

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт физики высоких технологий
 Направление подготовки Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической
 технологии, нефтехимии и биотехнологии
 Кафедра ОХХТ

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Расчёт и проектирование сорбционного аппарата извлечения золота

УДК 66.061:669.21

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К32	Яковенко Владислав Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тихонов Виктор Владимирович	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Раденков Тимофей Александрович	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОХХТ	Ан Владимир Вилорьевич	К.Т.Н.		

Томск – 2017 г.

Перечень результатов обучения (профессиональных и универсальных компетенций), запланированных к достижению выпускниками данной образовательной программы

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические и специальные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1,2,3,19,20), Критерий 5 АИОР (п.1.1)
P2	Применять знания в области энерго-и ресурсосберегающих процессов и оборудования химической технологии, нефтехимии и биотехнологии для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-4,5,9,15 ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2)
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.	Требования ФГОС (ПК-4,5,8,11, ОК-2,4), Критерий 5 АИОР (пп.1.2)
P4	Проектировать и использовать новое энерго-и ресурсосберегающее оборудование химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ПК-8,11,23,24), Критерий 5 АИОР (п.1.3)
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области энерго-и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ПК-1,4,5,19-22, ОК-7,10), Критерий 5 АИОР (п.1.4)
P6	Осваивать и эксплуатировать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность и надежность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6,12,13,14,17, ОК-3,4,8), Критерий 5 АИОР (п.1.5)
P7	Применять знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ПК-3, 8, 9, 10, 11, 12, 13), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
P8	Использовать современные компьютерные методы вычисления, основанные на применении современных эффективных программных продуктов при расчете свойств материалов, процессов, аппаратов и систем, характерных для профессиональной области деятельности; находить необходимую литературу, использовать компьютерные базы данных и другие источники информации	Требования ФГОС (ПК-4, 5, 9, 10, 11, 14)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P9	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,2,6-10), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5)
P10	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-6,7,8), Критерий 5 АИОР (2.6)
P11	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-11) , Критерий 5 АИОР (п.2.2)
P12	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3,4,5,12) , Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3)

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**



Институт _____
 Направление подготовки (специальность) _____
 Кафедра _____

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2К32	Яковенко Владиславу Александровичу

Тема работы:

Расчет и проектирование сорбционного аппарата для извлечения золота	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	<u>Сорбционный аппарат для извлечения золота.</u> Производительность по пульпе: $2.5 \cdot 10^6 \text{ м}^3/\text{Год}$ Температура среды: 20 °С Давление в аппарате: 0,1 Мпа Материал изделия: Ст 3 Режим работы: непрерывный Требования к эксплуатации и обслуживанию: простота ремонта и доступность запчастей.
---	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Введение. 2. Обзор литературы 3. Описание технологической схемы 4. Технологический расчет аппарата 5. Конструктивный расчет аппарата 6. Механический расчет аппарата 7. Гидравлический расчет аппарата Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 8. Социальная ответственность
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Аппаратурно – технологическая схема 2. Сборочный чертеж основного аппарата А1(ГОСТ 2.001-93..2.034-83). 3. Чертеж вида сверху основного аппарата. 4. Выносные элементы основного аппарата
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Рыжакина Татьяна Гавриловна
Социальная ответственность	Раденков Тимофей Александрович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ОХХТ	Тихонов В.В.	К.Х.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К32	Яковенко Владислав Александрович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 113 стр., 10-и рис., 23-х табл., 23-х источников.

Ключевые слова: золото, цианирование, сорбционное выщелачивание, пачук.

Цель работы – расчет и проектирование сорбционного аппарата типа “пачук”.

В процессе исследования проводились работы по изучению существующих методов извлечения золота из золотосодержащих руд, проанализированы основные достоинства и недостатки каждого из методов.

В результате исследования был выбран метод цианидного выщелачивания с пневматическим перемешиванием в пачуках. Проведены технологический и механический расчеты. Проведены расчеты толщин стенок аппарата, укрепления отверстий, фланцевых соединений и опорной цилиндрической обечайки.

Были рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности персонала и экологичность проекта.

Рассчитаны экономические показатели данного проекта.

ABSTRACT

Graduation qualification work consists of 113 p., 8 fig., 8 table, 23 sources

Key words: gold, cyanidation, sorption leaching, pachuk.

The purpose of the work is the calculation and design of the sorption apparatus of the "pachuk" type.

In the course of the study, work was carried out to study existing methods for extracting gold from gold-bearing ores, and analyzed the main advantages and disadvantages of each method.

As a result of the study, a method of cyanide leaching with pneumatic stirring in pachuka was chosen. Technological and mechanical calculations were carried out. Calculations of wall thicknesses of the apparatus, strengthening of holes, flange connections and supporting cylindrical shell were carried out.

The issues of safety of personnel and environmental friendliness of the project were considered.

The economic indicators of this project are calculated.

Оглавление

Введение.....	9
1. Литературный обзор.....	10
2. Технологическая схема процесса сорбции.....	12
3. Технологический расчет.....	14
3.1 Аппаратурно-технологическая схема процесса сорбции.....	14
3.2 Материальный расчет.....	15
3.3 Материальный баланс стадии сорбции.....	19
3.4 Аппаратурный расчет.....	23
4. Механический расчет.....	35
4.1 Определение расчетных параметров.....	37
4.2 Расчет элементов корпуса на прочность и устойчивость.....	42
4.2.1 Расчет цилиндрической обечайки.....	42
4.2.2 Расчет конической обечайки.....	47
4.2.3 Расчет толщины стенки плоской крышки.....	54
4.2.4 Расчет укрепления отверстий.....	57
4.2.5 Расчет фланцевого соединения.....	63
4.2.6 Расчет опорной обечайки.....	72
5. Финансовый менеджмент.....	81
6. Социальная ответственность.....	98
Заключение.....	111
Список используемых источников.....	112

Введение

Значение золота для промышленного производства обусловлено его особыми свойствами: ковкостью и тягучестью. Благодаря этим качествам из исходного сырья можно сделать микронную проволоку или сверхтонкий лист фольги.

Использование золота в современной промышленности чаще всего встречается в:

- Транспортной отрасли;
- Химии и нефтехимическом производстве;
- Энергетике;
- Электронике и производстве измерительных приборов;
- Телекоммуникациях;
- Нанотехнологиях;
- Авиации и космической отрасли.

В самом широком смысле добыча золота охватывает разведку, бурение, геологическую оценку, финансирование, разработки, добычу и поставку золотых слитков [1].

