуры и атмосферной коррозии.

При работе конвейера в условиях жаркого и влажного тропического климата вредное воздействие на элементы конвейера оказывает также окружающая биологическая среда (наличие плесени, микроорганизмов, насекомых и т. п.). Эти особенности должны быть обязательно учтены при выборе сорта текстильных, резиновых, изоляционных и других материалов и покрытий.

12.2 На ГМЗ в качестве основного вида оборудования внутри- и межцехового транспорта для перемещения руд, в том числе абразивных и склонных к налипанию, с наибольшим размером кусков до 400 мм, следует применять стационарные ленточные конвейеры общего назначения унифицированного параметрического и типоразмерного ряда, отвечающие требованиям ГОСТ 22644-77, ГОСТ 22645-77, ГОСТ 22646-77, ГОСТ 25722-83, ГОСТ 2103-89, ГОСТ 20-2018, ГОСТ EN 620.

12.3 Следует рассматривать возможность и технико-экономическую целесообразность прокладки трассы по кратчайшему расстоянию и с наименьшим числом ее перегибов. При проектировании конвейерной линии следует предусматривать минимальное число перегрузочных узлов. Конвейерные линии следует проектировать, как правило, без резервных конвейеров.

При транспортировании насыпных грузов на подъем при использовании гладких лент наибольшие углы наклона конвейера следует принимать по СП 37.13330.2012.

Допустимые углы наклона конвейеров при транспортировании грузов на спуск следует принимать на $6-8^{\circ}$ меньше по сравнению с приведенными в приложении И. При этом во всех случаях они должны быть не более 12° .

12.4 Сооружения конвейерного транспорта следует предусматривать открытыми с верхним укрытием (без стен), закрытыми неотапливаемыми или закрытыми отапливаемыми.

Вид сооружения (открытое, закрытое неотапливаемое, закрытое отапливаемое) следует выбирать на основании технико-экономических расчетов в соответствии с требованиями норм технологического проектирования предприятий и с учетом строительно-климатических зон, температурного режима обслуживаемых цехов, физико-механических свойств перевозимых грузов и обеспечения требуемой надежности работы конвейерного транспорта, способа уборки просыпи и пыли.

Здания погрузочных, перегрузочных и разгрузочных узлов, галерей и эстакад следует проектировать в соответствии с требованиями СП 43.13330. В отдельно стоящих неотапливаемых зданиях указанных узлов с постоянным присутствием обслуживающего персонала следует предусматривать помещения для обогрева в соответствии с требованиями СП 44.13330.

Размещение конвейеров в производственных зданиях, галереях и на эстакадах должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.022.

Температура внутри отапливаемых галерей, погрузочных, перегрузочных и разгрузочных узлов должна быть не ниже 5°C. Для отопления следует применять пар давлением не более 0,6 МПа или воду температурой не выше 150°C.

В целях улучшения санитарных условий, предотвращения скопления пыли и просыпи в сооружениях конвейерного транспорта в необходимых случаях следует предусматривать аспирационные или оросительные устройства. При работе на пожароопасных и токсичных производствах следует предусматривать отсос пыли, а на взрывоопасных производствах, кроме того, применять электроприводы конвейера во взрывоопасном исполнении.

Уборку просыпавшегося материала из-под ленточных конвейеров следует предусматривать механизированным способом. Головные и хвостовые барабаны конвейеров должны иметь ограждения, исключаяющие уборку у барабанов во время работы конвейера.

В зоне очистки холостой ветви конвейера следует предусматривать бункер-течку для сбора просыпи.

При уборке пыли и просыпи в галереях гидросмывом необходимо предусматривать устройства для стока воды и защиту строительных конструкций от коррозии. Лотки для стока воды следует, как правило, располагать под конвейерами. Поперечный уклон пола к лотку должен быть не менее 2% в пределах проходов и не менее 4% под конвейерами. В горизонтальных галереях следует обеспечивать продольный уклон лотков не менее 2%.

Сточные воды от систем гидросмыва должны, как правило, направляться в производственную канализацию предприятия или из отстойников в оборотную систему гидросмыва.

Для обеспечения естественной вентиляции в галереях следует предусматривать открывающиеся окна, располагаемые со стороны основного прохода, дефлекторы и другие устройства.

В галереях шириной более 5 м необходимо предусматривать устройство окон с обеих сторон, открывающихся внутрь галереи. Допускается при соответствующем обосновании проектировать галереи без естественного освещения (галереи небольшой протяженности до 10 м между промышленными цехами и другое).

Эвакуационные выходы из галерей и эстакад и переходные мостики над конвейерами следует располагать через 100 м. Мостики должны иметь ширину не менее 1,0 м, сплошной настил с отбортовкой понизу на высоту 0,15 м и ограждаться перилами высотой не менее 1,0 м.

При выходе на поверхность подземно-надземных галерей большой протяженности, более 25 м, в них должны быть предусмотрены наружные входы и переходные мостики через конвейер.

По ширине прохода вдоль трассы конвейеров, размещенных в галереях, имеющих наклон 6-12°, должны быть установлены ходовые трапы с поперечинами, а при наклоне более 12° - лестничные марши.

Необходимость устройства противопожарного водопровода, число и места расположения пожарных стояков и пожарных кранов для конвейерного транспорта, а также расходы воды на пожаротушение следует определять в соответствии с требованиями СП 30.13330.

Внутренний хозяйственно-питьевой водопровод и бытовая канализация в сооружениях конвейерного транспорта не предусматриваются.

Размеры и конструктивные решения сооружений конвейерного транспорта следует принимать с учетом размещения грузоподъемных и транспортирующих машин и механизмов для монтажа, эксплуатации и ремонта оборудования, в том числе для замены и стыковки конвейерных лент.

Для зданий погрузочных, перегрузочных и разгрузочных узлов следует рассматривать необходимость устройства монтажных проемов в зонах обслуживания грузоподъемными механизмами или другими устройствами. Монтажные проемы должны иметь ограждения или другие устройства для безопасной эксплуатации.

12.5 Категория токоприемников конвейерного транспорта должна соответствовать категории обслуживаемых предприятий или производств.

Вдоль конвейерной линии и на перегрузочных узлах следует предусматривать пункты подключения передвижных сварочных аппаратов и переносных трансформаторов ремонтного освещения на напряжение 220/36 В.

На конвейерах, входящих в автоматизированные транспортные или технологические линии, должны быть предусмотрены устройства для автоматической остановки привода при возникновении аварийной ситуации.

В схемах управления конвейерами должна быть предусмотрена блокировка, исключающая возможность повторного включения привода до ликвидации аварийной ситуации.

12.6 Движущиеся части конвейеров (приводные, натяжные и отклоняющие барабаны, натяжные устройства, канаты и блоки натяжных устройств, ременные и другие передачи, муфты и т.п., а также опорные ролики верхней и нижней ветви ленты) должны быть ограждены в зонах постоянных рабочих мест, связанных с технологическим процессом на конвейере или по всей трассе конвейера, если имеет место свободный доступ или постоянный проход вблизи конвейера.

Длина укрытия (ограждения) приводного барабана со стороны набегающей ленты конвейера на барабан должна быть не менее 0,8 м от обода (от радиуса) барабана.

Грузы натяжных устройств и натяжные барабаны конвейера должны быть ограждены и располагаться так, чтобы в случае обрыва ленты или каната исключалась возможность падения груза или барабана на людей или оборудование. Места под грузы должны быть ограждены на высоту не менее 2,0 м.

Допускается со стороны нерабочего прохода вдоль конвейера не устанавливать боковые ограждения, при условии, что доступ людей в эту зону закрыт калитками, заблокированными с приводом конвейера.

В производственных зданиях, галереях, тоннелях и на эстакадах вдоль трассы конвейера должны быть предусмотрены проходы для безопасного обслуживания, монтажа и ремонта:

- ширина прохода для обслуживания ленточных конвейеров не менее 0,8 м и 1,0 м между параллельно установленными конвейерами;
- ширина местного прохода для монтажа и ремонта отдельных узлов конвейеров должна быть не менее 0,5 м, высота - не менее 1,8 м;

- на участках трассы конвейера, над которыми перемещаются погрузочные и разгрузочные устройства, ширина проходов с обеих сторон конвейера должна быть не менее 1,0 м.

Высота проходов должна быть не менее:

- 2,1 м - для конвейеров с постоянными рабочими местами, установленных в производственных помещениях;

- 2,0 м - для конвейеров, не имеющих рабочих мест.

Через конвейеры длиной более 20 м, размещаемые на высоте не более 1,2 м от уровня пола до низа наиболее выступающих частей конвейера, должны быть сооружены мостики, огражденные поручнями высотой не менее 1,0 м, для прохода людей и обслуживания конвейеров.

Мостики через конвейеры должны размещаться на расстоянии друг от друга не более:

- 50 м - в производственных помещениях;

- 100 м - в галереях, на эстакадах.

Конвейеры, у которых оси приводных и натяжных барабанов, шкивов находятся выше 1,5 м (а при обосновании выше 1,8 м) от уровня пола, должны иметь площадки для обслуживания. Расстояние по вертикали от настила площадки до низа выступающих строительных конструкций (или коммуникационных систем) должно быть не менее 2,0 м.

На наклонных конвейерах, при угле более 10° , должны быть установлены ловители рабочей ветви ленты для ее удержания при обрыве.

На конвейерах с углом наклона более 6° должны устанавливаться автоматически действующие тормозные устройства, срабатывающие при отключении двигателя и препятствующие перемещению грузовой ветви ленты в обратном направлении.

12.7 Для промежуточной разгрузки ленточных конвейеров применяются сбрасыватели различной конструкции. При транспортировании как насыпных, так и штучных грузов широко применяются плужковые сбрасыватели. Они выполняются в виде жестких неподвижных заслонок или движущихся ленточных, имеющих приводной механизм. Сбрасывающий плужок может быть установлен стационарно в пункте разгрузки и откидывается в сторону, когда в нем отпадает необходимость или он устанавливается на подвижной тележке.

Двухбарабанный сбрасыватель является наиболее универсальным устройством для промежуточной разгрузки.

При транспортировании руды, склонной к налипанию, необходимо предусматривать установку эффективных устройств для очистки конвейерных лент: скребковые, щеточные, роликовые, вибрационные, гидравлические, пневматические и комбинированные. В качестве

профилактических мер против загрязнения ленты применяются гидрофобные покрытия, растворы, обогрев и переворачивание ленты на обратной ветви.

Средние сроки службы конвейерных лент в зависимости от условий эксплуатации, вида транспортируемого груза, типа ленты, ее длины и скорости нормирует ГОСТ 20-2018 для лент общего назначения, трудновоспламеняющихся и морозостойких.

12.8 В последнее время находят распространение крутонаклонные конвейеры. Они предназначены для транспортирования насыпных и штучных грузов под углами, превышающими максимальные (критические) углы, при которых груз, находящийся на гладком грузонесущем полотне, еще не имеет гравитационного перемещения. Конвейеры классифицируют по конструктивным и функциональным признакам устройств, удерживающих груз на грузонесущем элементе. Возможны следующие способы удержания груза на грузонесущем элементе – путем повышения коэффициента сцепления груза с поверхностью полотна, увеличение давления груза на полотно и создание подпора груза на полотне. Для насыпных грузов получили распространение крутонаклонные конвейеры со специальными лентами и с прижимной лентой.

Допустимые углы наклона конвейеров со специальными лентами с выступами – $30-35^{\circ}$ и с перегородками – $45-60^{\circ}$ при транспортировке насыпных грузов с кусками размером до 30 мм. Скорость ленты от 0,5 до 5 м/с в зависимости от угла наклона.

Конвейеры с прижимной лентой отличаются широкой областью применения, у которых угол наклона может достигать 60° при перемещении насыпных грузов крупностью до 400 мм.

Методика расчета этих конвейеров остается такой же, как и для обычных ленточных конвейеров.

12.9 Для транспортирования насыпных грузов на большие расстояния наибольшее распространение получили ленточно-канатные конвейеры со свободно лежащей лентой на двух тяговых канатах. Несущая лента снабжена поперечными стальными стержнями и имеет по краям утолщение с канавками, посредством которых она опирается на канаты. Канаты, в свою очередь, опираются на блоки, расположенные с шагом 5-8 м. Ширина специальной ленты 750-1600 мм, диаметр тяговых канатов 25-50 мм, скорость несущего полотна 1,2-3,0 м / сек, длина от 500 до 10000 м на один привод.

12.10 Автономными полностью собранными агрегатами, которые могут перемещаться целиком в рабочем состоянии в пределах обслуживаемого ими рабочего участка или с одного места работы на другое, являются передвижные ленточные конвейеры общего назначения по ГОСТ 2103-78. Они применяются для насыпных и легких штучных грузов при погрузке в

железнодорожные вагоны, автомашины, при подаче груза в бункер, а также при выполнении погрузо-разгрузочных работ на складах и т. д.

12.11 Разновидностью ленточных конвейеров являются катучие конвейеры, опорная металлическая конструкция которых установлена на колесных тележках, передвигающихся вдоль своей оси по рельсам.

По характеру работы катучие конвейеры делятся на откатные и челночные, а по направлению движения ленты – на реверсивные и нереверсивные. Откатные конвейеры передвигаются периодически и используются для распределения грузов по приемным пунктам при фиксированном положении конвейера. Челночные конвейеры совершают возвратно-поступательное движение и работают в непрерывном (челночном) режиме.

На конвейере имеется два вида привода: для передвижения ленты и перемещения самого конвейера. Следует предусматривать рельсовый путь и для колеса приводной станции. Натяжное устройство может быть винтовое или пружинное лебедочное.

12.12 Для высокопроизводительного транспортирования грузов по трассе большой протяженности (5-20 км по горизонтали и 1-2 км по наклону) в одном ставе без перегрузок применяются многоприводные ленточные конвейеры. Они могут быть разработаны в двух вариантах сочетаний типов приводов:

- барабанный привод на головном (возможно и также и на хвостовом) барабане при нескольких промежуточных прямолинейных приводах, размещенных вдоль трассы конвейера;

- головной и хвостовой барабаны не имеют приводных механизмов и используются только как оборотные барабаны, а конвейер приводится в движение только от необходимого количества прямолинейных промежуточных приводов, размещенных вдоль трассы конвейера.

12.13 Требования пожарной безопасности для сооружений следует предусматривать в соответствии с перечнем НПБ 110-03 [13].

При проектировании конвейерного транспорта с учетом категории по пожарной опасности сооружений и производств, а также класса грузов.

12.14 Ленты должны быть намотаны на специальные деревянные транспортировочные барабаны или наборные резинотканевые бобины, обеспечивающие механическую намотку и размотку рулона. (Допускается упаковка лент длиной до 50 м в рулоны без использования бобин). Масса брутто пакета не должна превышать 1 т. Ленты хранят в закрытых помещениях при температуре от минус 5 до плюс 30⁰С.

Ленты должны быть защищены от воздействия прямых солнечных и тепловых лучей, кислот, щелочей, масел, бензина, керосина их паров и других веществ, разрушающих резину и ткань.

Допускается кратковременное (не более 15 суток) хранение рулонов лент под навесом. После транспортирования и хранения при отрицательной температуре ленты перед монтажом должны быть выдержаны при температуре $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ не менее 24 ч.

Методика установления условий эксплуатации конвейерных лент. Ленты не взрывоопасны, самопроизвольно не воспламеняются, горят только при внесении в открытый источник огня. Средства пожаротушения: пенные и углекислотные огнетушители, асбестовое полотно, песок, вода, воздушно-механическая пена.

Склад должен быть оборудован средствами пожаротушения.

Ленты при эксплуатации и хранении не выделяют в окружающую среду токсичных веществ и не оказывают вредного воздействия на организм человека при непосредственном контакте.

Ленты, утратившие потребительские свойства, по степени воздействия на окружающую среду подлежат утилизации на полигоне промышленных отходов.

12.15 Помимо ленточных конвейеров на ГМЗ следует применять вибрационные конвейеры, принцип действия которых основан на колебательном движении рабочего грузонесущего органа. Они предназначены для транспортировки тонкодисперсных (от десятков микрон), зернистых и кусковых материалов (до 1000 мм и более) с температурой транспортируемого груза до $1000\text{--}1200^0 \text{ C}$ в горизонтальном, наклонном или вертикальном направлениях.

Температура груза допускается от минус 25 до плюс 200^0 C .

Скорость перемещения груза на горизонтальных вибрационных конвейерах составляет 0.1...0.3 м/с.

При оптимальных режимах вибрации и хорошей подвижности материала скорость его перемещения может возрасти до 0.6 м/с.

С увеличением угла наклона конвейеров, работающих на подъем, скорость перемещения груза снижается примерно на 3...5% в расчете на каждый градус подъема (при транспортировании вниз - в такой же пропорции повышается).

По этой причине угол наклона виброконвейеров, работающих на подъем, обычно не превышает 10° . Производительность виброконвейеров не превышает 200 т/ч, длина транспортирования не более 80 м

По конструкции вибрационные конвейеры изготавливаются трубные и желобчатые.

Основные параметры и размеры:

- внутренний диаметр трубы от 100 до 500 мм;
- внутренняя ширина желоба от 125 до 1260 мм;
- высота желоба от 80 до 400 мм;

- максимальный размер кусков не должен превышать для несортированного груза $1/4$, а для сортированного груза $1/3$ диаметра или ширины грузонесущего органа конвейера.

Конструкция конвейера должна обеспечивать:

- разборку на монтажные секции с длиной, удобной для их транспортировки;
- разборку привода и упругих элементов без демонтажа грузонесущих органов.

При установке вибрационных конвейеров необходимо предусматривать защиту обслуживающего персонала от вибрации.

12.16 Ориентировочный расчет вибрационных конвейеров может быть произведен на основании известной производительности конвейера Q т/час

$$Q = 3600 A * \vartheta * \rho \quad (12.1)$$

где площадь поперечного сечения материала объемной плотностью ρ т/м³ при ориентировочном заполнении на 12,5 % вычисляют по формуле

$$A = \pi * D^2 / 16 \quad (12.2)$$

скорость транспортирования материала в резонансном режиме ϑ , м/с, вычисляют по формуле

$$\vartheta = g * \text{ctg } \alpha / 2 \omega \quad (12.3)$$

где g – ускорение силы тяжести;

ω – частота вынужденных колебаний;

α – угол перемещения материала.