1 Литературный обзор

Промышленные методы добычи золота

Существует несколько методов промышленной добычи. Основным является разработка коренных месторождений, рудников. Предприятия используют современные технологии, извлекая руду, которая заключена в кварцевых жилах и прожилках разной толщины и углом залегания под землей. В ход идет также руда, где больше содержатся другие металлы, такие как серебро, цинк или свинец, а попутным является золото [2].

Горнорудный продукт дробят до измельчения, добавляют свинец, щелочной натрий или калий, выплавляют эту смесь в печи, выщелачивают расплав водой. Жидкость сливают, а осадок обрабатывается раствором соляной кислоты, в итоге удаляется пустая порода. Этот способ гарантирует высокое извлечение золота, скрытого в сырье [3].

Не менее важным является добыча золота из россыпных месторождений. В России вот уже 200 лет благородный металл получается именно этим методом. Промышленники используют высокопроизводительное промывочное оборудование. К сожалению, довольно часто золото извлекают с потерями. Зато такие места – рай для частных искателей золота.

Относительно новый метод пополнения запасов золота – переработка вторсырья, в состав которого входит драгметалл [4].

Новых крупных месторождений крайне мало, запасы уже существующих истощены. Ученые находятся в постоянном поиске новых способов добычи. Перспективными считаются следующие методы:

- Электролитический. Получение золота исключительно высокого качества путем электролиза $\text{H}_2\text{AuCl}_4 \rightarrow 4\text{H}_2\text{O}$. Анодом выступает сплав из

золота, серебра, меди, железа, платины, палладия. Катодом – чистая золотая пластинка. В результате электролиза на катоде осаждается чистое золото [6].

- Экстракция золота из солянокислых растворов на базе диэтилового эфира или метилизобутилкетона. После тщательной промывки золото восстанавливается из органического состояния до металла, далее фильтрация, промывка золотого порошка, плавка. Итог – золото чистоты 99,99%.

- Амальгация. После измельчения золотоносной руды в нее добавляют ртуть, в результате образуется амальгама. Эту смесь обрабатывают и получают золото. Дорогой и опасный для жизни способ.

- Кучное выщелачивание из различного минерального сырьевого материала. Экологически безопасный метод активно используется в странах запада.

- Гидродобыча. Относительно молодой и не до конца освоенный метод. По скважинам подается жидкость, она размывает породу, по другим скважинам жидкий раствор с золотыми частицами откачивают на поверхность [7].

2 Технологическая схема процесса сорбции

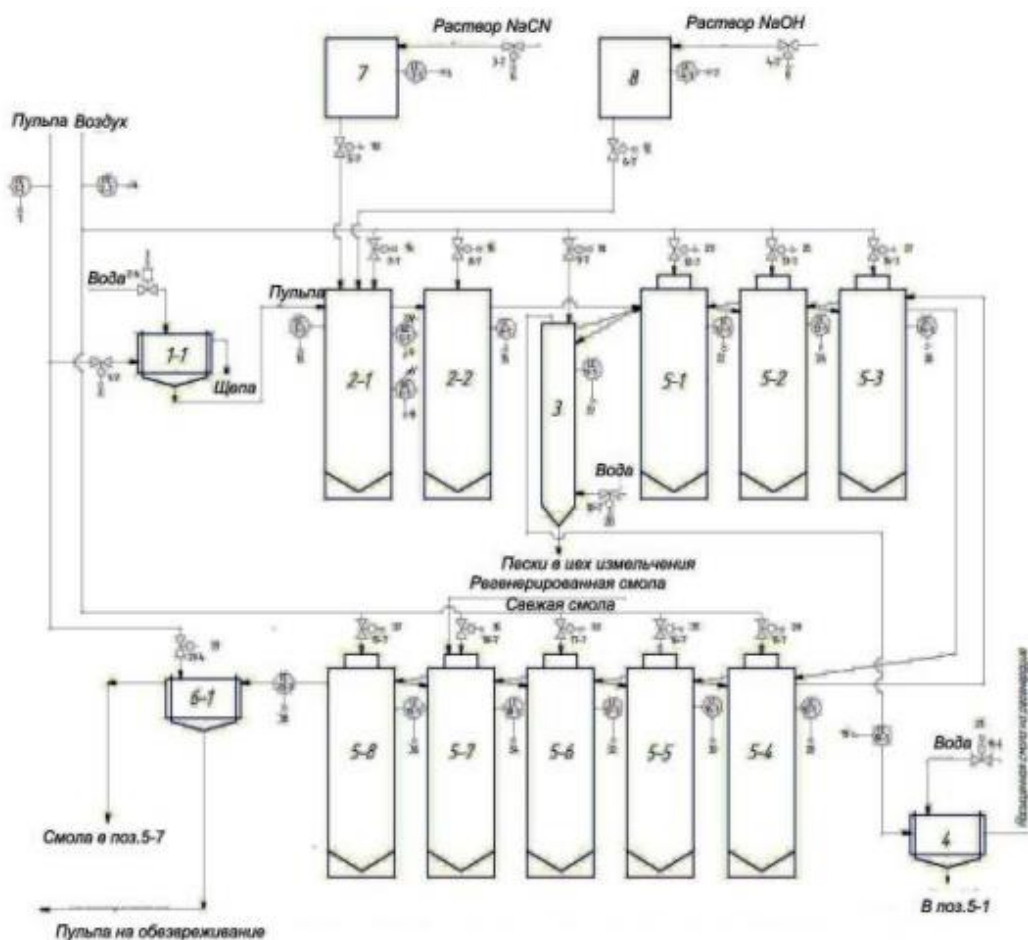


Рис 1 – Технологическая схема процесса сорбции

На рисунке 1 представлена технологическая схема процесса сорбции. Основные аппараты - это четыре пачука цианирования (2-1; 2-2) и восемь пачуков сорбционного выщелачивания (5-1–5-8). Пульпа поступает в барабанные вращающиеся грохоты (1-1–1-3), где происходит измерение ее расхода, и отделение пульпы от щепы, затем пульпа поступает в пачуки цианирования (2-1–2-2), в пачук 2-1 подается 0,2% раствор NaCN и 5% раствор NaOH (для поддержания значения pH в пределах 10-11) из напорных емкостей 7 и 8 соответственно. Перемешивание осуществляется воздухом. В процессе сорбционного цианирования золота регулированию подлежат следующие

параметры: рН и концентрация, уровень пульпы в пачуках 2-1, 2-2; 5-1–5-8. Пульпа поступает в пачуки цианирования (2-1 и 2-2), затем в пачуки сорбционного выщелачивания (5-1– 5-8), где происходит дальнейшее выщелачивание золота и его сорбция на анионит, отрегенированная или свежая смола подается в пачук 5-7 передвигаясь противотоком по отношению к пульпе из последнего аппарата в первый. Насыщенная смола поступает самотеком в отмывочную колонну (3), в нижнюю часть которой подается вода для частичной отмывки смолы от пульпы, далее смола аэролифтом подается в барабанный вращающийся грохот (4), в котором ионит отмывается от илов и песков, после чего поступает в цех регенерации смолы [14,15].

3 Технологический расчет

3.1 Аппаратурно-технологическая схема процесса сорбции

Для осуществления процесса сорбционного выщелачивания требуется пачук предварительного цианирования, пачук сорбции, центробежный насос для перекачки пульпы из аппарата в аппарат, и компрессор для подачи сжатого воздуха для аэрации пульпы и перемешивания, а также для работы эрлифта.

В пачук цианирования поступает пульпа объемом 271,22 м³/ч. Одновременно в пачук загружается NaCN. Так же для аэрации и перемешивания пульпы подается сжатый воздух с компрессорной станции под давлением 5 атмосфер и расходом 4 м³/мин. Время цианирования в 4 пачуках составляет 4 часа. Из пачука 1 в пачук 2 пульпа перекачивается центробежным насосом. В цехе стоит каскад из четырех пачуков выщелачивания, и восьми пачуков сорбции. Из четвертого пачука выщелачивания пульпа насосом подается в первый пачук сорбции, в последний пачук сорбции подается сорбционная смола. Эрлифтами пульпа поднимается вверх пачуков и на дренажных сетках пульпа отделяется от смолы [8].

Таким образом протекает процесс противотока смолы и пульпы, что обеспечивает полноценное протекание процесса сорбции. В основании каждого пачука располагается заслонка, для открытия и слива пульпы в случае поломки пачука цианирования.

Процесс сорбции протекает в течении 30 часов, в результате из пачука сорбции 4 выводится смола, обогащенная комплексом золота, а из пачука 12 сливается пульпа обеденная золотом на обезвреживание.

3.2 Материальный расчет

Перед началом расчетов составим схему входящих в пачук и выходящих из него материальных потоков (статьи прихода и расхода).

Таблица 1 – Материальные потоки процесса выщелачивания

Приход	Расход
1. Руда: • Au • Ag • FeO • SiO₂ • Cu₂O • NiO • O₂ • H₂O 2. Выщелачивающие реагенты: • NaCN	1. Не вскрывшаяся руда: • Au • Ag • FeO • SiO₂ • Cu₂O • NiO • O₂ • H₂O 2. Продукты реакции: • Na[Au(CN)₂] • Na[Ag(CN)₂] • Na₄[Fe(CN)₆] • Na₃[Cu(CN)₄] • Na₂[Ni(CN)₄] • NaOH 3. Избыток реагентов: • NaCN

Заданная производительность каскада сорбционного пачука по пульпе составляет $2,5 \cdot 10^6$ м³/год. Примем количество рабочих дней 300. Остальные 64 дня в году уходят на остановку для проведения плановых ремонтов [10].

Часовая производительность пачука равна:

$$W_{\text{час}} := \frac{W}{300 \cdot 24} = 347.222 \quad \frac{\text{м}^3}{\text{час}} \quad (1)$$

Исходная пульпа поступает в пачуки цианирования в объемном отношении Т:Ж равным 1:2. Зная данную величину можно рассчитать объем руды, поступающей с пульпой:

$$V_{\text{руды}} := \frac{W_{\text{час}}}{3} = 115.741 \quad \frac{\text{м}^3}{\text{час}} \quad (2)$$

Исходя из полученных данных, рассчитываем массу руды, поступающей в пачук цианирования за один час:

$$\rho_{\text{руды}} := 1.6 \quad \frac{\text{т}}{\text{м}^3} \quad \text{насыпная плотность руды}$$

$$Q_{\text{руды}} := \rho_{\text{руды}} \cdot V_{\text{руды}} = 185.185 \quad \text{т} \quad (3)$$

Состав руды на выщелачивание представлен в таблице 3.

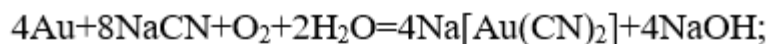
Таблица 2 – Состав руды на выщелачивание

Состав руды	%	m, кг
SiO ₂	82,9970	153697
Au	0,0004	0,7407
Ag	0,0031	5,5555
FeO	3	5555,5
Cu ₂ O	1,9996	3702,9
NiO	3	5555,5
H ₂ O	9	16667
Итого	100	185184

Вскрытие руды и сорбция продуктов реакции проводится в каскаде из двенадцати пачуков. В первых четырех пачуках происходит выщелачивание,

в остальных восьми протекает процесс сорбции. Исходя из полученных данных, рассчитываем массу реагентов необходимых для вскрытия руды. Для этого записываем уравнения для всех возможных реакций и по пропорции рассчитываем массы всех реагентов, с учетом стехиометрических коэффициентов. При расчетах принимаем степень цианирования α равной 0.93.

Уравнение реакции вскрытия золота цианидом натрия:



$$m_{(\text{NaCN})} = \frac{m_{(\text{Au})} \cdot \alpha \cdot 8 \cdot M_{(\text{NaCN})}}{4 \cdot M_{(\text{Au})}} = \frac{0,74 \cdot 49 \cdot 8 \cdot 0,93}{197 \cdot 4} = 0,342 \text{ кг};$$