При $\omega = 50$ Гц и $\alpha = 20^\circ$:

$$\vartheta = 9,81 * \text{ctg } 20 / 2 * 50 = 0,27$$

Отсюда:

$$Q = 3600 * \pi * D^2 * 0,27 * \rho / 16 = 191 * D^2 * \rho \quad (12.4)$$

Тогда диаметр $D = \sqrt{(Q / 191 * \rho)}$, м

Мощность для перемещения материала P , кВт вычисляют по формуле

$$P = Q * H / 367 + Q * L * k / 367 \quad (12.5)$$

где H – высота подъема груза, м;

L – горизонтальная проекция конвейера, м;

k – общий коэффициент сопротивления перемещению материала (0,35...0,75).

12.17 На ГМЗ также имеют ограниченное применение винтовые конвейеры в качестве вспомогательных установок для перемещения пылевидных и мелкозернистых материалов на относительно короткие расстояния.

Стандарт распространяется на горизонтальные и наклонные одновинтовые конвейеры со сплошным винтом, предназначенные для транспортирования неабразивных и абразивных

насыпных грузов с объемной массой до 2600 кг / м³, пылквидных, порошкообразных, мелкокусковых, мелкозернистых размером куска до 20 мм, при температуре до 80⁰ С.

Винтовые конвейеры подразделяются:

- на горизонтальные и наклонные (угол наклона до 20⁰);
- с винтом постоянного и переменного диаметра;
- с винтом постоянного и переменного шага;
- на однозаходные и двухзаходные;
- с правым, левым и комбинированным направлением спирали.

Производительность конвейера вычисляют по формуле

$$Q = 47 * D^2 * s * n * \rho * \psi * c, \text{ т / час} \quad (12.6)$$

где D – диаметр винта, м

s – шаг винта, равный (0,8 или 1,0) * D, м

n – частота вращения винта, об / мин по табл. 47

ρ – удельная масса транспортируемого материала, т / м³

ψ – коэффициент заполнения желоба (для руды 0,25)

c – коэффициент, учитывающий угол наклона конвейера по табл. 48

Таблица 14.6 Предельная скорость вращения винта

D, мм	150	200	250	300	400	500	600
n, об / мин	24-150	24-180	24-118	19-118	19-95	19-95	15-75

Таблица 14.7 Значение коэффициента «с»

Угол наклона конвейера	0 ⁰	5 ⁰	10 ⁰	15 ⁰	20 ⁰
Коэффициент «с»	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6

Полученный диаметр винта проверяется по кусковатости материала по таблице 50.

Таблица 14.8 Допустимый размер кусков материала в зависимости от диаметра винта

Содержание крупных кусков в общей массе материала, %	Диаметр винта, мм			
	200	300	400	500
80	18	25	35	45
15	40	70	100	125

Мощность на винтовом валу наклонного конвейера N_0 , кВт, вычисляют по формуле

$$N_0 = Q * L * k / 367 \pm Q * H / 367, \quad (12.7)$$

гд: Q – производительность конвейера, т / час

L – длина горизонтальной проекции конвейера, м

k – общий коэффициент сопротивления, (2,5÷4,0)

H – высота подъема, м

Мощность двигателя

$$N = 1,2 * N_0 / \eta, \text{ кВт} \quad (12.8)$$

где: q - коэффициент полезного действия (0,6÷0,7).

12.1.18 Расчет и проектирование ленточных конвейеров

Расчет конвейеров при проектировании проводится в два этапа: предварительный расчет основных параметров конвейерной установки в соответствии с техническим заданием на проектирование и поверочный расчет, определяющий прочность узлов и деталей и соответствие техническому заданию (в процессе поверочного расчета уточняются значения параметров конвейера, определенные в предварительном расчете).

Техническое задание на проектирование транспортирующей установки должно содержать характеристику транспортируемого груза, максимальную производительность машины, сведения об условиях работы и схемы трассы транспортирования со всеми необходимыми размерами.

В характеристике насыпного груза указывается его наименование, насыпная плотность, род груза (рядовой, сортированный), максимальный размер типичных кусков и наибольших кусков, влажность, коэффициент внутреннего и внешнего трения, начальное сопротивление сдвигу, процентное содержание максимальных кусков и самых мелких фракций (порошкообразных и пылевидных).

В условия работы включаются следующие сведения: число часов работы в сутки и дней работы в год; место установки (отапливаемое или неотапливаемое помещение, на открытом воздухе и т. п.); пределы колебаний температуры окружающей среды; наличие повышенной влажности, химически активных газов, запыленность воздуха и т.п.

Расчет ленточных конвейеров по заданной производительности производится по известным методикам и включает.

- Определение режима работы и нагружения конвейера.
- Определение условий работы конвейера.
- Выбор проектной схемы конвейера.
- Выбор угла наклона конвейера и скорости движения ленты.
- Выбор ленты конвейера.
- Выбор ширины ленты.
- Расчет прочности ленты.
- Выбор типа опоры для ленты конвейера.
- Расположение роlikоопор по длине конвейера.
- Размеры барабанов.
- Выбор типа натяжного устройства, его основных параметров и места установки на конвейере.
- Выбор загрузочного устройства конвейера и определение его параметров.

- Выбор устройства для очистки ленты.
- Выбор типа привода.
- Тяговый расчет.
- Проверка электродвигателя по пусковым нагрузкам.
- Проверка времени пуска конвейера.
- Расчет тормозного момента.

Практически такой расчет выполняется предприятием-изготовителем конвейера по Техническому заданию проектной организации.

Для предварительного выбора ленточного конвейера использовать Пособие к СНиП 2.05.07-85* [14]

12.19 При проектировании установок конвейеров всех типов необходимо руководствоваться общими требованиями безопасности – по ГОСТ 12.2.003-91 и ГОСТ 12.2.022-80 включающими:

- требования к конструкции;
- требования к средствам защиты;
- требования к размещению в производственных зданиях, галереях, тоннелях и на эстакадах.

13 Гидравлический транспорт

13.1 Для транспортирования пульп и растворов следует применять напорные или самотечные трубопроводы, проектные решения которых следует разрабатывать в соответствии с СП 33.13330.2012, СП 61.13330.2012, инструкциями СН 527-80 [15] и ВСН 440-83 [16].

Нормы и правила настоящего раздела следует соблюдать при проектировании гидравлического (напорного и безнапорного) транспорта (гидротранспорта) промышленных предприятий для перемещения растворов и гидросмеси (пульпы)

Безнапорный гидротранспорт следует применять при естественном уклоне местности по трассе, достаточном для надежного перемещения гидросмеси по лоткам, желобам или трубам.

В остальных случаях для перемещения гидросмеси следует применять напорный гидротранспорт по трубам за счет естественного напора, создаваемого разностью высотных отметок, или напора, создаваемого искусственно (насосами).

13.2 При транспортировании мелкозернистого материала и отсутствии в гидросмеси компонентов, обладающих цементирующей способностью, допускается образование слоя заилиения, толщина которого не должна превышать 10% диаметра пульпопровода.

Транспортирование смесей крупнокусковых и мелкозернистых материалов следует производить в режимах, исключающих возможность накопления крупнокускового материала в пульпопроводах.

Расчеты параметров гидротранспорта следует производить с учетом физико-механических свойств транспортируемого материала и плотности гидросмеси.

Потери напора на местные сопротивления для расчетов принимают в пределах 10 - 15% величины потерь напора на трение по длине трубопровода.

Расчеты, связанные с выбором оборудования и труб гидротранспортной системы, следует выполнять по среднему (средневзвешенному) гранулометрическому составу транспортируемого материала.

В случаях, когда в потоке гидросмеси содержатся разновидности материалов, гранулометрический состав которых отличается на 10 - 20% от среднего (средневзвешенного), следует выполнять поверочные расчеты для каждой из разновидностей транспортируемых материалов.

13.3 В качестве основного вида труб для технологических трубопроводов следует применять электросварные трубы из углеродистой стали по ГОСТ 10704-91.

В исключительных случаях допускается применение стальных бесшовных труб по ГОСТ 8732-78 и ГОСТ 8734-75

Для транспортирования сильно абразивных материалов следует применять стальные трубы с внутренней футеровкой (каменное литье, полиуретан, карбид кремния и т.д.).

Материал труб следует принимать с учетом свойств транспортируемого материала, назначения труб, срока эксплуатации системы.

Для напорных пульпопроводов следует применять стальные трубы общего назначения с антикоррозионной защитой. Для пульпопроводов с рабочим давлением до 1 МПа следует применять неметаллические трубы (железобетонные, асбестоцементные, пластмассовые, фанерные и др.).

Лотки и желоба для безнапорного гидротранспорта следует применять неметаллические. В необходимых случаях их следует защищать износоустойчивыми элементами (из каменного литья, чугуна и т.д.).

13.4 При определении толщины стенки трубы и соединительных деталей трубопроводов, используемых на опасных производственных объектах, под воздействием

внутреннего избыточного и наружного давления, а также при расчете на прочность и устойчивость технологических трубопроводов следует руководствоваться ГОСТ 32388.

Он содержит:

- антисейсмические мероприятия для надземных трубопроводов, работающих при сейсмичности 7, 8 и 9 баллов по шкале MSK-64;
- методы и средства защиты трубопровода от вибрации;
- следующие требования по недопущения применения трубопроводов из полимерных материалов:
 - для транспортирования чрезвычайно и высоко-опасных веществ классов 1, 2 по ГОСТ 12.1.007-76 (технологические трубопроводы группы А категории 1);
 - для транспортировки веществ, к которым материал труб и деталей химически не стоек;
 - в районах с расчетными температурами наружного воздуха (наиболее холодной пятидневки) ниже минус 40 °С для труб из полиэтилена и минус 10 °С для труб из полипропилена и поливинилхлорида.
 - деление на группы и категории трубопроводов из полимерных материалов в зависимости от физико-химических свойств транспортируемых по ним веществ (группы А, Б, В и категории II, III, IV, V).

Толщину стенок труб необходимо рассчитывать на воздействие давления транспортируемой среды, временных нагрузок и нагрузок от гидравлического удара.

Нагрузки и воздействия и соответствующие им коэффициенты надежности по нагрузкам следует принимать по таблице 13.1.

Таблица 13.1 – Коэффициенты надежности по нагрузкам.

Нагрузки и воздействия	Коэффициент надежности по нагрузкам
Собственный вес трубопровода и обустройств	1,0
Внешнее давление (грунт, вода)	1,2
Внутреннее давление (рабочее) – напор развиваемый грунтовым насосом (насосами)	1,5
Вес материала гидротранспортирования	2,0
Температурные воздействия	1,1
Снеговая, гололедная и ветровая нагрузки	1,3
Центробежная сила на повороте трубопровода	1,5

Минимальную толщину стенки пульпопровода, определенную расчетом по прочности, следует увеличивать с учетом ежегодного абразивного износа, определяемого расчетом.

13.5 Для стыковки стальных труб магистральных участков пульпопроводов следует предусматривать, как правило, сварные соединения. При подключении фасонных частей и арматуры следует применять фланцевые соединения.

Выбор фланцевых соединений следует осуществлять:

- по конструктивному исполнению (приварные встык, плоские, резьбовые и т. д.);
- по типу уплотнительной поверхности (с соединительным выступом, выступ-впадина, шип-паз и т. д.)
- по типу и материалу прокладки.

Стандартные фланцевые соединения принимать по ГОСТ 33259-2015

Для увеличения сроков службы пульпопроводов следует предусматривать возможность их поворота вокруг оси на $90 - 120^\circ$ в процессе эксплуатации.

Для удобства поворота вокруг оси пульпопроводы надлежит разбивать на участки, соединенные между собой поворотными фланцами.

13.6 Радиусы сопряжения прямых участков следует принимать: не менее 1,5 диаметров пульпопровода - при условии применения отводов повышенной износостойкости заводского изготовления; и не менее 5 диаметров пульпопровода - при применении отводов, изготавливаемых из стальных труб общего назначения.

Углы поворота пульпопроводов, располагаемых на эстакадах, следует предусматривать только при наличии анкерных опор, снабженных компенсаторами.

В местах резкого изменения направления трассы пульпопровода, когда возникающие осевые усилия не могут быть восприняты стыками труб, следует устанавливать анкерные опоры.

Во всех случаях необходимо обеспечить возможность работы кранов, трубоукладчиков или другого вспомогательного оборудования для проведения монтажных и ремонтных работ.

Подъем пульпопровода на здания и сооружения, где это требуется по условиям производства, следует предусматривать под углом менее 35° или в интервале $60 - 90^\circ$, при которых обеспечивается минимальный износ трубопровода.

Расстояние по вертикали от низа конструкции эстакады при надземном переходе должно быть:

- до верха покрытия автомобильных дорог и улиц - не менее 5 м, а при высоте обращающихся автомобилей более 4 м - не менее высоты автомобиля плюс 1 м;
- при пересечении воздушных линий электропередачи высокого напряжения - в соответствии с правилами устройства электроустановок;

- до поверхности земли на незастроенной территории - не менее 2,5 м.

При пересечении надземных трубопроводов с воздушными линиями электропередачи и связи должны быть приняты меры, препятствующие попаданию содержимого на провода в случае разрыва трубопровода (устройство защитных козырьков, применение труб повышенной прочности).

Температурные компенсаторы надлежит устанавливать на прямолинейных участках пульпопровода при:

- отсутствии самокомпенсирующей способности пульпопровода;
- соединении труб, не компенсирующем осевые перемещения, вызываемые изменением температуры окружающей среды, воды или гидросмеси;
- возможности просадки грунтов основания.

Расстояния между компенсаторами и неподвижными опорами следует определять расчетом.

13.7 Для защиты от коррозии наружной поверхности трубопроводов и арматуры из углеродистой стали необходимо предусматривать их лакокрасочное покрытие. Наружные поверхности пульпопроводов следует защищать от атмосферной коррозии путем нанесения битумных покрытий по ГОСТ 9812-74 или антикоррозионных красок на очищенную от ржавчины и окалины, обезжиренную поверхность.

Пульпопроводы и другие сооружения гидротранспорта должны быть защищены от почвенной коррозии и коррозии блуждающими токами по ГОСТ 9.602.

Кроме того, на трубопроводы должны быть нанесены опознавательная окраска, предупреждающие знаки и маркировка по ГОСТ 14202-69.

13.8 Необходимость применения теплоизоляции пульпопроводов следует определять теплотехническими расчетами. При применении кольцевой теплоизоляции для ее защиты следует предусматривать асбестоцементную штукатурку по проволочной сетке, рулонные изоляционные материалы.

Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов по СП 61.13330.2012.

Применение толя, а также мешковины и других тканей с масляной окраской не допускается.

13.9 Продольный уклон напорных пульпопроводов должен быть не менее 0,5% по направлению к выпуску. При соответствующем обосновании допускается применять меньший уклон, при этом должны быть предусмотрены средства, обеспечивающие опорожнение труб (задвижки, клапаны).

13.10 При проектировании трубопроводов за основу берутся следующие основные конструктивные параметры:

- требуемая производительность;
- состав среды, включая вязкость и удельный вес;
- топографические условия маршрута трубопровода;
- максимально допустимое рабочее давление;
- гидравлический расчет;
- диаметр трубопровода, толщина стенок, предел текучести материала стенок при растяжении;
- потребляемая мощность перекачивающего устройства.

Производительность трубы Q , м³/час, вычисляют по формуле

$$Q = 3600 \cdot V(\pi \cdot D^2)/4, \quad (13.1)$$

где D – диаметр трубопровода, м

V – скорость потока, м/с

На практике для расчета оптимального диаметра трубопровода используют значения оптимальных скоростей перекачиваемой жидкости (пульпы) в м/с, составленных на основе опытных данных:

- при движении самотеком- для вязких сред – 0,1-0,5 и маловязких сред – 0,5-1,0
- при перекачивании насосом – всасывающая сторона – 0,8-2,0 и нагнетательная сторона – 1,5-3,0.

При перекачивании насосом плотных пульп скорость снижается до 1,0-1,5 м/с

13.11 Диапазон оптимальных скоростей других сред в трубопроводе, м/с:

- а) для газа – при естественной тяге 2-4, при малом давлении 4-15 и при большом давлении 15-25;
- б) для пара
 - перегретого 30-50;
 - насыщенного:
 - под давлением более 10^5 Па – 15-25,
 - под давлением $(0,5-1,0) \cdot 10^5$ Па – 20-40,
 - под давлением $(0,2-0,5) \cdot 10^5$ Па – 40-60,
 - под давлением $(0,05-0,2) \cdot 10^5$ Па – 60-75.

14 Производственные объекты вспомогательного назначения

14.1 Реагентное и складское хозяйство

14.1.1 При проектировании складов и хранилищ различного назначения с погрузочно-разгрузочными сооружениями и устройствами следует руководствоваться нормами

проектирования соответствующих складов и хранилищ с учетом требований раздела 5 СП 37.13330.2012, СП 56.13330.2021 и СНиП 21-01-97*.

14.1.2 Размещение складов следует предусматривать, как правило, в складских зонах предприятия с максимальным использованием возможностей блокировки складских зданий различного назначения в единые корпуса и объединения вспомогательных служб и сооружений складского хозяйства.

Для тарных и штучных грузов, требующих закрытого хранения, следует проектировать одноэтажные крытые склады с внутренним или наружным расположением погрузочно-разгрузочных путей, оборудованные устройствами пожарной и охранной сигнализации, удовлетворяющие санитарным нормам, с механизацией погрузочно-выгрузочных работ. На грузовых дворах с большим объемом переработки тарных и штучных грузов следует проектировать многопролетные одноэтажные склады с внутренним вводом погрузочно-разгрузочных путей. В обоснованных случаях допускается проектировать многоэтажные склады с внутренним расположением путей.