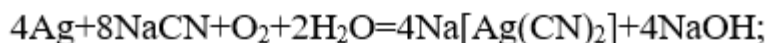
$$m_{(\text{O}_2)} = \frac{m_{(\text{Au})} \cdot \alpha \cdot M_{(\text{O}_2)}}{4 \cdot M_{(\text{Au})}} = \frac{0,74 \cdot 32 \cdot 0,93}{197 \cdot 4} = 0,028 \text{ кг};$$

$$m_{(\text{H}_2\text{O})} = \frac{m_{(\text{Au})} \cdot \alpha \cdot 2 \cdot M_{(\text{H}_2\text{O})}}{4 \cdot M_{(\text{Au})}} = \frac{0,74 \cdot 18 \cdot 0,93 \cdot 2}{197 \cdot 4} = 0,031 \text{ кг};$$

$$m_{(\text{Na}[\text{Au}(\text{CN})_2])} = \frac{m_{(\text{Au})} \cdot \alpha \cdot 4 \cdot M_{(\text{Na}[\text{Au}(\text{CN})_2])}}{4 \cdot M_{(\text{Au})}} = \frac{0,74 \cdot 272 \cdot 4 \cdot 0,93}{197 \cdot 4} = 0,951 \text{ кг};$$

$$m_{(\text{NaOH})} = \frac{m_{(\text{Au})} \cdot \alpha \cdot 4 \cdot M_{(\text{NaOH})}}{4 \cdot M_{(\text{Au})}} = \frac{0,74 \cdot 40 \cdot 4 \cdot 0,93}{197 \cdot 4} = 0,140 \text{ кг}.$$

Уравнение реакции взаимодействия серебра с цианидом натрия:



$$m_{(\text{NaCN})} = \frac{m_{(\text{Ag})} \cdot \alpha \cdot 8 \cdot M_{(\text{NaCN})}}{4 \cdot M_{(\text{Ag})}} = \frac{5,56 \cdot 49 \cdot 8 \cdot 0,93}{108 \cdot 4} = 8,754 \text{ кг};$$

$$m_{(\text{O}_2)} = \frac{m_{(\text{Ag})} \cdot \alpha \cdot M_{(\text{O}_2)}}{4 \cdot M_{(\text{Ag})}} = \frac{5,56 \cdot 32 \cdot 0,93}{108 \cdot 4} = 0,382 \text{ кг};$$

$$m_{(\text{H}_2\text{O})} = \frac{m_{(\text{Ag})} \cdot \alpha \cdot 2 \cdot M_{(\text{H}_2\text{O})}}{4 \cdot M_{(\text{Ag})}} = \frac{5,56 \cdot 18 \cdot 0,93 \cdot 2}{108 \cdot 4} = 0,431 \text{ кг};$$

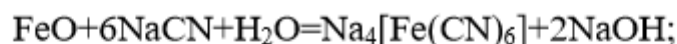
$$m_{(\text{Na}[\text{Ag}(\text{CN})_2])} = \frac{m_{(\text{Ag})} \cdot \alpha \cdot 4 \cdot M_{(\text{Na}[\text{Ag}(\text{CN})_2])}}{4 \cdot M_{(\text{Ag})}} = \frac{5,56 \cdot 183 \cdot 4 \cdot 0,93}{108 \cdot 4} = 8,754 \text{ кг};$$

$$m_{(\text{NaOH})} = \frac{m_{(\text{Ag})} \cdot \alpha \cdot 4 \cdot M_{(\text{NaOH})}}{4 \cdot M_{(\text{Ag})}} = \frac{5,56 \cdot 40 \cdot 4 \cdot 0,93}{108 \cdot 4} = 1,913 \text{ кг}.$$

Т.к. оксид кремния не взаимодействует с цианидом натрия, реакция не протекает, поэтому уравнение имеет вид:



Оксид железа (II) взаимодействует с цианидом натрия по реакции:



$$m_{(\text{NaCN})} = \frac{m_{(\text{FeO})} \cdot \alpha \cdot 6 \cdot M_{(\text{NaCN})}}{M_{(\text{FeO})}} = \frac{5555,52 \cdot 49 \cdot 6 \cdot 0,01}{72} = 226,854 \text{ кг};$$

$$m_{(\text{H}_2\text{O})} = \frac{m_{(\text{FeO})} \cdot \alpha \cdot M_{(\text{H}_2\text{O})}}{M_{(\text{FeO})}} = \frac{5555,52 \cdot 18 \cdot 0,01}{72} = 13,889 \text{ кг};$$

$$m_{(\text{Na}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6])} = \frac{m_{(\text{FeO})} \cdot \alpha \cdot M_{(\text{Na}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6])}}{M_{(\text{FeO})}} = \frac{5555,52 \cdot 304 \cdot 0,01}{72} = 234,566 \text{ кг};$$

$$m_{(\text{NaOH})} = \frac{m_{(\text{FeO})} \cdot \alpha \cdot 2 \cdot M_{(\text{NaOH})}}{M_{(\text{FeO})}} = \frac{5555,52 \cdot 40 \cdot 2 \cdot 0,01}{72} = 61,728 \text{ кг}.$$

Оксид меди (I) взаимодействует с цианидом натрия по уравнению:



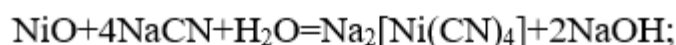
$$m_{(\text{NaCN})} = \frac{m_{(\text{Cu}_2\text{O})} \cdot \alpha \cdot 8 \cdot M_{(\text{NaCN})}}{M_{(\text{Cu}_2\text{O})}} = \frac{3702,94 \cdot 49 \cdot 8 \cdot 0,02}{143} = 203,014 \text{ кг};$$

$$m_{(\text{H}_2\text{O})} = \frac{m_{(\text{Cu}_2\text{O})} \cdot \alpha \cdot M_{(\text{H}_2\text{O})}}{M_{(\text{Cu}_2\text{O})}} = \frac{3702,94 \cdot 18 \cdot 0,02}{143} = 9,322 \text{ кг};$$

$$m_{(\text{Na}_3[\text{Cu}(\text{CN})_4])} = \frac{m_{(\text{Cu}_2\text{O})} \cdot \alpha \cdot 2 \cdot M_{(\text{Na}_3[\text{Cu}(\text{CN})_4])}}{M_{(\text{Cu}_2\text{O})}} = \frac{3702,94 \cdot 236,6 \cdot 0,02 \cdot 2}{143} = 245,067 \text{ кг};$$

$$m_{(\text{NaOH})} = \frac{m_{(\text{Cu}_2\text{O})} \cdot \alpha \cdot 2 \cdot M_{(\text{NaOH})}}{M_{(\text{Cu}_2\text{O})}} = \frac{3702,94 \cdot 40 \cdot 2 \cdot 0,02}{143} = 41,431 \text{ кг}.$$