Погрузо-разгрузочные рампы и платформы следует проектировать с учетом требований защиты грузов и погрузо-разгрузочных механизмов от атмосферных осадков. Навес над железнодорожными погрузочно-разгрузочными рампами и платформами должен не менее чем на 0,5 м перекрывать ось железнодорожного пути, а над автомобильными рампами должен перекрывать автомобильный проезд не менее, чем на 1,5 м от края рампы.

Длину склада следует определять в зависимости от требуемой емкости с учетом необходимой длины погрузочно-разгрузочного фронта и числа путей, при этом длина склада с внутренним или наружным расположением путей должна быть, как правило, не более 300 м. Ширину погрузочно-разгрузочных рамп и платформ необходимо принимать в соответствии с требованиями технологии и техники безопасности погрузочно-разгрузочных работ.

14.1.15 Для механизации погрузочно-разгрузочных работ рекомендуется применять:

- в крытых складах - электропогрузчики соответствующей грузоподъемности, а также самоходные электротележки; в отдельных случаях возможно применение других средств механизации (мостовых кранов, кранов-штабелеров, кран-балок, цепных, ленточных и пластинчатых конвейеров, рольгангов и прицепных тележек с тягачами и др.);

- на общих открытых складах, предназначенных для переработки контейнеров, тяжеловесных грузов, лесоматериалов и других длинномерных грузов, а также металла - козловые или мостовые краны соответствующей грузоподъемности и другое оборудование;

- на специализированных контейнерных пунктах - козловые и мостовые краны с повышенными скоростями передвижения крана, со средним и тяжелым режимом работы;

- на перегрузочных платформах и погрузочно-разгрузочных путях, предназначенных для перегрузки грузов из вагонов по вариантам "вагон-вагон" или "вагон-автомобиль" - самоходные разгрузчики, электропогрузчики, ленточные и пластинчатые конвейеры, роулеры, краны на автомобильном ходу и другие механизмы;

- на открытых площадках для переработки насыпных грузов - повышенные пути, эстакады и устройства для открытия и закрытия люков и зачистки вагонов, а также средства механизации погрузки этих грузов в автомобили и штабелирование их на складе.

Для выгрузки смерзшихся навалочных грузов рекомендуется применять бурорыхлительные машины, виброрыхлители различных систем и виброударные установки с учетом требований ГОСТ 22235- 2010.

14.1.16 Снабжение ГМЗ материалами, оборудованием и запасными частями осуществляется от базисных складов. Для обеспечения этих оперативных потребностей предусматриваются расходные склады. Возможно частичное совмещение этих складов по некоторой номенклатуре складирования.

Нормативные запасы сменного оборудования и запасных частей на базисных складах принимать равными 90 суток и не менее года для запасных частей, используемых реже 1 раза в год.

Нормативные запасы материалов на базисных складах зависят от режима поставки, требований к условиям хранения и способа передачи в расходные склады, но не менее 30 суток.

Для хранения материалов, оборудования, труб, трубопроводной арматуры и запасных частей используются отапливаемые и неотапливаемые здания, навесы и открытые площадки. Выбор способа хранения определяется техническими условиями на соответствующую номенклатуру.

14.1.17 Дренажные системы полов отделений приготовления и хранения растворов реагентов должны обеспечивать отдельный сбор и возврат пролитых растворов различных составов или их обезвреживание перед удалением.

Технологический регламент должен содержать следующие технические данные по примененным в проекте реагентам:

- химическая формула;
- физическое состояние при поступлении;
- способ транспортировки от поставщика и хранения;
- концентрация раствора при использовании в технологическом процессе;
- температура раствора;
- класс опасности реагента;

- предельно-допустимые концентрации в воздухе;
- токсичность и техническое воздействие на организм. –

14.2 Снабжение сжатым воздухом

14.2.1 Обеспечение сжатым воздухом предусматривается от компрессорной станции, проектируемой в составе ГМЗ, в соответствии с ГОСТ 12.2.016-81

Количество, давление и допустимая температура сжатого воздуха определяются соответствующими потребителями технологического и вспомогательного назначения.

Емкость ресивера компрессора не должна быть меньше 8 секунд работы компрессора.

Категория электроснабжения компрессорной вторая. Предусмотреть установку резервного компрессора с обеспечением электропитания по 1-й категории для аварийного барботирования пульпы в пачуках.

Прокладку межцеховых сетей сжатого воздуха предусматривать по галереям конвейеров или по эстакадам совместно с другими коммуникациями с уклоном не менее 0,003 в сторону движения воздуха.

Внутрицеховые сети сжатого воздуха, независимо от назначения, выполнять закольцованными с установкой запорной арматуры, позволяющей отключать поврежденные участки без прекращения подачи сжатого воздуха другим потребителям.

Разводку сетей сжатого воздуха для ремонтно-эксплуатационных нужд проектировать по основным отметкам с расположением точек отбора через 24 метра.

Предусмотреть установку приборов учета расхода сжатого воздуха и контроля его давления и температуры на общей сети и сетях основных отделений ГМЗ.

На вводе сжатого воздуха в каждый корпус устанавливать запорную арматуру и влагомаслоотделители.

14.2.2 Для питания исполнительных механизмов оборудования и арматуры, пневмошуровки материалов, склонных к налипанию или изменяющих свои свойства при контакте с водой, запроектировать сети осушенного воздуха.

Установку осушки воздуха предпочтительно размещать сблокированной с компрессорной, или на входе трубопровода со сжатым воздухом в главный корпус.

Трубопроводы осушенного сжатого воздуха, питающие средства контроля и автоматизации должны иметь:

- накопительные устройства, обеспечивающие работу указанных средств в течение часа после прекращения подачи сжатого воздуха;
- запорную арматуру, препятствующую проникновению осушенного воздуха в общий воздухопровод.

14.2.3 Шуму, создаваемому при работе компрессорных установок и других машин и механизмов сопутствуют низкочастотные звуки инфразвукового диапазона, не воспринимаемые слуховым анализатором человека.

Инфразвук - звуковые колебания и волны с частотами, лежащими ниже полосы слышимых (акустических) частот - 20 Гц. Нормируемые параметры и предельно допустимые уровни инфразвука на рабочих местах устанавливаются согласно СН 2.2.4/2.1.8.583. 2.2.4.

В случае, если результаты расчета уровня шума в расчетной точке превышают нормативные значения проектными решениями должны быть предусмотрены шумозащитные мероприятия.

Эффективным способом подавления шума работающих компрессорных установок является расположение их в отдельных зданиях или изолированных помещениях, а для мотористов-компрессорщиков использование шумозащитных наушников и других средств индивидуальной защиты.

Применение глушителей в компрессорных установках снижает уровень шума на 15-20 дБ.

15 Проектные решения, направленные на соблюдение требований технологического регламента

15.1 Контроль и регулирование технологического процесса для обеспечения требований технологического регламента следует осуществлять приборными и аналитическими средствами.

Система контроля и регулирования средствами КИПиА технологических операций приведена в разделе 6.

Система аналитического контроля технологического процесса предназначена для определения качества исходной руды и продуктов ее переработки. Кроме того, эта система предусматривает периодический контроль качества партий реагентов и вспомогательных материалов.

Данные аналитического контроля используются для расчета товарного, балансового и оперативного показателей работы ГМЗ.

Система аналитического контроля, основанная на требованиях технологического регламента, включает:

- систематический отбор проб исходной руды и продуктов ее переработки
- периодический отбор проб вспомогательных материалов и реагентов, непосредственно связанных с основным технологическим процессом;
- выбор средств доставки проб;

- подготовка проб к анализу;
- использование методик и технических средств для анализа.

При проектировании системы контроля, направленной на соблюдение требований технологического регламента, включая установки для отбора проб, проборазделочные и лаборатории, необходимо руководствоваться ГОСТ 14180-80

В составе технологической документации следует разработать схему опробования с таблицей, включающей: № опробуемого продукта по схеме, его наименование, вид пробы (разовая, среднесменная или среднесуточная), характеристику пробоотбора (место установки пробоотборника, тип устройства, № поз. по аппаратурной схеме, периодичность отбора, объем пробы), сокращение или накопление (тип устройства, № поз. по аппаратурной схеме, объем конечной пробы), доставка (периодичность, способ, тип устройства), подготовка к анализу (способ, тип устройства, масса или объем пробы), анализ (место проведения, количество проб в сутки и за год, определяемые компоненты, метод определения, время выполнения одного анализа или n-ого количества анализов, производительность установленного прибора, количество приборов, количество лаборантов).

15.2 Отбор проб включает определение перечня продуктов, мест отбора проб и их частоты, способов отбора проб и методов их формирования;

Контроль качества партий реагентов и материалов на соответствие их соответствующим стандартам или техническим условиям производится при поступлении на промышленную площадку ГМЗ.

15.3 Известно, что на ряде крупных рудоперерабатывающих предприятиях применяется система автоматического отбора и доставки пульповых проб, включающая:

- пробоотборник;
- блок приема проб с накопителем и сократителем проб;
- формирователь проб и пневмотранспорт отобранных проб в лабораторию по трубопроводам в виде пульповых проб.

При наличии соответствующих требований для отбора проб и доставки их в лабораторию предусматривается патронная пневмопочта.

Допускается при незначительном количестве проб и коротком пути до лаборатории использование более простой и надежной системы, включающей пробоотборник с сократителем и накопителем (при необходимости), помещение отобранной порции в переносной сосуд и последующая его ручная доставка в лабораторию.

15.5 Для обеспечения качественного контроля за технологическим процессом рекомендуется предусматривать применение следующих технических средств в лабораториях

ГМЗ, которые: следует размещать в изолированных помещениях производственных зданий наиболее контролируемых технологических переделов.

- дистанционной передачи результатов анализа в соответствующие операторские пункты цехов, отделений и в центральный диспетчерский пункт, при этом передаваемые данные должны автоматически фиксироваться в местах выдачи и приема информации;

- оборудование точек отбора и формирования проб средствами автоматизации, обеспечивающими заданную последовательность отбора проб, их представительность;

- доставки проб из цехов в лабораторию в виде пульповой пробки, или пневмопочты с использованием специальных контейнеров или патронов; при этом станции приема и отправления должны быть снабжены сигнализацией и блокировкой, обеспечивающий заданный режим работы и безопасность при обслуживании;

- многоканальных, быстродействующих, высокочастотных анализаторов с использованием рентгеноспектральных или абсорбционных методов контроля содержания различных элементов в твердой и жидкой фазах пульп и растворов. лабораторных полярографов, титрометров, рН-метров, электромагнитных анализаторов, аналитических и технических весов и т.д.

В зависимости от конкретных условий рентгеноспектральные и другие анализаторы следует применять для экспресс-анализов как на дискретных порошковых пробах, так и на потоке анализируемой пробы.

В каждом отдельном случае конкретный перечень необходимого оборудования лаборатории должен определяться исходными данными технологического регламента.

Вопрос целесообразности применения определенной системы лабораторного анализа и средств автоматического контроля должен решаться на основании технического и экономического обоснования.

15.6 Заводская лаборатория

15.6.1 Программа работ заводской лаборатории ГМЗ при наличии центральной научно-исследовательской лаборатории горнорудного комбината:

- контроль поступающего рудного сырья;
- анализы проб продуктов технологического процесса;
- контроль качества готовой продукции;
- входной контроль партий реагентов и материалов, поступающих на ГМЗ;
- исследования по совершенствованию технологии;
- разработка и внедрение новых методик анализа;

- содействие в работе службы технического контроля комбината по программе, включающей товарное опробование исходного сырья, хвостов и готовой продукции, а также сбор и анализы контрольных технологических проб;

- содействие в работе СКУТ и ООС комбината по проведению замеров вредных веществ в производственных помещениях ГМЗ, воздушной и водной средах и почве СЗЗ ГМЗ в части отбора проб и их анализа.

Для небольших предприятий при отсутствии центральной научно-исследовательской лаборатории заводская лаборатория получает статус Центральной заводской лабораторией с дополнением программы работ по горнорудному направлению.

Допускается располагать отдельные экспресс-лаборатории, входящие в состав заводской лаборатории по технологическому и функциональному признакам, в отдельных корпусах с учетом территориального расположения обслуживаемых технологических объектов с программой работ, ограниченной анализом проб.

15.6.2 Заводскую лабораторию следует размещать в изолированных помещениях производственного здания, включающего наиболее контролируемые технологические переделы для максимального сокращения путей доставки проб.

Допускается располагать дополнительные экспресс-лаборатории, входящие в состав заводской лаборатории по технологическому и функциональному признакам, в отдельных корпусах с учетом территориального расположения обслуживаемых технологических объектов с программой работ, ограниченной анализом проб.

15.6.4 В состав помещений службы технического контроля – самостоятельного структурного подразделения предприятия, которое проверяет соответствие его продукции или процесса установленным стандартам или техническим требованиям, при расположении внутри заводской лаборатории должны входить:

- кабинет руководителя службы;
- проборазделочная для исходного сырья, в которой размещаются сушилка, дробилки, измельчители, сократители и весовое оборудование;
- проборазделочная для хвостовых продуктов, в которой находится оборудование для фильтрации, сушки, доизмельчения и взвешивания;
- проборазделочная для прочих продуктов (подготовка проб готовой продукции осуществляется на участке затаривания);
- комната для определения влаги, содержащая сушильные шкафы и весовое оборудование;
- склад для хранения проб в течение нормативного срока.

15.6.5 В состав помещений СКУТ и ООС при расположении внутри заводской лаборатории должны входить:

- кабинет руководителя службы;
- весовая для анализов на пыль;
- комната для радиохимических анализов;
- комната для радиометрических анализов на радон и аэрозоли;
- две кладовых для обычных и специальных проб.

16 Автоматизация технологических процессов

16.1 Автоматический контроль и регулирование основных технологических процессов

16.1.1 Рекомендуемые объемы автоматизации даются с указанием только назначения прибора или системы контроля и регулирования без уточнения технических данных приборов. Это сделано для более широкой возможности использования настоящего стандарта при разработке отдельных узлов автоматизации применительно к каждому конкретному случаю с учетом действующей в данное время номенклатуры приборов и средств автоматизации

При питании электродвигателей и цепей управления от разных трансформаторов должна быть предусмотрена блокировка, отключающая цепи управления при исчезновении напряжения на электродвигателе.

16.1.2 Автоматизация цикла дробления на обогатительной фабрике должна способствовать:

- обеспечению нормативной полноты движения механизмов (коэффициента использования оборудования по времени);
- повышению производительности оборудования при заданном количестве готового продукта;
- повышению производительности труда, уменьшению общего количества обслуживающего персонала и, в частности, высвобождению людей, находящихся в помещениях с тяжелыми и вредными условиями труда.

Для решения поставленных задач рекомендуется проектировать следующие системы автоматики:

- фиксацию положения вагонов с рудой перед приемным бункером для дистанционного управления процессом разгрузки думпкаров с помощью датчиков, подающих светофором сигнал машинисту, либо обеспечивающих автоматическую безлокомотивную подачу думпкаров;

- контроль минимального уровня руды в бункере над пластинчатым питателем для обеспечения рудной «постели» в бункере во избежание повреждения пластин питателя и выброса мелочи и пыли при загрузке руды; от соответствующих датчиков осуществляется аварийная сигнализация обслуживающему персоналу и оператору, и подается команда в схему управления электроприводом на автоматическую остановку питателя;

- контроль завала дробилок для предупреждения вынужденных остановок дробилок при завале их приемных воронок, который осуществляется сигнализаторами с воздействием на аварийную сигнализацию и схему управления электроприводом для остановки питателей и конвейеров;

- контроль состояния смазки подшипников дробилок в соответствии с рекомендациями завода – изготовителя по применению контрольно-измерительных приборов и схемных решений;

- учет количества переработанной руды, который предусматривают с помощью конвейерных весов, устанавливаемых на ленточных конвейерах:

- а) после дробилок крупного дробления;
- б) после промежуточных емкостей (склад, бункер);
- в) перед бункерами корпуса обогащения.

- контроль наличия руды на питателях и конвейерах при помощи датчиков для информации оператора о прохождении материала через точки, для передачи в схему аварийной сигнализации, а также в схемы гидрообеспыливания, виброобрушения и управления электроприводами для соответствующих блокировок;

- контроль уровней заполнения рудой складов и промежуточных бункеров при их автоматической загрузке по верхнему уровню материала с помощью датчиков с воздействием на систему предупредительной сигнализации и с передачей сигнала в схемы управления загрузочными устройствами;

- обнаружение посторонних металлических предметов из потока руды металлоискателем на конвейерных лентах с последующим удалением магнитных предметов автоматически электромагнитами, подвешенными на грузоподъемных устройствах с дистанционным или автоматическим управлением с возможностью остановки конвейера в том случае, если металл с ленты конвейера не был удален;

- регулирование загрузки рудой конусных дробилок среднего и мелкого дробления и щековых дробилок по заданной активной мощности, потребляемой приводным электродвигателем дробилки с воздействием на регулируемый привод ее питающего устройства;

- непрерывный контроль заполнения по всей длине бункера или склада для информации оператора о степени заполнения;

- контроль времени работы основного оборудования;

- контроль общего расхода воды.

16.1.3 В системах конвейерного транспорта следует предусматривать:

- централизованное управление и контроль за отдельными установками и системой в целом (дистанционное управление), при этом схема управления должна предусматривать возможность местного управления во время ремонтных и наладочных работ;

- местную блокировку, предотвращающую дистанционный пуск конвейера или машины с пульта управления при одновременной работе нескольких последовательных конвейеров с другими машинами;

- устройства для контроля натяжения, обрыва, пробуксовки и схода ленты, а при необходимости - устройства, предотвращающие продольный порез ленты, контроль смазки и т.д.;

- громкоговорящую связь (в необходимых случаях);

- телефонную связь между пультами управления конвейерами, при этом центральный пульт управления должен иметь внешнюю телефонную связь;

- возможность местного управления;

- подачу предупредительного сигнала продолжительностью 5-8 сек. при пуске конвейеров;

- двухстороннюю предупредительную предупредительную звуковую или световую сигнализацию, включающуюся автоматически до включения привода конвейера, на участках трассы конвейеров, где имеются рабочие места с людьми, находящимися вне зоны видимости оператора с пульта управления;

- сигнализацию о работе механизмов на центральном пульте управления;

- последовательный запуск (отключение) приводов линии в направлении, противоположном потоку транспортируемого груза;

- остановку каждого конвейера аварийными выключателями из любого участка, конвейерной линии со стороны основного (рабочего) прохода;

- остановку конвейера при обрыве или сходе ленты с барабана;

- остановку конвейера, работающего на спуск, при повышении номинальной скорости движения ленты;

- автоматическую остановку всех предыдущих конвейеров при аварийной остановке любого конвейера или машины, а также при превышении допустимого уровня материала в бункерах или в местах пересылок;

Комплексная система конвейерного транспорта, объединяющая несколько конвейерных линий, должна проектироваться с учетом автоматизированной системы управления технологическим процессом с выходом на монитор оператора.