Оксид никеля (II) взаимодействует с цианидом натрия по уравнению:



$$m_{(\text{NaCN})} = \frac{m_{(\text{NiO})} \cdot \alpha \cdot 4 \cdot M_{(\text{NaCN})}}{M_{(\text{NiO})}} = \frac{5555,52 \cdot 49 \cdot 4 \cdot 0,01}{75} = 145,184 \text{ кг};$$

$$m_{(\text{H}_2\text{O})} = \frac{m_{(\text{NiO})} \cdot \alpha \cdot M_{(\text{H}_2\text{O})}}{M_{(\text{NiO})}} = \frac{5555,52 \cdot 18 \cdot 0,01}{75} = 13,333 \text{ кг};$$

$$m_{(\text{Na}_2[\text{Ni}(\text{CN})_4])} = \frac{m_{(\text{NiO})} \cdot \alpha \cdot M_{(\text{Na}_2[\text{Ni}(\text{CN})_4])}}{M_{(\text{NiO})}} = \frac{5555,52 \cdot 209 \cdot 0,01}{75} = 154,813 \text{ кг};$$

$$m_{(\text{NaOH})} = \frac{m_{(\text{NiO})} \cdot \alpha \cdot 2 \cdot M_{(\text{NaOH})}}{M_{(\text{NiO})}} = \frac{5555,52 \cdot 40 \cdot 2 \cdot 0,01}{75} = 59,259 \text{ кг}.$$

3.3 Материальный баланс стадии сорбции

Поток смолы находится из уравнения материального баланса по металлу:

$$P = \frac{W \cdot (C_{\text{нач}} - C_{\text{кон}}) - Q \cdot I \cdot A_{\text{потер}}}{A_{\text{нас}} - A_{\text{реген}}}, \frac{\text{кг}}{\text{ч}}, \quad (4)$$

где P – поток анионита по аппаратам сорбционного выщелачивания, кг/ч (сухого анионита);

W – производительность отделения по раствору, м³/ч;

$C_{\text{нач}}=0,5$ г/м³ – исходная суммарная концентрация золота в растворе в результате предварительного и сорбционного выщелачивания;

$C_{\text{кон}}$ – конечная концентрация золота в растворе хвостовой пульпы, примем величину равной 0,02 г/м³; $I=0,01$ кг/т – потери анионита с хвостами (в результате разрушения зерен) сухого ионита на 1 тонну руды;

$A_{\text{потер}}$ – содержание золота в анионите, теряемом с хвостами, г/кг сухой смолы:

$$A_{\text{потер}}=0,1+0,2A_{\text{нас}} \quad (5)$$

$A_{\text{нас}}=5$ г/кг сухой смолы – емкость по золоту насыщенного ионита, согласно таблице 5;

$A_{\text{реген}}=0,2$ г/кг сухой смолы – остаточная емкость по золоту регенерированного анионита, загружаемого в процессе сорбции;

$$P = \frac{347,22 \cdot (0,5 - 0,02) - 185,184 \cdot 0,01 \cdot 2,1}{5 - 0,2} = 12,2 \text{ кг/ч}$$

Рассчитываем часовой поток набухшей смолы:

$$V_{\text{наб.смол.}} = P \cdot b, \text{ л/ч} \quad (6)$$

где b – коэффициент набухаемости смолы. Для смолы Purogold S992 коэффициент равен 3,3.

$$V_{\text{наб.смол.}} = 12,2 \cdot 3,3 = 40,59 \text{ л/ч}$$

При прохождении цикла сорбции за счет механического истирания теряется 0,01 % смолы.

$$V_{\text{наб.смол.}} = 40,59 + 0,4059 = 41 \text{ л/ч}$$

Практикой установлено, что для переработки рудных пульп оптимальная единовременная загрузка смолы в процессе составляет от 1,5 до 2,5 % от объема пульпы, для переработки концентратов от 3 до 4 %. При единовременной загрузке смолы 3 % наблюдается повышенный износ и расход сорбента [10].

Время нахождения смолы в пульпе, т.е. время сорбции $\tau_{\text{сорбц}}$ равно 30 часов. При данном значении продолжительности смолы в пульпе рассчитываем величину единовременной загрузки ионита:

$$B = \tau_{\text{сорбц}} \cdot V_{\text{наб.смол.}}, \quad (7)$$

$$B = 30 \cdot 41 = 1230 \text{ л} \cdot \text{ч} = 1,23 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}$$

Таблица 3 – Ориентировочные значения емкости насыщенных анионитов по золоту

Концентрация золота в растворе, г/м ³	Емкость сухого насыщенного ионита по золоту (г/кг) при отношении концентрации в растворе золота в сумме примеси неблагородных металлов	
	С _{Au} : С _{прим} >0.1	С _{Au} : С _{прим} <0.1
0,5–0,2	10–12	5–10
2,0–3,0	12–15	8–12
3,0–5,0	15–20	10–15

Таблица 4 – Степень извлечения компонентов из пульпы на смолу Purogold S992.

Вещество	Степень извлечения, %
Na(Au(CN) ₂)	0,91

Na(Ag(CN) ₂)	0,0001
Na ₄ (Fe(CN) ₆)	0,0001
Na ₃ (Cu(CN) ₄)	0,0001
Na ₂ (Ni(CN) ₄)	0,0001

Для того, чтобы рассчитать массу анионов, сорбированных на смолу, необходимо знать их массовую долю в соединении.

Массовая доля рассчитывается по следующей формуле:

$$\omega_{\text{ан.компл}} = \frac{M_{\text{ан.компл}}}{M_{\text{соединения}}} \cdot 100\% \quad (8)$$

где $M_{\text{ан.компл}}$ – молярная масса анионного комплекса;

$M_{\text{соединения}}$ – молярная масса соединения.

Пример расчета массовой доли для комплекса золота.

$$\omega_{\text{ан.компл}} = \frac{249}{272} \cdot 100\% = 91,54 \%$$

Таблица 5 – Массовые доли анионных комплексов в соединениях

Анионный комплекс	Массовая доля в соединении, %
(Au(CN) ₂) ⁻	91,54
(Ag(CN) ₂) ⁻	87,43
(Fe(CN) ₆) ⁴⁻	69,74
(Cu(CN) ₄) ³⁻	70,84
(Ni(CN) ₄) ²⁻	78,00

Зная степень извлечения анионов из продуктивного раствора, а также массовые доли рассчитываем массу соединений, перешедших на смолу.