16.1.4 Автоматизация процессов измельчения и классификации должна обеспечивать повышение производительности оборудования при одновременной выдаче измельченного продукта с заданным гранулометрическим составом для обеспечения оптимальных условий работы последующих переделов.

Для этих целей рекомендуется предусматривать:

- контроль и стабилизация питания мельниц исходной рудой путем воздействия на привод индивидуальных питателей руды;

- регулирование подачи воды в мельницы пропорционально количеству загружаемой руды при одновременном измерении расхода воды и блокировке подачи воды в мельницу с подачей руды;

- контроль и регулирование плотности измельченной пульпы изменением количества воды, подаваемой в разгрузочный желоб мельницы (для классификатора) или в зумпф перед насосом для (гидроциклона);

- контроль состояния смазки подшипников мельниц в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя по применению контрольно-измерительных приборов и схемных решений;

- контроль уровня шума в мельнице звукометрическим методом по амплитуде уровня шума в мельнице;

- в дополнение к системе контроля и стабилизации питания мельниц исходной рудой автоматическое регулирование питания мельниц рудой в зависимости от технологической схемы, физических свойств руды и характера возмущений по ее измельчаемости по одной из следующих схем:

- а) стабилизация исходного питания с корректировкой задания, например, по интенсивности шума мельницы;

- б) автоматическое регулирование подачи руды в мельницу с учетом циркулирующей нагрузки.

- контроль плотности пульпы на сливе мельниц, определяющей регламентированное оптимальное отношение твердого к жидкому в мельнице;

- контроль плотности и гранулометрического состава пульпы на сливе классификаторов или гидроциклонов как основной параметр в системе регулирования цикла измельчения;

- контроль загрузки шаров в мельницах по показаниям амперметров;

- контроль общего расхода электроэнергии;
- регистрация времени работы основного оборудования.

Оптимизация схем регулирования цикла измельчения с помощью контроллеров или других устройств (непрерывно или дискретно) при отработке регулятором таких установок, которые обеспечивали бы наиболее эффективную работу агрегата по выходным параметрам при возмущениях входных параметров.

В качестве исходных параметров для регулирования могут приниматься шум мельницы, циркулирующая нагрузка, гранулометрический состав пульпы и др., а также комбинации этих параметров.

16.1.5 Автоматизация процессов сгущение рудных пульп после измельчения обеспечивает получение необходимых параметров процесса при оптимизации работы оборудования.

Рекомендуется предусматривать следующие системы автоматического контроля и регулирования:

- автоматический контроль плотности сгущенного продукта по показаниям радиоактивного плотномера и ее регулирование за счет скорости разгрузки сгустителя плавным изменением числа оборотов пульпового насоса, или при его кратковременной остановке;

- контроль и регулирование мутности слива сгустителей для снижения потерь полезного минерала в их сливе изменением расхода раствора флокулянта при контроле мутности слива с помощью мутномеров;

- контроль общего расхода раствора флокулянта;

- автоматический контроль перегрузки привода сгустителя при оседании твердого в сгустителе при помощи световых и звуковых сигналов от датчиков, поставляемых заводом комплектно со сгустителем.

16.2 Выщелачивание

16.2.1 Выщелачивание при атмосферном давлении

Объем контроля и регулирования непрерывного процесса, проводимого в цепочке пачуков, средствами КИПиА включает:

- контроль объема поступающей пульпы;
- стабилизацию рН или остаточной концентрации выщелачивающего реагента в жидкой фазе пульпы в процессе регулирования его расхода в головные аппараты;
- контроль и регулирование температуры процесса в каждом аппарате подачей пара;
- контроль величины окислительно-восстановительного потенциала в конце процесса подачей контролируемого расхода окислителя в головные аппараты;

- контроль расхода воздуха на перемешивание пульпы в каждой пачуке;
- контроль общего расхода реагентов;
- контроль общего расхода воздуха;
- контроль общего расхода пара.

16.2.2 Объем контроля и регулирования процесса, проводимого в цепочке вертикальных автоклавов с воздушным перемешиванием, средствами КИПиА включает:

а) при кислотном выщелачивании в каскадах из 4-х аппаратов:

- контроль уровня пульпы в каждой секции зумпфа с высоконапорными насосами;
- автоматическое переключение рабочего и резервного высоконапорных насосов в каждой цепочке по давлению в соответствующем напорном трубопроводе;
- контроль температуры исходной и выщелоченной пульпы после теплообменника-рекуператора;
- контроль и регулирование температуры пульпы после теплообменника-подогревателя расходом глухого пара;
- контроль и регулирование кислотности в каждом автоклаве расходом кислоты в 1-й и 2-й аппарат;
- контроль температуры и давления в каждом автоклаве;
- стабилизация расхода воздуха в каждый автоклав (если не предусматривается перепуск воздуха между аппаратами по специальной схеме);
- регулирование давления в 4-м автоклаве специальным дроссельным устройством для сдувки отработанного воздуха с последующим его использованием для перемешивания пульпы в пачуках;
- контроль температуры и уровня пульпы в пачуке выщелоченной пульпы;
- автоматическое переключение рабочего и резервного насосов, перекачивающих выщелоченную пульпу по давлению в напорном трубопроводе.

б) при карбонатном выщелачивании в каскадах из четырех аппаратов:

- контроль уровня в пачуках предварительной обработки содой исходной пульпы;
- контроль уровня пульпы в каждой секции зумпфа с высоконапорными насосами;
- автоматическое переключение рабочего и резервного высоконапорных насосов в каждой цепочке по давлению в соответствующем напорном трубопроводе;
- контроль температуры исходной и выщелоченной пульпы после теплообменника-рекуператора;
- контроль и регулирование температуры пульпы после теплообменника-подогревателя расходом глухого пара;
- контроль температуры и давления в каждом автоклаве;

- стабилизация расхода воздуха в каждый автоклав (если не предусматривается перепуск воздуха между аппаратами по специальной схеме);
- регулирование давления в 4-м автоклаве специальным дроссельным устройством для сдувки отработанного воздуха с последующим его использованием для перемешивания пульпы в пачуках;
- контроль температуры и уровня пульпы в пачуке выщелоченной пульпы;
- автоматическое переключение рабочего и резервного насосов, перекачивающих выщелоченную пульпу по давлению в напорном трубопроводе.

16.3 Сорбция

16.3.1 Объем контроля и регулирования непрерывного процесса, проводимого в цепочке пачуков, средствами КИПиА включает:

- после кислотного выщелачивания - стабилизацию рН в жидкой фазе пульпы путем регулирования расхода пульпы известняка в первый из двух пачуков нейтрализации;
- после карбонатного выщелачивания – контроль концентрации карбонатов в головном пачуке сорбции после отмывки выщелоченной пульпы в сгустителях;
- контроль расхода пульпы, поступающей на операцию;
- стабилизацию уровня пульпы в каждом пачуке сорбции расходом воздуха на эрлифт смеси пульпы с сорбентом для подачи на разделительное устройство (дренаж);
- контроль и стабилизацию расхода воздуха на перемешивание в каждом пачуке;
- контроль температуры пульпы в головном аппарате;
- контроль аварийного уровня пульпы в каждом аппарате;
- контроль общего расхода воздуха на операцию.

16.3.2 Объем контроля и регулирования периодического процесса, проводимого в колонных аппаратах, средствами КИПиА включает:

- после отмывки от твердой фазы пульпы после кислотного выщелачивания – контроль рН в буферной емкости перед сорбцией;
- после отмывки от твердой фазы после карбонатного выщелачивания – контроль концентрации карбонатов в буферной емкости перед сорбцией;
- контроль расхода раствора, поступающего на операцию;
- регулирование цикла сорбции по программе для сорбции в одной колонне:
 - а) подача раствора рабочим насосом в колонну заданное время;
 - б) прекращение подачи остановкой этого насоса;
 - в) подача сжатого воздуха на эрлифт выгрузки насыщенного сорбента из нижнего конуса колонны на регенерацию по заданному уровню сорбента в расходном верхнем бункере на колонне;

г) заполнение расходного верхнего бункера на колонне сорбентом из участка регенерации до заданного уровня;

д) включение рабочего насоса для подачи раствора в колонну.
- регулирование цикла сорбции по программе для сорбции в двух последовательно работающих колонн:

а) подача раствора рабочими насосами в каждую колонну заданное время;

б) прекращение подачи раствора в первую колонну остановкой насоса;

в) подача сжатого воздуха на эрлифт выгрузки насыщенного сорбента из нижнего конуса первой колонны на регенерацию по заданному понижению уровня сорбента в расходном верхнем бункере на этой колонне;

г) после прекращения работы эрлифта включение насоса для подачи раствора в первую колонну;

д) прекращение подачи раствора во вторую колонну остановкой насоса;

е) подача сжатого воздуха на эрлифт выгрузки насыщенного сорбента из нижнего конуса второй колонны в верхний бункер первой колонны по заданному повышению уровня сорбента в расходном верхнем бункере на этой колонне;

ж) после прекращения работы эрлифта включение насоса для подачи раствора во вторую колонну;

и) заполнение расходного верхнего бункера на второй колонне сорбентом из участка регенерации до заданного уровня;

- контроль давления раствора при подаче в каждую колонну;

- контроль уровня в буферных емкостях растворов;

- автоматическое переключение насосов рабочего на резервный.

16.3.3 Объем контроля и регулирования цикла регенерации, проводимого в колонных аппаратах, средствами КИПиА включает:

для непрерывных процессов

- контроль и регулирование непрерывного расхода воды на отмывку насыщенного сорбента от пульпы на барабанных грохотах (для сорбента, насыщенного из растворов, не требуется);

- контроль и регулирование непрерывного расхода воды на отмывку насыщенного сорбента в колонне КДС;

- контроль непрерывного расхода воздуха на эрлифт возврата продукта отмывки из колонны КДС на сорбцию из пульп, или в узел выделения раствора из пульп (при сорбции из растворов);

- контроль непрерывного расхода воздуха на эрлифт отмытого сорбента из колонны КДС на барабанные грохоты для обезвоживания и промывки, их которых сорбент поступает в колонну донасыщения КДС;

- контроль непрерывного расхода воды на эти грохоты;

- контроль и регулирование непрерывной подачи части товарного десорбата в колонну донасыщения сорбента КДС;

- контроль и регулирование непрерывной подачи воды в буферную колонну КДС для отрегенированного сорбента;

- непрерывная подача воздуха в эрлифт буферной колонны КДС для перекачивания отрегенированного сорбента на сорбцию;

- непрерывная подача воздуха в эрлифт буферной колонны КДС для перекачивания выделяющегося раствора в колонну отмывки от реагентов ПИК;

- контроль и регулирование непрерывной подачи воды в колонну отмывки от реагентов ПИК;

- непрерывная подача воздуха в эрлифт колонны отмывки от реагентов ПИК для перекачивания раствора на приготовление десорбционного раствора в контактных чанах;

- контроль и регулирование непрерывной подачи десорбирующего раствора в каждую колонну десорбции ПИК.

- контроль и регулирование подачи реагентов в первый из трех последовательно работающих контактных чанов узла приготовления десорбирующего раствора;

- автоматическое переключение насосов подачи десорбирующего раствора;

- контроль и регулирование температуры десорбирующего раствора подачей пара в первый контактный чан;

- контроль общего объема товарного десорбата;

- контроль общего расхода воды;

- контроль общего расхода воздуха.

для периодических процессов по программе (последовательное перемещение сорбента с частотой в сутки, равной частному от деления общего потока сорбента в сутки на объем одной порции перекачиваемого сорбента):

- подается воздух (с контролируемым расходом) на эрлифт сорбента из колонны отмывки от реагентов ПИК в буферную колонну КДС;

- прекращение подачи этого воздуха при достижения контролируемого нижнего уровня сорбента в верхней зоне колонны ПИК;

- подается воздух (с контролируемым расходом) на эрлифт сорбента из промежуточной колонны КДС в колонну отмывки от реагентов ПИК;

- прекращение подачи этого воздуха при достижении контролируемого верхнего уровня сорбента в верхней зоне колонны ПИК;

- подается воздух (с контролируемым расходом) на эрлифты сорбента из каждой колонны десорбции ПИК на барабанные грохоты, из которых сорбент поступает в промежуточную колонну КДС;

- прекращение подачи этого воздуха в каждый эрлифт при достижении контролируемого нижнего уровня сорбента в верхней зоне соответствующей колонны десорбции ПИК;

- подается воздух (с контролируемым расходом) на эрлифты сорбента из колонны донасыщения КДС в соответствующие колонны десорбции ПИК;

- прекращение подачи этого воздуха в каждый эрлифт при достижении контролируемого верхнего уровня сорбента в верхней зоне соответствующей колонны десорбции ПИК.

16.3.4 Автоматизация процессов экстракции и реэкстракции обеспечивает стабилизацию параметров процесса, максимальное сокращение численности персонала, обслуживающего взрывопожароопасное производство, и получение высококачественной готовой продукции.

Для этих целей рекомендуется предусматривать:

- контроль и регулирование расхода исходного товарного десорбата;
- контроль и регулирование расхода органической фазы по заданному соотношению с десорбатом;

- контроль и регулирование расхода воды на промывку экстракта;

- контроль и регулирование раствора при обработке органической фазы перед экстракцией (после реэкстракции);

- содержание урана в маточнике экстракции (водной фазе после извлечения урана);

- содержание урана в экстракте;

- контроль и регулирование расхода карбонатного раствора на реэкстракцию по заданному соотношению с потоком экстракта;

- выпуск пульпы кристаллов из конической части реэкстрактора в зависимости от высоты слоя органической фазы в его цилиндрической части;

- автоматическое опорожнение аппаратов, содержащих органическую фазу, по сигналу из операторского пункта.

16.3.5 Промывка, обезвоживание и прокаливание кристаллов

Объем контроля и регулирования, проводимого в колонных аппаратах, барабанных фильтрах и прокалочных печах, средствами КИПиА включает:

- контроль и регулирование расхода промывного раствора в колонну;
- контроль вакуума при работе фильтров;
- автоматическая откачка фильтрата из ресивера по уровню фильтрата в нем с включением светового и звукового сигналов и насоса откачки при переполнении ресивера;
- контроль уровня пульпы в ванне фильтра с включением светового и звукового сигналов при снижении уровня ниже допустимого.
- автоматическая отдувка фильтроткани на фильтрах сжатым воздухом;.
- автоматическое регулирование и регистрация температурного режима прокали по приборам завода-изготовителя печей;
- контроль избыточного давления газов в печи;
- контроль температуры продукта после охлаждения перед затариванием.

16.3.6 Осаждение полиуратов, сгущение и фильтрация осадка.

- контроль и регулирование расхода товарного десорбата;
- регулирование рН при нейтрализации с отдувкой воздухом углекислого газа (для карбонатных товарных десорбатов) расходом серной кислоты и подачей сжатого воздуха в контактные чаны;
- регулирование рН и температуры при осаждении полиуратов расходом аммиачной воды (едкого натрия) и при нагревании глухим паром в контактных чанах;

- регулирование работы автоматического пресс-фильтра по его программе, поставляемой комплектно заводом-изготовителем;

- контроль и регулирование подачи воды на репульпацию кека фильтрации.

16.3.7 Сушка и затаривание готовой продукции.

- процесс сушки готовой продукции контролируется системой автоматики, комплектуемой предприятием-поставщиком установки сушки;
- контроль температуры готовой продукции после сушки.

16.4 Управление электроприводами агрегатов и механизмов

При проектировании схем управления электроприводами отдельных механизмов, а также схем ПТС ГМЗ, необходимо руководствоваться правилами ПУЭ.

16.4.1 Общие требования к схемам управления электроприводами:

- обеспечивать независимо от режима управления немедленное аварийное отключение при срабатывании соответствующих электрических защит, при остановке механизма аварийным выключателем, а для электродвигателей с фазовым ротором – при неисправности роторной станции и затянувшемся пуске;

- схемы управления механизмов с синхронными электродвигателями, роторы которых включаются через разрядные сопротивления, должны обеспечивать также контроль работы

роторной станции. Работа синхронных электродвигателей при неисправной роторной станции не допускается;

- предусматривать подачу предупредительных звуковых сигналов при дистанционном или местном пуске механизмов, движущиеся части которых находятся вне пределов прямой видимости с мест управления;

- около каждого механизма, управляемого дистанционно или автоматически, необходимо предусматривать установку аппарата, запрещающего случайный пуск механизма. Кроме того, схемами управления должна обеспечиваться немедленная аварийная остановка механизма обслуживающим персоналом;

- при возникновении неисправностей, при которых механизм может продолжать работу, должны включаться предупредительный звуковой и соответствующие световые сигналы обслуживающему персоналу, а также обобщенный сигнал оператору, без указания неисправности;

- при аварийной остановке механизма должна работать аварийная сигнализация, информирующая персонал о факте аварии и, если возможно, причинах ее возникновения. Допускается также подача обобщенного сигнала без указания причин неисправности.

16.4.2 Технологические механизмы, предназначенные для переработки и транспортировки материалов в едином производственном потоке, а также санитарно-технические механизмы, необходимость сблокированной работы которых обуславливается требованиями технологического процесса, объединяются в автоматизированные ПТС.

В участок ПТС объединяется группа механизмов, предназначенных для осуществления определенного технологического цикла.