Таблица 6 - Материальный баланс стадии сорбции

Приход			Расход		
В-во	Масса,к	%	В-во	Масса,к	%
жидкая фаза					
Na(Au(CN) ₂)	0,95	0,144914	Na(Au(CN) ₂)	0,09	0,013042
Na(Ag(CN) ₂)	8,75	1,333821	Na(Ag(CN) ₂)	8,75	1,333689
Na ₄ (Fe(CN) ₆)	234,57	35,73783	Na ₄ (Fe(CN) ₆)	234,54	35,73431
Na ₃ (Cu(CN) ₄)	245,07	37,33771	Na ₃ (Cu(CN) ₄)	245,04	37,33403
Na ₂ (Ni(CN) ₄)	154,81	23,58696	Na ₂ (Ni(CN) ₄)	154,80	23,58464
твердая фаза			NaOH	0,09	0,013712
Purogold	12,20	1,858755	твердая фаза		
			Au(CN) ₂ ⁻	0,79	0,120716
			Ag(CN) ₂ ⁻	0,00	0,000117
			(Fe(CN) ₆) ⁴⁻	0,02	0,002492
			(Cu(CN) ₄) ³⁻	0,02	0,002645
			(Ni(CN) ₄) ²⁻	0,01	0,001840
			Purogold	12,20	1,858758
ИТОГО	656,35	100,00	ИТОГО	656,35	100,00

3.4 Аппаратурный расчет

3.4.1 Расчет аппаратов предварительного цианирования

Продолжительность процесса цианирования и поток пульпы.

Определяют суммарный полезный объем всех аппаратов в каскаде [1]:

$$\begin{aligned} t_{\text{циан}} &:= 4 \text{ ч} && \text{продолжительность цианирования} \\ V_{\text{раб.аппар.}} &:= W_{\text{час}} \cdot t_{\text{циан}} = 1389 \text{ м}^3 \end{aligned} \quad (9)$$

Полный суммарный объем аппаратов цианирования с учетом их заполнения пульпой на 85% [10]:

$$V_{\text{аппар.}} := \frac{V_{\text{раб.аппар.}}}{0.85} = 1634 \text{ м}^3 \quad (10)$$

Зная общий рабочий объем аппаратов и количество аппаратов сорбции, находим полный объем одного аппарата [10]:

$$\begin{aligned} N &:= 4 \\ V &:= \frac{V_{\text{аппар.}}}{N} = 408 \text{ м}^3 \end{aligned} \quad (11)$$

Рабочий объем одного аппарата [1]:

$$V_{\text{раб}} := \frac{V_{\text{раб.аппар.}}}{N} = 347 \text{ м}^3 \quad (12)$$

От конструкции чана пачука зависит, насколько эффективно используется восходящий поток перемешивания всего объема пульпы или жидкости в чане. Принимаем пачук с коническим днищем с углом конуса $\alpha = 60^\circ$; $H : D = 1,5 : 1$ по рекомендациям [10]

$$D := 1$$

$$H := 1.5$$

$$\alpha := 60 \cdot \text{deg}$$

Имея в виду, что высота конической части пачука:

(13)

$$H_{\text{кон}} := \frac{1}{3} \cdot D_{\text{чана}} \cdot \tan(\alpha) = 5 \text{ м}$$

$$\text{Конструктивно принимаем } H_{\text{кон}} := 5.1 \text{ м}$$

Общий объем пачука определяется по формуле [10]:

$$V_{\text{пачука}} := \left[\frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot (H - H_{\text{кон}}) + \frac{1}{3} \cdot H_{\text{кон}} \right] \text{ , откуда}$$

Вычисляем диаметр чана пачука:

$$D_{\text{чана}} := \sqrt[3]{\frac{12 \cdot V}{\pi \cdot \left(3 \cdot \frac{H}{D} - \tan(\alpha) \right)}} = 8 \text{ м} \quad (14)$$

Диаметр чана принимаем равным 8 м. Зная отношение H:D, находим высоту всего чана [10]:

$$D_{\text{чана}} := 8 \text{ м}$$

$$H_p := D_{\text{чана}} \cdot 1.5 = 12 \text{ м} \quad (15)$$

Геометрическая высота пачука должна быть примерно на один метр больше рабочей [10]:

$$H_r := H_p + 1 = 13 \text{ м} \quad (16)$$

3.4.2 Определение скорости восходящего потока в циркуляторе

Скорость потока воды, при которой начинается взвешивание частиц размером 0,1-0,25 мм $W_{\text{вз}} \geq 0,6$ м/с. Скорость потока во всасывающем патрубке циркулятора должна быть в 2-3 раза больше размывающей скорости. Принимаем скорость восходящего потока в циркуляторе [10]:

$$W_{\text{ц}} := 2 \frac{\text{м}}{\text{с}} \text{ скорость восходящего потока в циркуляторе}$$

Определение вязкости пульпы [10]:

$$R := \frac{2}{1} \quad \text{отношение жидкой фазы к твердой}$$

$$I := 1 \frac{\Gamma}{\text{ионн} \cdot \text{литр}} \quad \text{ионная сила раствора}$$

$$\rho_T := 2700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad \text{плотность твердой фазы пульпы}$$

$$\rho_{\text{ж}} := 1100 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad \text{плотность жидкой фазы пульпы}$$

$$\mu_{\text{в}} := 1.002 \quad \text{Па*с} \quad \text{динамическая вязкость воды при } 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

K – коэффициент, учитывающий содержание в растворе ПАВ и коллоидных частиц, степень измельчения и минералогический состав выщелачиваемого материала. Принимаем $K = 1,5$ [10].

Динамическая вязкость раствора:

$$\mu_p := \mu_{\text{в}} \cdot (1 + 0.1 \cdot I) \cdot K = 1.65 \quad \text{спз} \quad (17)$$

Динамическая вязкость пульпы:

$$\mu_{\text{п}} := \mu_p \cdot (1 + 4.5 \cdot \phi) = 2.91 \quad \text{спз} \quad (18)$$

Определение скорости осаждения крупных частиц руды в растворе [10]:

$$d := 0.2 \quad \text{мм} \quad \text{диаметр частиц}$$

$$\rho_p := 1100 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad \text{плотность раствора}$$

$$g := 9.8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \quad \text{ускорение свободного падения}$$

Рассчитаем критерий Архимеда:

$$Ar := \frac{d^3 \cdot \rho_p^2 \cdot g}{\mu_p^2} \cdot \left(\frac{\rho_T}{\rho_p} - 1 \right) = 50.5 \quad (19)$$

Рассчитаем критерий Рейнольдса:

$$Re := \frac{Ar}{18 + 0.61 \sqrt{Ar}} = 2.26 \quad (20)$$

Скорость осаждения крупных частиц [10]:

$$W_{oc} := \frac{\mu_p \cdot Re}{d \cdot \rho_p} = 0.02 \quad \frac{м}{с}$$

Скорость нисходящего потока пульпы в чане пачука должна превышать скорость осаждения крупных частиц руды в 1,8 раза по рекомендациям [10].