В качестве границ участков ПТС следует принимать либо накопительные емкости или склады, либо те участки технологических схем, в которых допустимо нарушение непрерывности технологического процесса.

Для электроприводов технологических механизмов, входящих в систему ПТС, необходимо предусматривать три вида управления:

- централизованное автоматическое со щита оператора – основной вид управления;
- местное сблокированное – на время освоения эксплуатационным персоналом централизованного управления, а также при неисправностях в комплекте автоматического управления;
- местное (ручное) для опробования механизмов после ремонтно-монтажных работ.

Выбор вида управления рекомендуется выполнять специальными ключами, устанавливаемыми на блоках и станциях управления электроприводами отдельных

механизмов. Допускается возможность выбора вида управления со щита оператора или пунктов местного управления.

Все механизмы, входящие в ПТС, блокируются таким образом, чтобы при остановке какого-либо механизма, во избежание завала его материалом, немедленно автоматически останавливались все предшествующие по потоку материала механизмы, кроме дробилок, требующих остановки с выдержкой времени для доработки имеющегося в зеве дробилки материала.

При наличии шиберов или иных механизмов, меняющих направление потока материала, блокировки должны осуществляться через конечные выключатели, фиксирующие положения механизмов.

Электроприводы также блокируются с вентиляторами аспирационных систем и установок обдува электродвигателей, с системами смазки, с металлоискателями и тому подобными агрегатами и установками, без которых работа соответствующих технологических механизмов не допускается.

Перечисленные выше блокировки сохраняются и при пуске ПТС. В особых случаях отдельные блокировки допускаются только при пуске или только при остановке технологического потока.

Одновременно с пуском основных механизмов рекомендуется автоматически включать вспомогательные системы, остановка которых не вызывает остановки основных механизмов ПТС (виброобрушение, гидрообеспыливание и т. д.)

При проектировании схем управления электроприводами ПТС рекомендуется использовать программируемые логические контроллеры.

17 Численность и характеристика персонала

17.1 Явочная численность основного производственного персонала рассчитывается в соответствии с конкретными рабочими местами с учетом количества и зоны обслуживаемого оборудования, режимом работы и условиями эксплуатации.

17.2 Списочное количество рабочих и служащих определяется на основе явочной численности по общепринятой методике норм рабочего времени.

17.3 Состав управленческого и вспомогательного персонала принимается на основе опыта работы аналогичных предприятий.

17.4 Штатное расписание ГМЗ должно включать следующие индивидуальные и сводные показатели:

по рабочему персоналу:

- наименование подразделения;
- серийно-порядковый номер рабочего и наименование его профессии;
- тарифный разряд;
- явочная численность по сменам;
- явочная численность за сутки;
- списочная численность;
- группа производственных процессов;
- рекомендуемый пол трудящегося;
- условное выделение персонала для производства попутной продукции;
- рабочее место, включающее зону обслуживания с перечнем оборудования;
- группа персонала облучаемых лиц (А или Б) по СанПиН 2.6.1.2523-09
по служащим, включая руководителей и специалистов:
- наименование подразделения;
- серийно-порядковый номер и наименование должности;
- код категории (грейд);
- явочная численность по сменам;
- явочная численность за сутки;
- списочная численность;
- группа производственных процессов;
- рекомендуемый пол трудящегося;
- условное выделение персонала для производства попутной продукции.
- квалификационная характеристика служащих: руководителей, специалистов и технических исполнителей;
- группа персонала облучаемых лиц.

17.5 В технологической части проекта должна быть установлена списочная численность работающих в наиболее многочисленной смене, а также в наиболее многочисленной части смены при разнице в начале и окончании смены 1 час и более, которая принимается для проектирования санитарно-бытовых помещений.

18 Требования к техническим решениям других разделов проекта гидromеталлургических заводов

18.1 Технологические решения служат исходным материалом для разработки других разделов проекта, включая:

- планировочные и архитектурно-строительные решения зданий и помещений;
- технико-экономические показатели производства;

- генеральный план и транспорт;
- системы отопления, вентиляции и кондиционирования;
- водоснабжение и канализацию;
- электроснабжение;
- связь и сигнализацию;
- системы обеспечения пожарной безопасности;
- обеспечение безопасных условий труда;
- радиационную безопасность;
- мероприятия по охране окружающей среды;
- автоматизированную систему технологических процессов.

18.2 Планировочные и архитектурно-строительные решения

18.2.1 Планировочные и архитектурно-строительные решения проектируемых предприятий должны обеспечивать:

- бесперебойность и ритмичность непрерывных технологических процессов;
- удобство и безопасность обслуживания технологического оборудования;
- соблюдение требуемых санитарно-гигиенических условий в производственных помещениях;
- возможность комплексной механизации и автоматизации основных и вспомогательных производственных процессов;
- минимальную потребность в производственных площадях и строительных объемах, а также минимальную протяженность коммуникаций;
- решение архитектурного облика зданий и сооружений в максимально простых формах, уменьшающих площадь наружных ограждений, сокращающих тепловые потери и исключающих снеговые мешки;
- возможность последующего расширения проектируемых производств.

Объемно-планировочные и конструктивные решения производственных зданий и сооружений должны отвечать требованиям ОСПОРБ [17] и ФНП 505 [18], направленных на обеспечение промышленной безопасности, предупреждение аварий и случаев производственного травматизма, способствовать максимально возможному предотвращению воздействия ионизирующего излучения и загрязнения радиоактивными веществами рабочих помещений, а также обеспечивать проведение эффективных дезактивационных мероприятий.

18.2.2 При проектировании предприятий следует максимально блокировать отдельные производства, сосредотачивая помещения для работ с одинаковой степенью радиационной опасности в одном месте и выделять производства, где не ведутся работы с радиоактивными веществами, в отдельные здания.

18.2.3 Внутренняя отделка помещений должна учитывать характер технологических процессов и степень агрессивности окружающей среды.

18.2.4 Покрытия и толщины полов принимать в зависимости от технологических нагрузок и требований к поверхности. Подстилающие слои из монолитного железобетона. Отделочные слои для производственных помещений – шлифованный бетон с пропиткой уплотняющими слоями, мозаичный бетон, металлическая плитка, облицовка кислотоупорными керамическими плитками и др. Покрытие для административно-бытовых помещений – линолеум, керамическая плитка и др.

18.2.7 Предусматривать максимальную блокировку производственных и вспомогательных производств при соблюдении требований по изоляции помещений с повышенным уровнем шума, пожаровзрывоопасностью и со специфичными условиями проведения работ (исключения смешивания продуктов переработки, разного класса работ с открытыми радионуклидными источниками, обеспечения чистоты готовой продукции и др.)

18.3 Достижение высоких технико-экономических показателей производства

18.3.1 Для достижения высоких технико-экономических показателей производства технологические решения должны обеспечить;

- высокий уровень производительности труда;
- оптимизацию расхода реагентов и материалов;
- снижение энергопотребления;
- оптимизацию расхода свежей воды;
- сокращение капитальных затрат.

Для этого необходимо изучить структуру капитальных затрат и эксплуатационных расходов типового ГМЗ для выявления наиболее существенных статей затрат и осуществления оптимизационных мероприятий, позволяющих сократить затраты на переработку.

Ориентировочная доля капитальных вложений по основным технологическим процессам составляет, %: крупное дробление – 3; радиометрическая сортировка (РМС) – 7,6; полусамозмельчение с шаровым доизмельчением – 29,7; сгущение – 10,3; сернокислотное выщелачивание в пачуках – 11,8; сорбция из пульп – 12,8; регенерация сорбента – 5,3; экстракция – 10; прокалка – 6; нейтрализация хвостов (с хвостохранилищем) – 3,4.

Структура эксплуатационных расходов, %: крупное дробление – 2; РМС – 3; измельчение – 13; сгущение – 3; выщелачивание – 34; сорбция – 18,5; регенерация – 6; экстракция – 7,5; прокалка – 1,5; нейтрализация – 4,5; хвостохранилище – 7.

Для предварительных укрупненных расчетов капитальных затрат на основное производство ГМЗ при известной стоимости технологического оборудования и строительных работ допускается принимать следующую дополнительную стоимость:

- трубопроводов и трубопроводной арматуры – 7 % от веса оборудования (3 % от его стоимости);
- металлоконструкций – 10 % от веса оборудования (5 % его от стоимости);
- отопления, снабжения паром, вентиляции, водопровода и канализации – 10 % от стоимости строительных работ;
- электроосвещения – 3 % от стоимости строительных работ;
- электрооборудования – 2 % от стоимости оборудования;
- КИПиА – 10 % от стоимости оборудования.

18.3.2 Высокий уровень производительности труда может быть достигнут при сокращении численности обслуживающего персонала. Этому способствует внедрение высокоэффективных технологических процессов, необходимый уровень автоматизации и механизации производства, оптимальная структура управления, использование однотипного оборудования большой единичной мощности.

18.3.3 Для оптимизации расхода реагентов предусматривается автоматический контроль и регулирование их расхода для обеспечения регламентных параметров технологических операций, максимальная утилизация химикатов из сбросных продуктов и газовых выбросов и снижение потерь при растаривании и транспортно-заготовительных операциях. Сокращению расхода материалов способствует уменьшение длины ленточных конвейеров, использование схемы полусамоизмельчения, применение резиновой футеровки шаровых мельниц, замена металлического материала для сит грохотов на полимерный и комплектация фильтров современными высококачественными тканями.

18.3.4 Сокращение энергопотребления в части расхода электроэнергии обеспечивается установкой высокопроизводительного оборудования максимальной единичной мощности; организацией учета и регистрации времени работы основного энергопотребляющего оборудования, оптимизацией системы энергоснабжения. Оптимизация расхода пара включает контроль и регулирование его подачи в аппараты технологического процесса. Также экономии тепловых ресурсов способствует теплоизоляция аппаратов, в которых проводятся процессы при повышенной температуре, применение теплообменного оборудования, утилизация вторичного тепла и сокращение строительных объемов отапливаемых помещений, в том числе и за счет их блокировки.

18.3.5 Оптимизация расхода свежей воды технического и питьевого качества достигается использованием вторичных водных ресурсов. Для ГМЗ таким основным источником должен являться слив с хвостохранилища при кислотных схемах выщелачивания руды или продукт соответствующей очистки слива с хвостохранилища при карбонатных схемах выщелачивания. Возможно использование воды шахтного водоотлива при

определенных ограничениях по радиоактивности и содержанию взвесей и вредных веществ, или после ее специальной очистки. Сокращению расхода свежей воды также способствует широкое применение циркуляционных систем охлаждения оборудования.

18.3.6 Сокращение капитальных затрат достигается за счет снижения строительных объемов зданий и сооружений при использовании высокопроизводительного оборудования максимальной мощности, возможного применения напольных грузоподъемных устройств, за счет максимальной блокировки зданий и сооружений и оптимальной плотности застройки промышленной площадки.

18.4 Требования к генеральному плану и транспорту

18.4.8 Для определения границы СЗЗ по акустическому воздействию проводится оценка не превышения предельно допустимых значений для дневного и ночного времени, уровней звукового давления и уровней звука, создаваемые на границе СЗЗ.

18.4.9 Интегральная СЗЗ определяется на основании полученных границ СЗЗ по факторам радиационного, химического и акустического воздействия.

18.4.10 Промышленная площадка ГМЗ (охраняемая и огражденная территория размещения производственных, административных, санитарно-бытовых и вспомогательных зданий и сооружений предприятия) должна быть разделена на условно «чистую» и «грязную» зоны по характеру производимых работ и степени возможного радиоактивного загрязнения.

К условно «грязной» зоне (зоне возможного загрязнения) относятся территория, здания и сооружения, где осуществляется обращение с источниками ионизирующего излучения. К работам в «грязной» зоне допускается персонал под контролем службы радиационной безопасности объекта, с проведением радиационного контроля.

Участки и площадки размещения зданий и сооружений, где в нормальных условиях эксплуатации не осуществляется обращение с источниками излучения и, как правило, практически исключается воздействие на персонал радиационных факторов, относятся к условно «чистой» зоне.

18.4.11 Противопожарные расстояния между зданиями и сооружениями принимать по закону 123 [19], перечню НПБ 110-03 [13].

18.4.12 Для разработки проекта обеспечения ГМЗ исходной рудой, реагентами и материалами, доставки на промышленную площадку производственного персонала, вывоза твердых отходов (хвостов радиометрического обогащения, кеков фильтрации хвостовой пульпы, использованной тары от реагентов и материалов, прочих посторонних веществ) и готовой продукции, необходимо:

- при доставке руды следует определить оптимальный вид транспорта, максимальное количество руды в год за период эксплуатации, насыпную плотность, требуемый объем

поставки в час (в случае непосредственной загрузки в дробилки) или за месяц (при заполнении шихтовочного склада), требуемый объем поставки в час (из шихтовочного склада непосредственно в дробилки), мероприятия по обеспечению нормальных условий выгрузки руды в холодное время года (установки по размораживанию, обработка поверхностей транспортных сосудов и др.), порядок прохождения транспорта с радиоактивной рудой через контрольные устройства.

- для организации доставки реагентов и материалов определить их перечень, характеристику, ежедневный расход, запас в сутках или объем партии, вид упаковки, условия транспортировки, место доставки, необходимость возврата тары и ее очистки.

- привести численность персонала ГМЗ по сменам и пунктам доставки.

- определить максимальный объем вывоза твердых отходов в год по видам с характеристикой, влияющей на транспортировку.

- при вывозе готовой продукции ГМЗ соблюдать требования по упаковке, объему партии и транспортировке.

18.5 Задачи системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в производственных помещениях

18.5.1 В производственных помещениях обычно предусматриваются общеобменная приточно-вытяжная и местная вытяжная вентиляции.

Технологические источники вредных выделений следует максимально изолировать и оснащать местными отсосами.

18.5.2 Для разработки местной вытяжной вентиляции по каждому помещению ГМЗ необходимо определить:

- источники загрязнения воздуха (оборудование, места расположения);
- характеристики источников выбросов (пыль, газы, аэрозоли, радон);
- их количество: установленное и одновременно работающее;
- режим работы подразделения и оборудования;
- перечень и количество загрязняющих веществ, выбрасываемых источником;
- нормативы предельно допустимых концентраций по загрязняющим веществам;
- поверхность испарения и температура среды источника;
- тип укрытия;
- размеры или площади одновременно открытых проемов на аппарате;
- необходимость очистки от удаляемых вредностей и степень утилизации;
- основные требования к помещению (температура, качество приточного воздуха, влажность, герметичность и др.).

18.5.3 Для разработки общеобменной вентиляции по каждому помещению ГМЗ необходимо определить:

- количество установленного и одновременно работающего оборудования;
- их установленную мощность электроприемников;
- тепловыделение от нагретого материала и оборудования;
- площадь пола, смоченного водой и ее температура.

18.5.4 Ремонтные работы, проводимые непосредственно в цехах ГМЗ, следует выполнять на участках со спецканализацией, оборудованных системами вытяжной вентиляции и имеющих разводку приточного воздуха. Для производства сварочных работ должны использоваться специально оборудованные посты или передвижные устройства, предотвращающие распространение аэрозолей по помещению с обязательным обеспечением очистки удаляемого воздуха.

Чистку и ремонт внутренних поверхностей технологических аппаратов по возможности, следует производить с использованием средств, максимально ограничивающих время пребывания персонала внутри оборудования. Если необходимость в таких работах сохраняется, ремонтные работы должны обеспечиваться СИЗ с принудительной подачей воздуха.

18.5.5 На ГМЗ для борьбы с пылью следует предусматривать следующие мероприятия:

- промывку руды;
- уменьшение мест перегрузки при транспортировании и высоты падения материала;
- укрытие мест образования пыли и отсос воздуха из этих мест;
- орошение мест образования пыли;
- уменьшение скорости движения воздуха в местах образования пыли;
- своевременную уборку пыли из мест ее отложений.

Необходимо проектировать укрытие технологического и транспортного оборудования для снижения пылеобразования, включающее герметизацию укрытий, возможное орошение поступающего материала и отсос запыленного воздуха.

Укрытие щековой дробилки предусматривает орошение материала и отсос запыленного воздуха при выгрузке дробленого продукта.

В конусных дробилках крупного дробления укрытия предусматриваются в местах выгрузки дробленого материала.

В конусных дробилках среднего и мелкого дробления отсасывание осуществляется от места загрузки и с конвейера дробленого продукта в зоне выгрузки.

Отсос запыленного воздуха от колосникового грохота производится снизу из разгрузочных желобов подрешетного продукта. Для вибрационных грохотов

предусматривается отсасывающий патрубок в зоне загрузки (верхнем кожухе укрытия) и на конвейере на расстоянии 500-600 мм от места падения надрешетного продукта с грохота на этот конвейер. При грохочении крупных классов и материала с повышенной влажностью применяют неполное укрытие – плоский зонт примерно на 2/3 длины короба, заканчивающееся фартуком.

При загрузке и выгрузке бункеров выделяется большое количество пыли. Выгрузка из бункеров производится чаще всего питателями, имеющими укрытие. Загрузка бункеров может быть при помощи течек конвейеров, челноковых конвейеров и ленточных конвейеров с разгрузочной тележкой. При загрузке бункера при помощи течек, последние плотно присоединяются к бункеру и герметизируются. Если бункер загружают конвейером любого типа, пространство между конвейером и бункером изолируется кожухом с отсосом запыленного воздуха соплами, устанавливаемыми на расстоянии один от другого не более 3 м.

Объемы отсасываемого воздуха из укрытий, тыс. м³ / час:

- при пересыпке с конвейера на конвейер, или с течки на конвейер 1-1,2;
- при разгрузке дробленого материала из дробилки на конвейер 1,5-2;
- с конвейера, или бункера на вибрационный грохот 1-1,4.

Объемы отсасываемого воздуха для аппаратов, тыс. м³ / час;

- дробилки 4-6;
- грохоты 8-10;
- бункера 10-15;
- питатели 3-5.

В практике улавливания пыли чаще всего применяют двухступенчатую схему: улавливание в циклонах с последующей очисткой газа в эффективных пылеуловителях (рукавных фильтрах, мокрых пылеуловителях и др.).