Определяем скорость нисходящего потока в чане пачука:

$$W_{нисх} := W_{oc} \cdot 1.8 = 0.03 \quad \frac{м}{с}$$

3.4.3 Определение диаметра и длины циркулятора

Из балансов потоков пульпы в циркуляторе и вне его рассчитываем диаметр циркулятора:

$$D_{ц} := D_{чана} \cdot \sqrt{\frac{W_{нисх}}{W_{нисх} + W_{ц}}} = 0.982 \quad м \quad (21)$$

Принимаем диаметр циркулятора равным 0.8 м по рекомендациям [10].
Длинна циркулятора принимается конструктивно:

$$D_{ц} := 0.8 \quad м \quad (22)$$

$$L_{ц} := 0.8 H_p = 9.6 \quad м$$

Выбираем ближайшую по сортаменту трубу Л 820 х 9600 ГОСТ 1074-91 "Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент"

3.4.4 Определение положения циркулятора относительно днища пачука

Для того, чтобы не происходило заливание конуса пачука, вычислим расстояние от нижнего конца циркулятора до плоского днища.

Расстояние от нижнего конца циркуляра до плоского днища [10]:

$$H_{\text{ц}} := 6.66 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{D_{\text{ц}}} \cdot \sqrt[3]{\frac{Re}{d}} = 0.982 \text{ м} \quad (23)$$

Принимаем $H_{\text{ц}} = 1$ м исходя из конструкторских соображений.

3.4.5 Расчет диаметра плоского днища

Диаметр плоского днища [10]:

Исходя из длины конической обечайки и угла $\alpha = 60^\circ$ конструктивно выбираем диаметр плоского днища равным $D_{\text{дн}} = 2.125$ м

3.4.6 Выбор рубашки в нижней части циркуляционной трубы

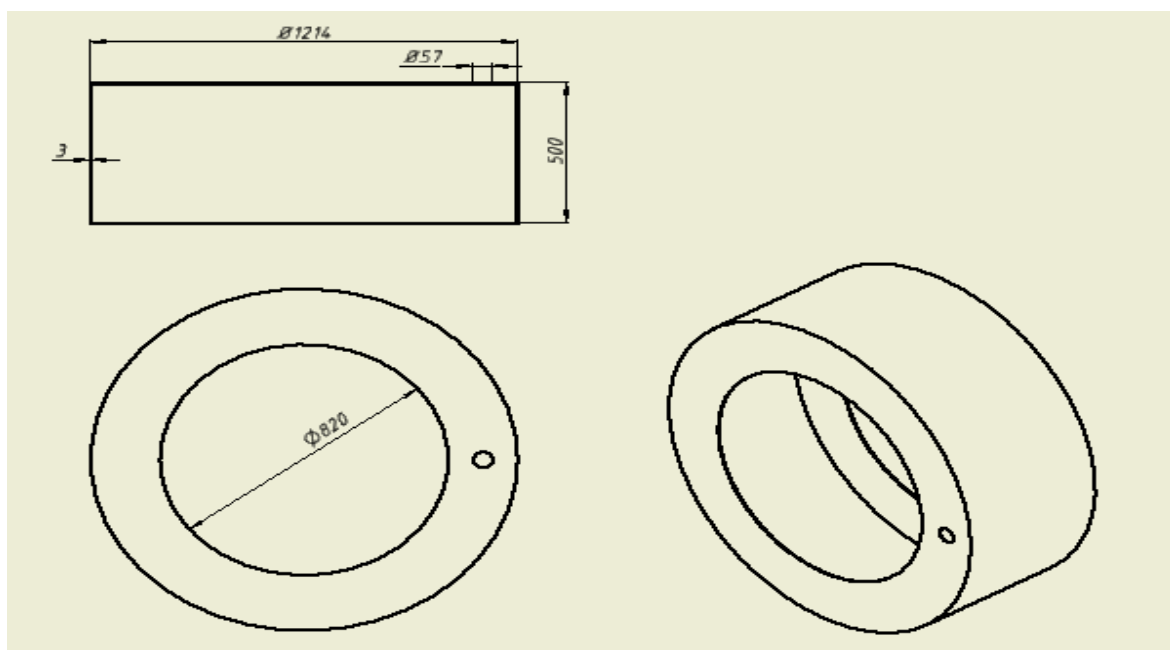


Рисунок 2 - Эскиз рубашки

В рубашку подается сжатый воздух и через прорезы в циркуляторе распределяется по циркуляционной трубе. Диаметр рубашки и высота выбирается конструктивно исходя из наружного диаметра циркулятора.

3.4.7 Выбор креплений для циркуляционной трубы (циркулятора)

В качестве креплений для циркулятора, исходя из предыдущего опыта эксплуатации подобных аппаратов, выбираем три приваренных к циркулятору и обечайке трубы в нижней и верхней части, с углом друг относительно друг – друга 120° .

Верхнее крепление: трубы 57 х 3,5 х 3572 А-Ст3сп ГОСТ 10706-76;

Нижнее крепление: трубы 57 х 3,5 х 1260 А-Ст3сп ГОСТ 10706-76.

3.4.8 Выбор трубы для подачи сжатого воздуха при запуске аппарата в работу, после аварийной остановки

$$\begin{aligned} P &:= 5 \text{ МПа} && \text{давление в трубе} \\ V &:= 0.5 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} && \text{расход воздуха} \\ \omega &:= 55 \frac{\text{м}}{\text{с}} && \text{скорость сжатого воздуха в трубе} \\ d &:= \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\omega \cdot \pi}} = 0.108 \text{ м} \quad 108 \text{ мм} \end{aligned} \tag{24}$$

Выбираем стандартную трубу 108 х 6 х 4000 ГОСТ 8732-78 с отводом 90 ГОСТ 17375-83 108 х 6 х 100

После аварийной остановки пачука, необходимо как можно быстрее привести его в стационарный режим работы, поэтому было принято конструкторское решение установить на изогнутом конце трубы эллиптический колпачок с прорезями: $D_{\text{колп}} = 1 \text{ м}$; $h_{\text{колп}} = 0.2 \text{ м}$; $b_{\text{прорез}} = 0.02 \text{ м}$; $h_{\text{прорез}} = 0.07 \text{ м}$; $N_{\text{прорез}} = 50$. А также, эллиптическая поверхность верхней части колпачка препятствует попаданию пульпы в трубу.