18.5.6 Выделение агрессивных газов из аппаратов гидromеталлургических процессов в производственные помещения ограничивается применением системы местной (локальной) вентиляции.

Кратность приточно-вытяжной вентиляции, необходимой для проветривания помещений до предельно-допустимых концентраций, определяется расчетом по всем вредным факторам с учетом объема местных отсосов и принимается по наиболее неблагоприятному.

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны, характерные для ГМЗ, приведены в ГОСТ 12.1.005-88.

18.5.7 Аварийную вентиляцию для помещений, в которых возможно внезапное поступление большого количества вредных или горючих газов, паров или аэрозолей, следует

предусматривать в соответствии с требованиями технологической части проекта, учитывая несовместимость по времени аварий технологического и вентиляционного оборудования.

Расход воздуха для аварийной вентиляции следует принимать по данным технологической части проекта.

Для аварийной вентиляции следует использовать:

а) основные системы общеобменной вентиляции с резервными вентиляторами, а также системы местных отсосов с резервными вентиляторами, обеспечивающими расход воздуха, необходимый для аварийной вентиляции;

б) системы, указанные в пункте «а», и дополнительно системы аварийной вентиляции на недостающий расход воздуха;

в) только системы аварийной вентиляции, если использование основных систем невозможно или нецелесообразно.

Вытяжные устройства (решетки или патрубки) для удаления поступающих в помещение газов и паров системами аварийной вентиляции необходимо размещать в следующих зонах:

а) в рабочей - при поступлении газов и паров с плотностью больше плотности воздуха в рабочей зоне;

б) в верхней - при поступлении газов и паров с плотностью меньше плотности воздуха в рабочей зоне.

Для возмещения расхода воздуха, удаляемого аварийной вентиляцией, следует использовать:

а) системы общеобменной приточной вентиляции с резервными вентиляторами, обеспечивающими необходимый расход воздуха;

б) системы, указанные в пункте «а» и дополнительно системы специальной приточной вентиляции на недостающий расход воздуха;

в) специальные приточные системы с механическим или естественным побуждением на необходимый расход воздуха;

г) приток наружного воздуха через автоматически открываемые проемы.

Аварийная вентиляция, предотвращающая образование взрывоопасной газо-, паро- и пылевоздушных смесей должна включаться по сигналу газоанализатора, срабатывающего при достижении концентрации 10% нижний концентрационный предел распространения пламени.

Кратность воздухообмена, создаваемая аварийной вентиляцией, должна соответствовать расчетной, при которой концентрация взрывоопасного газа в помещении не превышает 50% нижний концентрационный предел распространения пламени.

Аварийная вентиляция должна иметь резервный вентилятор и обеспечена электропитанием по первой категории надежности электроснабжения.

При срабатывании систем аварийной вентиляции следует предусматривать аварийную сигнализацию, которая должна сопровождаться подачей светового и звукового сигналов.

18.5.8 Воздушные и воздушно-тепловые завесы следует предусматривать:

а) у постоянно открытых проемов в наружных стенах помещений, а также у ворот и проемов в наружных стенах, открывающихся более пяти раз или не менее чем на 30 мин в смену, в районах с расчетной температурой наружного воздуха минус 8 °С и ниже (параметры Б);

б) у проемов, дверей и ворот помещений со специальными технологическими требованиями по заданию на проектирование (мокрый режим, предотвращение перетекания воздуха, помещения с кондиционированием, здания высокого класса энергоэффективности и т.п.).

Температуру воздуха, подаваемого воздушно-тепловыми завесами, следует принимать по расчету, но не выше 50 °С у дверей и не выше 70 °С у ворот и проемов.

Скорость выпуска воздуха из воздухораспределителей воздушных и воздушно-тепловых завес следует принимать по расчету, но не выше 15 м/с у дверей и 40 м/с у ворот и проемов.

Расчетную температуру смеси воздуха, поступающего в помещение через наружные двери, ворота и проемы, защищенные воздушными и воздушно-тепловыми завесами, следует принимать не менее, °С:

12 – для производственных помещений при легкой работе, работе средней тяжести и для вестибюлей жилых и административно-бытовых зданий;

5 – для производственных помещений при тяжелой работе и отсутствии постоянных рабочих мест на расстоянии 6 м и менее от дверей, ворот и проемов.

Для ворот и постоянно открытых проемов в наружных стенах помещений следует предусматривать воздушные и воздушно-тепловые завесы отсекающего (шиберного) типа, сокращающие поступление наружного воздуха. Допускается применение воздушных завес без подогрева подаваемого воздуха, а также воздушно-тепловых завес с частичным подогревом подаваемого воздуха.

Воздушные и воздушно-тепловые завесы должны перекрывать всю площадь защищаемого проема, не допускать локальных прорывов наружного воздуха, обеспечивать требуемые условия микроклимата на постоянных рабочих местах.

Для сохранения защитных свойств воздушной и воздушно-тепловой завесы в течение всего отопительного периода, а также сокращения энергозатрат, следует предусматривать

автоматическое регулирование расхода воздуха и тепловой мощности завесы в соответствии с изменением параметров наружного климата и технологического режима помещения.

18.5.9 Выбор системы отопления, системы теплоснабжения воздухонагревателей приточных установок, кондиционеров, воздушно-тепловых завес и др., вид теплоносителя, максимально допустимую температуру теплоносителя, тип отопительных приборов и воздухонагревателей следует предусматривать с учетом назначения отапливаемых помещений по СП 60.13330.2020

Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата в производственных помещениях (температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха и интенсивность теплового излучения) принимать по ГОСТ 12.1.005-88.

В неотапливаемых зданиях для поддержания температуры воздуха, соответствующей технологическим требованиям в отдельных помещениях и зонах, а также на временных рабочих местах при наладке и ремонте оборудования, следует предусматривать местное отопление.

В технологических корпусах следует предусматривать воздушное отопление, совмещенное с приточной вентиляцией, установка отопительно-циркуляционных агрегатов допускается только в качестве дежурного отопления.

Требования к системам отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, внутреннего тепло- и холодоснабжения для обеспечения комплексной безопасности зданий, для защиты и обеспечения необходимого уровня сохранности зданий при различных природных и техногенных воздействиях и явлениях, жизни и здоровья человека при неблагоприятных воздействиях внешней среды (в том числе необходимых безопасных условий для проживания и пользования системами в зданиях и сооружениях в процессе эксплуатации) и эффективного использования энергоресурсов принимать по СП 60.13330.2020

22.6 Для обеспечения технологического процесса паром необходимо определить:

- оборудование и точки подачи пара;
- количество установленных и одновременно задействованных аппаратов;
- параметры пара (давление, температура);
- количество подаваемого пара на один аппарат (т/час и т/сутки);
- время работы оборудования, час/сутки;
- возможность возврата конденсата.

18.7 Разработка проектов водоснабжения и канализации

При разработке проектов водоснабжения и канализации цехов ГМЗ следует руководствоваться СП 30.13330.2020.

18.7.1 Для проектирования внутренних сетей водопровода следует определить:

- потребителей по основным производственным участкам;
- количество установленных и одновременно работающих потребителей;
- режим потребления (часов в сутки);
- расход свежей воды на одного потребителя (м³/час) и всего (м³/час и м³/сутки);
- требования к воде (температура, необходимый напор и качество);
- возможность возврата в технологический процесс (м³/час и м³/сутки);
- сброс в канализацию (объем, состав, температура);
- необходимость гидроуборки производственных помещений (качество воды, площадь полов и обрабатываемых стен, количество уборок в сутки);
- характеристику помещений (категория производства по пожарной опасности, санитарная характеристика по СП 44.13330.2011 и класс по ПУЭ)

Содержание естественных радионуклидов в воде не должно превышать допустимых концентраций, установленных в НРБ 99 [20].

При подаче питьевой воды на технологические нужды должен быть предусмотрен разрыв струи с целью исключения попадания технологических растворов в водопроводы.

18.7.2 В зависимости от назначения здания и предъявляемых требований к сбору и отведению сточных вод следует предусматривать следующие системы внутренней канализации:

- бытовую – для отведения сточных вод от санитарных приборов и бытовой техники (унитазов, умывальников, ванн, душей, стиральных и посудомоечных машин);
- производственную – для отведения производственных сточных вод;
- дренажную – для отведения сточных вод от любого оборудования, в результате эксплуатации которого необходимо отведение условно чистых вод, а также для отведения огнетушащих веществ, пролитых при испытании или после тушения пожара в соответствии с СП 486.1311500;
- объединенную – для отведения бытовых и производственных сточных вод при условии возможности их совместного транспортирования и очистки;
- внутренние водостоки – для отведения дождевых и талых вод с кровли здания.

В производственных зданиях допускается предусматривать несколько систем канализации, предназначенных для отведения сточных вод, отличающихся по составу, агрессивности, температуре и другим показателям, с учетом которых смешение их недопустимо или нецелесообразно.

Отведение жидких радиоактивных отходов производится по отдельной системе канализации.

Сточные воды, незагрязненные в технологическом процессе, следует использовать повторно в системах технического водоснабжения.

18.7.3 При проектировании сетей и сооружений водоснабжения для районов с сейсмичностью 7–9 баллов следует предусматривать мероприятия по обеспечению подачи воды для тушения пожаров, которые могут возникнуть при землетрясении, бесперебойную подачу питьевой воды, а также подачу воды на неотложные нужды производства.

К таким мероприятиям могут относиться кольцевание систем водоснабжения, дополнительные источники электроснабжения, установка аварийных насосов, запасных и регулирующих емкостей.

Для зданий промышленных предприятий, размещаемых в районах с сейсмичностью 8 и 9 баллов, когда прекращение подачи воды может вызвать аварии или значительные материальные убытки, следует предусматривать два ввода с использованием двух независимых источников водоснабжения.

Для вновь строящихся, реконструируемых и капитально ремонтируемых зданий с системами холодного и горячего водоснабжения следует предусматривать приборы измерения водопотребления (счетчики холодной и горячей воды).

Счетчики воды следует устанавливать на вводах трубопроводов холодной воды в каждое здание и сооружение.

18.8 Санитарно-бытовое обслуживание персонала

18.8 Санитарно-бытовое обслуживание персонала должно обеспечиваться комплексом санитарно-бытовых помещений, спецпрачечной и здравпунктом, входящих в состав АБК.

АБК должен состоять из санитарно-бытового и административно-производственного комплексов с разделением на «грязные» и «чистые» зоны оборудованных санпропускниками, которые могут размещаться как в одном здании, так и отдельно.

Для разработки проекта санитарно-бытового обслуживания персонала ГМЗ необходимо:

- определить численность персонала (общую и максимальной смены) по группам А и Б по ОСПОРБ [17] с учетом группы производственных процессов СП 44.13330, которые должны обеспечиваться соответствующими услугами бытового комбината;

- рассчитать объем работы спецпрачечной из условия отдельной обработки радиоактивных, нерадиоактивных и загрязненных веществами 1 и 2 класса опасности :

- а) верхняя спецодежда, включая обувь, СИЗ длительного пользования, каски, должна подвергаться санитарной обработке (стирка, химчистка, дезактивация) при загрязнении радиоактивными веществами до предельно допустимого уровня, но не реже чем 1 раз в неделю, как и для других видах загрязнений;

б) нательное белье, полотенца, платки, носки (портянки) независимо от вида загрязнений подлежат стирке ежесменно;

- предусмотреть пункт ремонта обуви и верхней одежды.

После окончания смены весь персонал категории А должен пройти санобработку. Для этого должно быть предусмотрено обеспечение мылом, мочалкой и индивидуальным полотенцем. Организация душевой должна позволять самой многочисленной смене пройти санитарную обработку не более чем за 30 минут.

Спецодежда должна доставляться в спецпрачечную в маркированных пластиковых мешках и рассортированной по виду, назначению, степени и характеру загрязнения.

В бытовых помещениях должна производиться ежесменная влажная уборка.

Все работники должны обеспечиваться питьевой водой на специальных питьевых пунктах.

18.9 Технологические решения по электроснабжению должны включать:

- характеристику оборудования, имеющего электроприемник;
- род токоприемника (двигатель - Д, термический – Т, электромагнит – М) и напряжение;
- количество рабочих и резервных аппаратов с этими электроприемниками;
- номинальную мощность токоприемника;
- число оборотов электродвигателя или ПВ% (для кранов);
- комплектность поставки электродвигателя и его тип;
- род передачи (ременная – «р», текстропная – «т», соединительная муфта – «м», непосредственно на валу двигателя – «н», редуктор – «рд»);
- способ установки электродвигателя (встроенный – «в», на фундаменте – «ф», на конструкции – «к», фланцевый – «фл»);
- число часов работы в году;
- характеристика помещения и среды, в которой эксплуатируется электроприемник («норм», «сырая», «агресс. газов», «пыльная», «повыш. температ.», «пожароопасная или взрывоопасная по ПУЭ»);
- категорийность электроприемников ГМЗ по перечню:

а) I – перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб предприятию, повреждение дорогостоящего основного оборудования, массовый брак продукции, расстройство технологического процесса. Электроприемники этой категории должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых взаимно регулируемых источников питания, и перерыв их электроснабжения

при нарушении электроснабжения от одного из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

б) особая группа электроприемников I категории, для которой должно предусматриваться дополнительное питание от третьего независимого резервного источника (аккумуляторных батарей, специальных агрегатов бесперебойного питания и др.);

б) II – перерыв электроснабжения которых приведет к массовому недовыпуску продукции, массовым простоям рабочих и оборудования. Электроприемники этой категории рекомендуется обеспечивать электроэнергией от двух независимых взаимно резервируемых источников питания. Для них при нарушении электроснабжения от одного из источников питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания, действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригады.

в) III – все остальные электроприемники, не подходящие под определение первых двух категорий при условии, что перерывы электроснабжения, необходимые для ремонта или замены системы электроснабжения, не превышают 1 суток.

Большинство электроприемников основного производства ГМЗ относятся ко II категории электроснабжения.

Предусмотреть возможность суммирования установленной и рабочей мощности по каждому подразделению и всего по предприятию для контроля и учета расхода электроэнергии.

18.10 Для разработки проекта оперативного и автоматического управления механизмами определяются следующие данные:

- определение оборудования и его техническая характеристика;
- количество рабочих и резервных аппаратов;
- характеристика токоприемника (тип, мощность и напряжение);
- управление рабочим и резервным механизмами (ручное по месту – РМ, дистанционно – РД, автоматическое – А по параметру);
- блокировка с другим механизмом;
- участие в поточно-транспортной системе;
- характеристику помещения, в котором эксплуатируется электроприемник, (температура, влажность, категория по ПУЭ).

18.11 Задание на проектирование слаботочных устройств, включая связь и сигнализацию, составляется по каждому зданию ГМЗ и должно содержать:

- места установки абонентских точек;
- виды их телефонной связи (внешней, внутренней, диспетчерской, мобильной);
- необходимость диспетчерской громкоговорящей связи;

- места установки извещателей пожарной сигнализации (ручных, автоматических);
- оснащение помещений электрочасами и радиоточками;
- необходимость промышленного телевидения;
- характеристика помещений и его среды («нормальная», «сырая», «агрессивных газов», «пыльная», «шумная»);
- категория производства по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности и класс зон по ПУЭ.

18.12 Для разработки раздела «Автоматизация технологических процессов» требуются следующие исходные данные:

- обслуживаемый аппарат;
- контролируемый параметр (измеряемый – «И», сигнализируемый – «СГ», регулируемый – «Р», стабилизируемый – «СБ»);
- пределы измерения параметра (средний и наибольший);
- условия установки датчика (среда – характеристика, избыточное давление и температура, стойкий материал датчика, DN трубы);
- среда, регулирующей данный параметр (наименование, средний и наибольший расход, давление среды, удельная плотность, температура, DN трубы);
- характеристика помещения (температура, влажность, среднее барометрическое давление, категория по ПУЭ).

Перечень данных может корректироваться в зависимости от стадии проектирования и особых условий проведения технологического процесса.

Разработка автоматизированной системы управления технологических процессов осуществляется по специальному Техническому заданию.

18.13 Для проектирования объекта утилизации основного объема радиоактивных отходов ГМЗ в виде пульпы после извлечения урана – хвостохранилища необходимы следующие технологические исходные данные:

- масса твердой составляющей хвостов, т/сутки;
- их количество по годам эксплуатации ГМЗ, т/сутки;
- общий объем хвостов до прекращения поступления, тыс. т;
- среднее соотношение по массе твердого и жидкого в пульпе, Т : Ж;
- гранулометрический состав твердой фазы хвостов по массе согласно Технологическому регламенту, % по классам крупности, мм: более 2; 1-2; 0,5-1; 0,25-0,5; 0,1-0,25; 0,05-0,1; 0,01-0,05; 0,005-0,01; 0,002-0,005 и менее 0,002;
- удельная плотность твердых частиц;
- число рабочих дней в году и часов в сутки поступления пульпы на хвостохранилище;

- минералогический состав твердой части хвостов по массе, %;
- химический состав жидкой фазы хвостов мг/дм³;
- температура пульпы перед направлением на хвостохранилище;
- количество оборотной воды, которое может возвращаться в технологический процесс, м³/сутки и по годам эксплуатации, тыс. м³;
- допустимое содержание взвешенных частиц в оборотной воде, мг/дм³;
- предполагаемое место размещения на площадке ГМЗ выхода хвостов.

18.14 Для разработки раздела «Охрана окружающей среды» необходима информация о технологических отходах (кроме рудных), образующихся за год в период эксплуатации ГМЗ, для размещения на полигоне твердых бытовых отходов. Она должна включать характеристику и количество следующих отходов:

- металлопроката (запасные части, оборудование, прокат, трубы, арматура и др.);
- шаров, футеровки;
- ленты конвейерной, ткани фильтровальной;
- тары от реагентов (биг-бэги с остатками продуктов, металлические барабаны после прессования, мешки и др.);
- смазочных масел;
- баллонов;
- прочего и неучтенного (5%).

Кроме того, к технологическому заданию прилагаются описание работы ГМЗ, технологическая схема, штатное расписание (явочное), показатели работы ГМЗ за весь период эксплуатации, аппаратурные схемы и компоновочные чертежи.

18.15 Для оценки радиационной безопасности ГМЗ необходима следующая информация:

- а) по каждому оборудованию, помещению, зданию и сооружению (включая конвейерные галереи и трубопроводные эстакады) на производственной площадке:
- вид радиоактивного материала;
 - максимальное количество этого материала;
 - содержание в этом материале урана различного изотопного состава;
 - время нахождения этого материала, час / год;
 - материал и толщина обечайки технологических аппаратов.
- б) порядок учета и контроля готовой продукции.
- в) характеристика упаковочных комплексов готовой продукции.
- г) максимальное количество готовой продукции на складе
- д) перечень и объем радиоактивных отходов и порядок обращения с ними.

- е) возможные радиационные аварии и способы ликвидации их последствий.
- ж) чертежи объемно-планировочных решений зданий и сооружений.

19 Охрана труда

19.1 Общие требования

19.1.3 При превышении влажности руды 10 % и в других случаях возможного налипания руды на стенках бункеров, ленточных конвейерах и перегрузочных устройствах предусматривать специальные мероприятия, включающие предварительную промывку руды, механизированную очистку конвейерных лент, футеровку бункеров полимерными материалами и др.

19.1.10 Количество раствора, уносимого из аппарата при барботажном перемешивании в единицу времени определяется по формуле

$$G = 60 * g * q * S, \text{ см}^3 / \text{ час}$$

где: g – удельное содержание раствора в уносимом воздухе, $\text{см}^3 / \text{м}^3$

q – выход барботажного воздуха с зеркала раствора, $\text{м}^3 / (\text{м}^2 * \text{мин.})$

S – площадь зеркала раствора в аппарате, м^2

19.1.27 Все работники должны обеспечиваться питьевой водой на специальных питьевых пунктах.

19.2 Специальные требования

19.2.1 Для сокращения времени пребывания обслуживающего персонала в «грязной» зоне следует предусматривать максимальную автоматизацию и дистанционное управление технологическими операциями и механизированную уборку помещений при аварийных переливах и других поступлениях технологических продуктов в помещение, а также не менее двух эвакуационных выходов.

19.2.2 При работах с радиоактивными веществами объем производственного помещения должен быть не менее 25 м^3 , а свободная от оборудования площадь должна составлять не менее 10 м^2 на одного работающего.

19.2.3 При планировке производственных помещений «грязной» зоны необходимо выделить участки для дезактивации демонтированного оборудования и его временного хранения со специальными хозяйственными выходами, оборудованными воздушными завесами.

19.2.4 Отделка помещений «грязной» зоны должна препятствовать накоплению радиоактивных загрязнений на их поверхности и допускать легкую очистку мокрым путем со сбором смывных вод в спецканализацию или возвратом в технологический процесс. Окраску

следует выполнять контрастной к цвету обрабатываемого продукта и по возможности светлых тонов.

19.2.5 В помещениях без поливочных кранов, следует предусматривать ручную влажную уборку или механизированную сухую систему сбора пыли с очисткой загрязненного воздуха.

19.2.14 Дезактивацию следует проводить средствами механизированной мойки оборудования. Прямой контакт персонала с радиоактивными веществами должен быть минимален. По окончании дезактивации оборудование, сдаваемое в ремонт или направляемого за пределы цехов предприятия, подлежит дозиметрическому контролю.

19.2.15 Приготовление и хранение дезактивирующих растворов должно проводиться на месте проведения дезактивационных работ. Пункт дезактивации в цехе или в отдельно стоящем здании для дезактивации оборудования и транспортных средств предприятия.

19.2.16 Процесс дезактивации и его аппаратное оформление должны исключать непосредственный контакт персонала с радиоактивными веществами. При проектировании необходимо предусматривать максимальную механизацию и автоматизацию процесса дезактивации.

19.2.17 Пункты и цеха дезактивации должны быть оснащены: емкостями для приготовления и хранения дезактивирующих растворов, сборниками отработанных растворов, ванными для обработки оборудования, подъемно-транспортными устройствами, средствами механизированной мойки, уборки и пр. Иметь складские помещения для используемых химикатов, инструмента, запасных частей и пр.

19.2.18 Производственные операции по ремонту и очистке механизированных средств, используемых для дезактивации и уборки следует проводить в отдельных хорошо вентилируемых помещениях. Персонал, занятый выполнением этих операций, обеспечивается СИЗ.

19.2.19 Объем, виды и технология работ по дезактивации загрязненных объектов, а также меры по обеспечению радиационной защиты и техники безопасности, должны основываться на фактических результатах предварительно проводимых санитарно-дозиметрических обследований загрязненности.

19.3 Классификация опасностей на рабочих местах

19.3.1 Классификация опасностей по Р 2.1.10.1920-04 [21] рекомендуется для их эффективного выявления (идентификации) на рабочих местах (рабочих зонах), при выполнении отдельных работ в рамках процедуры управления профессиональными рисками в системе управления охраной труда (далее – СУОТ).

19.3.2 Выявленные опасности рекомендуется классифицировать следующими способами:

- по видам профессиональной деятельности работников с учетом наличия вредных (опасных) производственных факторов;
- по причинам возникновения опасностей на рабочих местах (рабочих зонах), при выполнении работ, при нештатной (аварийной) ситуации;
- по опасным событиям вследствие воздействия опасности (профессиональные заболевания, травмы).

19.3.3 Результаты предварительного распознавания опасностей рекомендуется оформлять с привязкой к объектам исследования (территории работодателя, рабочему месту, рабочей зоне, выполняемой работе, нештатной (аварийной) ситуации) в виде Перечня (реестра) выявленных опасностей.

19.3.4 В Перечень рекомендуется включать следующие позиции:

- наименование объекта исследования (рабочего места/рабочей зоны/производственной операции/производственного объекта/вида выполняемых работ/нештатной (аварийной) ситуации);
- наименование предварительно идентифицированной опасности;
- описание потенциального опасного события;
- наименование объектов возникновения опасности;
- перечень рабочих мест и иных объектов исследования, которые подвергаются воздействию опасности;
- сведения о классе (подклассе) условий труда по соответствующему фактору по результатам специальной оценки условий труда для опасностей, связанных с факторами производственной среды и трудового процесса;
- перечень существующих мер контроля риска (защиты от опасности) в соответствии с идентифицированными в соответствии с таблицей N 1 требованиями с указанием ссылок на нормативные правовые акты и иные документы, содержащих данные требования;
- оценку вероятности опасного события;
- оценку потенциальных последствий опасного события;
- уровень профессионального риска (высокий, умеренный, незначительный или согласно иной выбранной работодателем классификации);
- дополнительные меры по контролю риска (защите от опасности) (заполняется для высоких рисков и при необходимости для умеренных рисков).

19.3.5 Располагать опасности при формировании указанного перечня (реестра) опасностей рекомендуется в порядке их значимости: от наибольшей значимости к наименьшей (т.е. от наибольшей оценки уровней профессиональных рисков к наименьшей).

19.3.6 Результатом сбора исходных данных анализа государственных нормативных требований охраны труда и требований иных документах являются связанные между собой перечни объектов исследования, объектов и факторов возникновения опасностей, предварительно выявленных опасностей и мер управления ими. Данные сведения рекомендуется включать в перечень (реестр) опасностей на исследуемых объектах.

19.4 Классификация гидromеталлургических заводов по уровню опасности

19.4.1 В соответствии с законом [22] (приложение 1) проектирование, строительство, эксплуатация, реконструкция, капитальный ремонт и техническое перевооружение ГМЗ относится к категории опасных производственных объектов.

19.4.2 В зависимости от уровня потенциальной опасности аварий они подразделяются на 4 класса:

- I – опасные производственные объекты чрезвычайно высокой опасности;
- II – опасные производственные объекты высокой опасности;
- III – опасные производственные объекты средней опасности;
- IV – опасные производственные объекты низкой опасности.

19.4.3 Наиболее высокий класс опасности ГМЗ, как опасного производственного объекта, может устанавливаться, исходя из количества опасного вещества или опасных веществ, которые одновременно могут находиться на соответствующем ГМЗ.

19.4.4 С точки зрения использования оборудования, работающего под избыточным давлением более 0,07 МПа, ГМЗ относится к IV классу опасности.

19.4.5 По использованию стационарно установленных грузоподъемных механизмов ГМЗ также относится к IV классу опасности.

19.4.6 Из-за ведения работ по обогащению полезных ископаемых ГМЗ отнесено к III классу опасности.

20 Охрана окружающей среды

20.1 Проектные решения по охране окружающей среды следует принимать на основании территориальных комплексных схем охраны природы и данных экологических изысканий на местах строительства.

20.2 Природоохранные мероприятия во всех случаях необходимо проектировать с учетом фактического (фоновое) состояния окружающей среды (степени загрязнения атмосферного воздуха и водоемов, уровня шума и т.д.).

20.3 Выбросы в атмосферу, содержащие взвешенные и газообразные загрязняющие вещества, характеризуются объемом, интенсивностью выброса, температурой, классом опасности, концентрацией загрязняющих веществ. Их негативное воздействие рассматривается в зоне влияния проектируемого объекта.

20.4 Зоной влияния проектируемого объекта на атмосферный воздух считается территория, на которой суммарное загрязнение атмосферы от всей совокупности источников выбросов данного объекта, в том числе низких и неорганизованных превышает 0,05 ПДК.

20.5 Для оценки негативного воздействия выбросов загрязняющих веществ на окружающую среду выполняются расчеты концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе

20.6 Выбросы загрязняющих веществ служат исходными данными для расчета приземных концентраций. Результаты расчета приводятся в виде карт рассеивания, с изолиниями приземных концентраций загрязняющих веществ.

21 Химическая безопасность

21.1 Общие положения

21.1.1 Для обеспечения при проектировании ГМЗ требований химической безопасности следует руководствоваться основами [23]

Основами [23] определяются цель, принципы, приоритетные направления и основные задачи государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу, а также механизмы ее реализации.

Состояние химической безопасности определяется состоянием защищенности населения и окружающей среды от негативного воздействия опасных химических факторов, при котором химический риск остается на допустимом уровне.

Наличие опасных химических факторов, формирующих недопустимый риск и способных привести к возникновению массовых отравлений, ухудшению ситуации в области химической безопасности и (или) перерастанию ее в чрезвычайную ситуацию химического характера, представляет собой химическую угрозу

21.1.2 Основными химическими угрозами являются:

- широкое использование химических веществ с высокой токсичностью;
- разработка и внедрение в производство принципиально новых классов химических веществ, воздействие которых на человека и окружающую среду изучено недостаточно;

- аварии на химических объектах в связи с критическим уровнем износа оборудования, усложнением технологических процессов производства и недостаточным уровнем квалификации персонала;

- использование технологий, не обеспечивающих надлежащую химическую безопасность.

21.1.3 Для обеспечения химической безопасности обязательным являются:

- соблюдение законодательства Российской Федерации, международных договоров Российской Федерации в области обеспечения химической безопасности;

- обеспечение защищенности потенциально опасных химических объектов;

- мониторинг химических рисков;

- осуществление комплекса мероприятий по нейтрализации химических угроз, предупреждению и минимизации химических рисков, повышению защищенности окружающей среды от негативного воздействия опасных химических факторов, а также оценка эффективности указанных мероприятий;

- категорирование и классификация объектов и территорий, представляющих химическую опасность, на основе сведений о свойствах химических веществ о параметрах среды обитания, в том числе о качестве атмосферного воздуха, питьевой воды и поверхностных водных источников, степени загрязнения почв;

- выявление и учет неиспользуемых химических веществ, образующихся в процессе производства, в целях эффективного вовлечения их в хозяйственный оборот в качестве вторичных ресурсов для исключения негативного воздействия этих веществ на население и окружающую среду;

- обеспечение мер физической защиты и охраны потенциально опасных химических объектов;

- внедрение современных методов, средств и технологий защиты окружающей среды от негативного воздействия опасных химических факторов;

- предупреждение и ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций химического характера;

- совершенствование систем контроля и управления, включая систему автоматической противоаварийной защиты технологических процессов, обеспечение эффективности функционирования дежурно-диспетчерских служб потенциально опасных химических объектов;

- замена физически изношенного оборудования и морально устаревших технологий более современными (в том числе позволяющими уменьшить объем используемых потенциально опасных химических веществ, применять менее опасные химические вещества

или вещества в менее опасном состоянии), а также проектирование объектов с наименьшим уровнем сложности, менее чувствительных к несанкционированным воздействиям;

- повышение обеспеченности работников потенциально опасных химических объектов средствами индивидуальной и коллективной защиты;

21.1.4 Основным показателем, характеризующим состояние химической безопасности, является уровень химического риска, который определяется по результатам мониторинга химических рисков в соответствии с методами их выявления, анализа и прогнозирования, а также в соответствии с критериями оценки и ранжирования химических рисков, установленными законодательствами Российской Федерации в области химической безопасности.

21.1.5 Рекомендации по классификации, обнаружению, распознаванию и описанию опасностей содержатся в Р 2.1.10.1920-04 [21].

21.2 Химические опасности

21.2.1 Химические опасности могут быть обусловлены нарушениями требований охраны труда и промышленной безопасности, неприменением и (или) отсутствием у работников средств защиты, приводящих к попаданию в воздух рабочей зоны и прямому воздействию на работников, использующихся в производственном процессе химических веществ со следующими опасными свойствами:

- взрывоопасными;
- окисляющими;
- легковоспламеняющимися;
- токсичными;
- вызывающими ускорение коррозии;
- раздражающими;
- канцерогенными.

21.2.2 Химические опасности также могут быть обусловлены попаданием в воздух рабочей зоны сочетания (смеси) неопасных по отдельности химических веществ, которые при смешивании вызывают в воздухе рабочей зоны химическую реакцию с выделением лучистого тепла, большого количества энергии, приводящих к взрывам и (или) пожарам, а также образованию химических веществ с опасными свойствами, в том числе вследствие нарушения требований охраны труда и промышленной безопасности.

21.2.3 Для персонала ГМЗ следует учитывать химическую токсичность урана, в связи с чем поступление через органы дыхания его растворимых соединений не должно превышать 2,5 мг в сутки и 500 мг в год.

По ГОСТ 12.1.005-88 ПДК урана в воздухе рабочей зоны, класс опасности 1 в виде аэрозоли для нерастворимых соединений – 0,075 и для растворимых соединений – 0,015 мг / м³.

21.3 Проектирование, строительство, эксплуатация, реконструкция, капитальный ремонт и техническое перевооружение ГМЗ относится к категории опасных производственных объектов.

В зависимости от уровня потенциальной опасности аварий они подразделяются на 4 класса:

- I – опасные производственные объекты чрезвычайно высокой опасности;
- II – опасные производственные объекты высокой опасности;
- III – опасные производственные объекты средней опасности;
- IV – опасные производственные объекты низкой опасности.

Наиболее высокий класс опасности ГМЗ, как опасного производственного объекта, может устанавливаться, исходя из количества опасного вещества или опасных веществ, которые одновременно могут находиться на соответствующем ГМЗ.

21.4 Определение опасностей и оценку рисков выполнять по ГОСТ Р 12.0.010.

В настоящем стандарте представлены:

- показатели ущерба и рисков (наиболее применимые), порядок их использования для оценки рисков;
- порядок выявления опасностей, последствия проявления которых могут привести к возникновению ущерба здоровью и жизни работника;
- порядок расчета вероятностей возникновения

22 Радиационная безопасность

22.1 Радиационная характеристика гидрометаллургических заводов

22.1.1 По потенциальной радиационной опасности согласно ОСПОРБ [17] ГМЗ относятся ко II категории объектов, радиационное воздействие при аварии которых ограничивается территорией санитарно-защитной зоны.

22.1.2 Радиационная обстановка на ГМЗ обусловлена содержанием радиоактивных веществ в рудах и горных породах, интенсивностью выделения радона и торона в помещениях по переработке руд. При дальнейшем распаде эти газы (эманации радия и тория) образуют аэрозоли короткоживущих продуктов распада. Дозу облучения увеличивают также ДРН рядов урана и тория, присутствующие в воздухе в виде рудной и породной пыли, а также от количества образующейся пыли и эффективности проветривания.

Также непосредственным источником радиации при переработке урановых руд является β - и γ - излучение.

22.1.3 Для предприятий, перерабатывающих уран и его соединения, класс работ (I, II, III) определяется в зависимости от характера производства и регламентируется МУ 2.6.1.02-03 [24].

22.1.4 Классы работ при обращении с материалами, содержащими природный уран определяются активностью естественного нуклида урана и дочерних продуктов цепочек распада этого нуклида.

Расчеты активности приведены к активности группы радиационной опасности «А». Расчетная величина эквивалентной удельной активности нуклидов группы «А» урана природного и продуктов распада составила $8,4 \times 10^3$ Бк / г урана.

Исходя из этого, в таблице 22.1 приведены максимальные количества урана на рабочем месте для различных классов работ.

Таблица 22.1 – Определение класса работ при обращении с ураном

Класс работ	I	II	III
Активность нуклидов группы «А» на рабочем месте, Бк	более 10^8	$10^5 - 10^8$	до 10^5
Масса природного урана	более 11,9 кг	от 11,9 г до 11,9 кг	до 12 г

Для корректного установления класса работ с открытыми источниками излучения при переработке урана в качестве гигиенического критерия принимать фактическую суммарную активность радионуклидов – суммарную активность радионуклидов, поступающих в воздушную среду производственных помещений и определяющих потенциальную опасность внутреннего облучения персонала на рабочем месте.

Фактическая суммарная активность радионуклидов определяется для конкретного производственного помещения по формуле

$$C_{\text{факт.}} = C_{\text{пов.}} + C_{\text{возд.}}, \text{ Бк} \quad (22.1)$$

где: $C_{\text{пов.}}$ – суммарная активность радионуклидов, обуславливающая поверхностное загрязнение оборудования и строительных конструкций (полов и стен) данного производственного помещения, Бк;

$C_{\text{возд.}}$ – суммарная активность радионуклидов, обуславливающая загрязнение воздушной среды данного производственного помещения, Бк

Для проектируемых производств в качестве $C_{\text{факт.}}$ следует использовать нормируемые значения снимаемой поверхностной загрязненности и загрязнения воздушной среды.

22.1.5 Загрязненность воздушной среды на участках механической обработки руд (дробление и измельчение) нестабильна и обусловлена многими составляющими: степенью

измельчения, содержанию в исходном сырье влаги, характеру пылеулавливающих устройств и др. Так, при влажности обрабатываемой руды 3,3-5,2 % запыленность воздуха достигает максимальных значений, а при влажности 10,4-12 % средняя запыленность воздуха была равна 1,4-3,7 мг/м³.

Совместное применение гидрообеспыливания, вентиляции и укрытий для оборудования значительно снижает содержание пыли урана в воздухе.

22.1.6 Для пыли урановой руды и продуктов ее переработки при радиоактивном равновесии в урановом ряду допустимая весовая запыленность воздуха, учитывающая радиационный фактор, определяется по формуле

$$D = 0.33 / \alpha, \text{ мг / м}^3, \quad (22.2)$$

а при наличии в пыли равновесных уранового и ториевого рядов – по формуле

$$D = 1 / (\alpha/0.33 + \beta/0.74), \text{ мг / м}^3 \quad (22.3)$$

где α и β – среднегодовые содержания урана и тория в пылеобразующем материале, %

22.1.7 Помимо пылевыведений на участках рудоподготовки, в хранилищах руд и на участках обработки рудных пульп присутствует радиоактивный газ радон.

Он выделяется из технологических продуктов, из которых еще не выделен радий.

Концентрация радона при этом зависит от суммарного содержания радия в хранящихся или находящихся в обработке руд, способа хранения руд, вида применяемого оборудования, интенсивности проветривания помещений и др.

Большое значение в отношении загрязненности воздуха радоном имеет наличие укрытий оборудования, эффективные скорости отсоса воздуха от оборудования (1-1,5 м/сек), хранение в открытом виде радийсодержащих продуктов и материалов.

22.1.8 В процессе обработки урановых руд возможно также внешнее γ -облучение работающего персонала от продуктов распада радия. Отмечен повышенный уровень γ -фона на участках сорбции

В целях обеспечения безопасности следует определить интенсивность гамма-излучения материала загрузки технологического оборудования, обусловленную активностью радионуклидов, радиологическими свойствами гамма-излучающих радионуклидов (керма-постоянная, энергия гамма-квантов) и излучающего материала (плотность, коэффициент ослабления гамма-излучения), геометрией облучения (форма, размеры источников), расстоянием от источника до точки детектирования, а также наличием или отсутствием защитных экранов между источником и точкой детектирования.

22.1.9 Внешнее β -облучение персонала практически не опасно, за исключением участков получения готовой урановой продукции. Причиной такого облучения является необходимость визуального контроля и контакт с открытыми поверхностями солей урана.

22.1.10 Наличие в воздушной среде радиоактивных веществ, а также необходимость проведения ремонтных работ и связанного с этим вскрытия оборудования и выполнения ручных вспомогательных операций приводит к загрязнению поверхностей оборудования, пола, а также спецодежды и рук персонала α - и β -активными веществами. При этом уровни загрязнения α -излучением превышают уровни β -загрязнения.

22.1.11 Важное значение имеет определение санитарно-гигиенической характеристики воздушной среды при хранении урановой руды, необходимого для ритмичной работы ГМЗ.

На открытых напольных складах содержание радона в зоне дыхания находится в пределах от 400 до 3700 Бк/м³.

В закрытых бункерных складах, оборудованных механической вытяжной вентиляцией, эта величина составляет от 800 до 3300 Бк/м³, а при отсутствии такой вентиляции при использовании только жалюзей и проемов для проветривания содержание радона составляет от 3700 до 26000 Бк/м³.

22.2 Обращение с радиоактивными отходами

22.2.1 При проектируемом производстве образуются жидкие и твердые радиоактивные отходы.

22.2.2 В проектной документации необходимо выполнить прогнозную оценку активности отходов, содержащих радионуклиды.

На основании результатов выполненной оценки, производят сопоставление активности радионуклидов в отходах с критериями отнесения твердых и жидких отходов к РАО.

22.2.3 К радиоактивным отходам относятся не подлежащие дальнейшему использованию вещества, смеси, изделия, для которых удельная активность техногенных радионуклидов превышает минимально значимую удельную активность радионуклидов по НРБ 99 [20] (приложение 4).

22.2.4 При неизвестном радионуклидном составе отходы являются радиоактивными, если суммарная удельная активность техногенных радионуклидов в них больше:

- 100 Бк / г для бета-излучающих радионуклидов;
- 10 Бк / г для альфа-излучающих радионуклидов;
- 1 Бк/ г для трансураниевых радионуклидов.

22.2.5 При обращении с РАО необходимо предусматривать, следующие мероприятия для минимизации образования РАО:

- использование оборотной воды из хвостохранилища в технологическом цикле переработки руды, дезактивация металлолома и оборудования, выведенного из технологического цикла, применение фильтров в системе вентиляции;
- первичную сортировку РАО;

- физическую защиту, учет и контроль РАО;
- технологический контроль РАО;
- радиационный контроль;
- использование для транспортировки РАО специально предназначенными и оборудованными для этого транспортными средствами и транспортными контейнерами.

22.2.6 Физическую защиту, учет и контроль радиоактивных отходов, необходимо осуществлять в соответствии с требованиями НП-053-16 [25].

23 Основные направления повышения технического уровня проектных решений

23.1 Общие положения

23.1.1 В проектах ГМЗ следует предусматривать применение технологии, оборудования, объемно-планировочных и конструктивно-компоновочных решений, соответствующих современному техническому уровню, достигнутому для аналогичных предприятий.

23.1.2 В качестве одного из основных направлений следует считать широкое внедрение схем комплексной переработки руд с рациональным сочетанием процессов предварительного обогащения, гидрометаллургии и кучного выщелачивания.

23.1.3 Повышение экономической эффективности должно обеспечиваться за счет применения технологических схем, позволяющих извлекать в товарную продукцию все полезные компоненты, содержание которых в исходной руде представляет промышленный интерес, в том числе цветные, благородные, редкие и редкоземельные металлы, флюорит, пирит и компоненты, которые могут служить сырьем для производства строительных материалов и другой народно-хозяйственной продукции.

23.1.4 Необходимо широкое внедрение современных неметаллических материалов для изготовления оборудования, трубопроводов, деталей машин и других изделий, а также для защиты рабочих поверхностей от абразивного и коррозионного воздействия.

23.1.5 Объемно-планировочные и конструктивно-компоновочные решения должны обеспечивать максимальную степень блокировки зданий и сооружений, а также реализацию блочного метода изготовления и монтажа технологического оборудования.

23.1.6 При проектировании следует стремиться к максимальной автоматизации и сокращению времени проектирования за счет применения современных средств и программного обеспечения для трехмерного проектирования на основе актуального программного обеспечения.

Выбор программного обеспечения следует осуществлять в соответствии с задачами каждого раздела проектной документации, с учетом возможности переноса и интеграции данных между различными продуктами разных производителей.

23.2 Рудоподготовительные процессы

23.2.1 В качестве важного направления следует внедрять систему управления качеством исходного сырья, основанной на результатах технологического картирования месторождения и мероприятий по усреднению поступающих на переработку руд.

23.2.2 В проектах цехов рудоподготовки необходимо применять:

- размещение установок крупного дробления исходной руды в шахтах и на бортах карьеров;
- в карьерах передвижные дробильные установки;
- прогрессивное дробильное оборудование;
- грохоты с резиновыми и полиуретановыми ситами;
- мероприятия по предотвращению смерзания и налипания руды в транспортных устройствах, бункерах и пересыпных устройствах;
- отмывку руды от глины и шламов перед складированием в бункерах;
- вместо бункеров – закрытые полубункерные склады и рудных склады напольного типа;
- футеровку бункеров и пересыпных устройств резиной, каменным литьем и другими износостойкими материалами;
- крутонаклонные ленточные конвейеры, что позволит сократить их длину, уменьшить расстояния между сопряженными зданиями и сооружениями, повысить плотность застройки производственной площадки;
- конвейеры трубчатые цепные для перемещения мелкозернистого материала на высоту до 30 м при длине до 50 м с производительностью до 30 м³/час;
- мельницы полусамоизмельчения и шаровые мельницы максимальных объемов;
- консольные мельницы;
- валковые дробилки высокого давления для мелкого дробления, в циклах полусамоизмельчения (для дробления крупной фракции разгрузки МПСИ);
- вертикальные мельницы вместо шаровых мельниц при сокращении капитальных и эксплуатационных затрат;
- на продуктах второй стадии измельчения гидроциклоны диаметром 700, 1000 и 2000 мм, футерованных полиуретаном и карбидом кремния;

- тонкое грохочение в циклах измельчения вместо гидроциклонирования, что позволит уменьшить расход электроэнергии, повысить эффективность классификации, сократить расход воды на операции, увеличить плотность готового продукта;

- специальные схемы и методы измельчения легкошламуемых руд, обеспечивающих максимальное раскрытие ценных минералов при их минимальном переизмельчении и ошламовании.

- внутриоборотное водоснабжение, предусматривающее сгущение хвостовой пульпы и получение оборотной воды для использования на технологические нужды, что позволит сократить расходы электроэнергии на перекачку пульпы на хвостохранилище и свежей воды в процесс;

- модернизация радиальных сгустителей по типу Supaflo, в котором наличие глубокого питающего колодца, камеры деаэрации, отражательного конуса, устройства регулирования подачи флокулянта позволяет уменьшить диаметр сгустителя примерно в 3 раза, повысить скорость осаждения и производительность, обеспечить высокую плотность сгущенного продукта (до пастового состояния) и чистый слив, снизить расход электроэнергии и флокулянта и т.д.

23.3 Предварительное обогащение

23.3.1 Для предварительной концентрации руд с естественной радиоактивностью необходимо широкое внедрение радиометрического обогащения и в зависимости от вида и свойств перерабатываемого сырья также рентгенорадиометрических, фотометрических, нейтронно-активационных и других современных методов сепарации.

23.3.2 Обосновывать нецелесообразность других способов обогащения исходного сырья перед гидрометаллургической переработкой, включающих гравитационные процессы, флотацию, обогащение в тяжелых средах и др.

23.3.3 При проектировании отделений обогащения рекомендуется предусматривать:

- интенсификацию процессов флотации за счет применения эффективных способов подготовки пульпы и реагентов с использованием аэрационного теплового кондиционирования, ультразвукового, электрохимического и пульсационного воздействия;

- внедрение пневмомеханических и пневматических флотационных машин с большим объемом камеры;

- применение для гравитационного обогащения руд центробежных концентраторов, винтовых сепараторов и концентрационных столов с высокостойкими покрытиями (из полимербетона, полиуретана, стеклопластика);

- более широкое применение обогащения в тяжелых суспензиях;

- внедрение методов магнитного обогащения с предварительным селективным омагничиванием немагнитных минералов.

23.3.4 В качестве перспективных направлений интенсификации процессов следует рассматривать внедрение:

- химических, тепловых, электромагнитных, электрогидравлических, электроимпульсных, плазменных и других аналогичных методов разупрочнения руд, снижающих прочность контакта разноименных компонентов и облегчающих селективное раскрытие сростков при минимальном переизмельчении и ошламовании руды;

- способов и средств физического воздействия для направленного изменения технологических свойств руд при их подготовке, методов физико-химической активации получаемых продуктов путем использования струйных и планетарных мельниц, скоростных дезинтеграторов, электроимпульсных установок.

23.4 Гидрометаллургическая переработка

23.4.1 В целях повышения технического уровня проектных решений гидрометаллургических производств рекомендуется:

- внедрение малоотходных (безотходных) технологических схем комплексной переработки руд с целью извлечения попутных компонента;

- применение новых технологий, разрабатываемых на основе более глубокого изучения физико-химических основ гидрометаллургических процессов: их кинетики, механизма взаимодействия реагентов и их растворов с минералами, сорбентами, экстрагентами, способов активации технологических процессов и т.д.;

- широкое внедрение пульсационной аппаратуры на всех стадиях гидрометаллургической переработки руд и растворов.

23.4.2 В качестве основных направлений проектирования отделений выщелачивания ГМЗ следует считать:

- применение «песковых» схем (при кислотном вскрытии) с заглублением помола руды до минус 0,3 мм (40% класса плюс 0,074 мм), что при сохранении уровня извлечения полезного компонента обеспечит возможность снижения энергозатрат и расхода реагентов, а также создания намывных хвостохранилищ;

- интенсификацию технологии выщелачивания за счет применения автоклавных процессов;

- применение комбинированных процессов выщелачивания в автоклавах и пачуках, обеспечивающих возможность эффективного использования химической, тепловой и потенциальной энергии выщелоченной автоклавной пульпы в пачуковом процессе;

- совмещение процессов измельчения и выщелачивания;

- применение прогрессивных реагентных режимов выщелачивания за счет использования интенсифицирующих фторсодержащих добавок и трехвалентного железа в качестве окислителя при соответствующем сокращении расхода марганецсодержащего сырья и других дефицитных окислителей (надсерной кислоты, перманганатов, кислорода, и других реагентов);

- использование барабанно-шнековых аппаратов для выщелачивания, выделения крупных фракций с одновременной отмывкой их от реагентов;

- применение пульсационных колонн для отмывки песков (при загубленном помолу руды) от кислоты и шламов.

23.4.3 В качестве основных направлений проектирования сорбционно-регенерационных отделений ГМЗ следует считать:

- применение оборудования максимального объема (пачуков сорбции диаметром 6 м, сорбционных колонн диаметром более 3 м и десорбционных колонн диаметром 3 м);

- установку сорбционных аппаратов, несущая конструкция которых позволяет размещать в верхней зоне помещения для обслуживания технологического процесса сорбции;

- внедрение методов сорбционного и десорбционного концентрирования с использованием высокоэффективных аппаратов и пульсационных колонн;

- применение пульсационных колонн для отмывки сорбентов;

- внедрение U-образных колонн десорбционного концентрирования;

- установку замкнутой противоточной системы сорбции-регенерации с использованием барабанно-шнековых аппаратов;

- применение новых сорбентов, обладающих повышенными ионообменными свойствами и физико-химическими характеристиками.

23.4.4 В качестве основных направлений проектирования отделений получения готовой продукции ГМЗ следует считать:

- применение новых экстрагентов, а также их двойных и тройных смесей, новых разбавителей с повышенной температурой вспышки;

- использование новой технологии получения химического концентрата высокого качества;

- внедрение эффективной схемы пылегазоочистки термических процессов.

Библиография

- [1] Единые отраслевые методические рекомендации по разработке обоснований инвестиций (ОБИН) (утверждены приказом Госкорпорации Росатом от 3 июня 2014 года № 1/512-П)
- [2] Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 27 мая 2022 года № 963)
- [3] Требования к структуре и оформлению проектной документации на разработку месторождений твердых полезных ископаемых, ликвидацию и консервацию горных выработок и первичную переработку минерального сырья (утверждены приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 25.06.2010 № 218).
- [4] Единые отраслевые методические указания по подготовке разделов проектной документации на техническое перевооружение объектов капитального строительства, (утверждены приказом Госкорпорации «Росатом» от 23.10.2017 № 1/1030-П с Изменениями от 05.05.2023 № 1/803-П).
- [5] Положение о технологических регламентах производства продукции на предприятиях химического комплекса, утвержденное Заместителем министра экономики Российской Федерации 6 мая 2009 г.
- [6] ФНП в области промышленной безопасности от 7 декабря 2020 года № 500 Правила безопасности химически опасных производственных объектов
- [7] РДП 21-89 Отраслевые руководящие документы по проектированию. Положение о составе, порядке разработки и утверждения технологических регламентов для проектирования предприятий цветной металлургии. Минцветмет СССР
- [8] Положение об исходных данных для проектирования, утвержденных Заместителем министра промышленности, науки и технологий Российской Федерации от 30 января 2002 г.
- [9] ПБ 10-382-00 «Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов»
- [10] ВНТП-21-86 (Минцветмет СССР) Нормы технологического проектирования флотационных фабрик для руд цветных металлов (утверждены приказом Минцветмета СССР от 28.02.1986 № 97)
- [11] Правила эксплуатации установок очистки газа (утверждены приказом Минприроды России от 15 сентября 2017 г. № 498)
- [12] ФНП в области использования атомной энергии от 25 июня 2015 г. № НП-021-15 Обращение с газообразными радиоактивными отходами. Требования безопасности

- [13] НПБ 110-03 Перечень зданий и сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализации
- [14] Пособие к СНиП 2.05.07-85* Пособие по проектированию конвейерного транспорта. Ленточные конвейеры. Промтрансниипроект. М Стройиздат 1988
- [15] СН 527–80 Инструкция по проектированию технологических стальных трубопроводов на Ру до 10 Мпа
- [16] ВСН 440–83 Инструкция по монтажу технологических трубопроводов из пластмассовых труб
- [17] СП 2.6.1.2612-10 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010)
- [18] ФНП в области промышленной безопасности от 08 декабря 2020 г. № 505 Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых
- [19] Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности
- [20] СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009
- [21] Р 2.1.10.1920-04 Министерство труда и социальной защиты РФ Приказ от 31 января 2022 г. № 36 Об утверждении рекомендаций по классификации, обнаружению, распознаванию и описанию опасностей
- [22] Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ О промышленной безопасности опасных производственных объектов
- [23] Основы государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу (утверждены Указом Президента Российской Федерации от 11 марта 2019 года № 97)
- [24] МУ 2.6.1.02-03 Методические указания «Установление класса работ с открытыми радионуклидными источниками при обращении с ураном и его соединениями на предприятиях ОАО «ТВЭЛ»
- [25] ФНП в области использования атомной энергии от 15 сентября 2016 г. № НП-053-16 Правила безопасности при транспортировании радиоактивных материалов