3.4.9 Выбор трубы для экстренного спуска пульпы

Исходя из опыта эксплуатации подобных аппаратов типа «пачук», а также из конструкторских соображений, выбираем стандартную трубу 219 х 6 х 4000 ГОСТ 10704-91.

$$\begin{aligned}
 V &:= 1.5 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} && \text{расход жидкости} \\
 \omega &:= 40 \frac{\text{м}}{\text{с}} && \text{скорость движения жидкости в трубе} \\
 d &:= \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\omega \cdot \pi}} = 0.219 \text{ м} \quad 219 \text{ мм} && (25)
 \end{aligned}$$

3.4.10 Выбор устройства для размыва остатка пульпы в нижней части пачука

Чтобы избежать скопления пульпы в нижней части пачука, подбираем центробежную форсунку с полым коническим факелом типа ТН. Форсунка типа ТН 6007 с углом раскрытия $\alpha = 60^\circ$ распыливания воды и предназначена для технических жидкостей. Изготавливаются из нержавеющей стали 12Х18Н10Т.

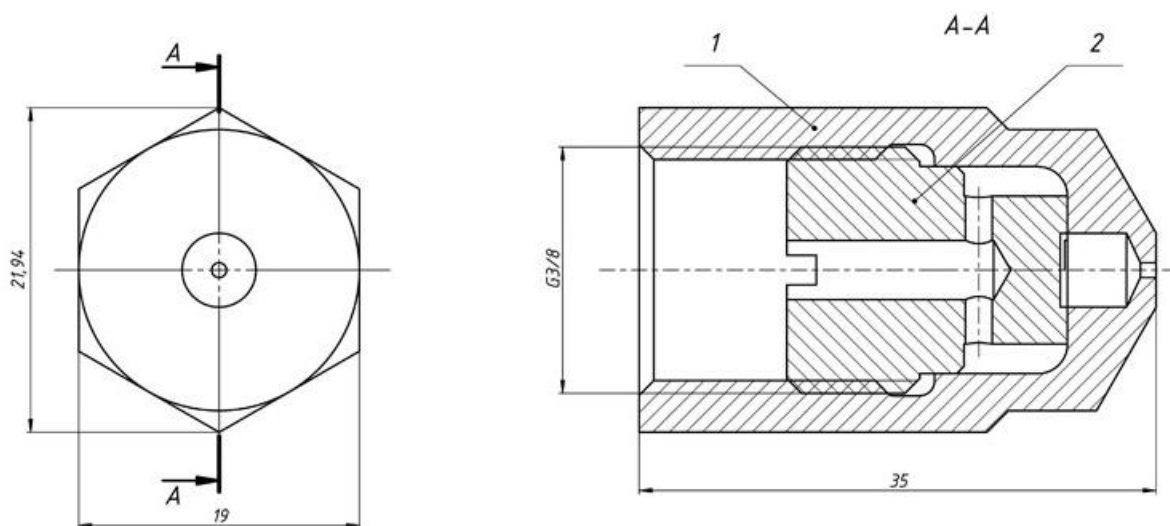


Рисунок 3 – Эскиз форсунки типа ТН

3.4.11 Расстояние от уровня пульпы в пачуке до точки подачи воздуха в циркулятор

В связи с большим диаметром циркулятора принимаем периферическую подачу воздуха через отверстия в стенках циркулятора. Для предотвращения забивания отверстий песками пульпы, принимаем диаметр отверстия для подачи воздуха равным 10 мм ($d_0 = 10$ мм) Принимаем подачу воздуха в нижнюю часть циркулятора на расстоянии 1 м от нижней кромки циркулятора [10].

$$\begin{aligned} d_0 &:= 10 \text{ мм} \\ H_0 &:= H_p - H_{вс} - 1 = 10 \text{ м} \end{aligned} \quad (26)$$

Общее давление воздуха в воздухоподающем устройстве перед его истечением в пульпу должно быть достаточным, чтобы преодолеть статическое давление столба пульпы H_0 , а также достаточным для создания скоростного напора и преодоления сопротивления трения при истечении из отверстия.

3.4.12 Давление воздуха в воздухоподающем устройстве

$k := 1.2$ коэффициент учитывающий возможные колебания уровня пульпы, средней плотности и избыток давления, необходимый для создания скоростного напора и преодоления сопротивления трения при истечении из отверстия

$$P_{изб} := k \cdot H_0 \cdot \rho_p \cdot g = 161.2 \times 10^3 \text{ Па}$$

Абсолютное давление системы определяется как сумма избыточного и атмосферного.

$$\begin{aligned} P_{атм} &:= 101325 \text{ Па} \\ P_{абс} &:= P_{изб} + P_{атм} = 262.53 \times 10^3 \text{ Па} \end{aligned} \quad (27)$$

Удельный расход воздуха принимают 0,03 Нм³ / мин на 1 м³ пульпы [10].

Общий и фактический расход воздуха

$$W_{\text{об.возд}} := 0.03 \cdot V_{\text{раб}} = 10.417 \quad \frac{\text{Нм}^3}{\text{мин}} \quad (28)$$

$t := 20 \text{ } ^\circ\text{C}$ температура проведения процесса

Так как воздухоподающее устройство расположено на глубине H_0 , то фактический расход воздуха через воздухоподающее устройство составит:

$$W_{\text{возд}} := W_{\text{об.возд}} \cdot \frac{(1 + 0.00367 \cdot t) \cdot P_{\text{атм}}}{k \cdot H_0 \cdot \rho_{\text{п}} \cdot g + P_{\text{атм}}} = 4.316 \quad \frac{\text{м}^3}{\text{мин}} \quad (29)$$

3.4.13 Определение расхода воздуха через одно отверстие и расчет количества отверстий в циркуляционной трубе

Изменение вязкости воздуха с температурой:

$$\mu_0 := 17.3 \cdot 10^{-6} \quad \text{Па} \cdot \text{с} \quad \text{вязкость воздуха при } t = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T := t + 273 = 293 \quad \text{температура в Кельвинах}$$

$$\mu_t := \mu_0 \cdot \left(\frac{273 + 124}{T + 124} \right) \cdot \left(\frac{T}{273} \right)^{\frac{3}{2}} = 18.313 \times 10^{-6} \quad \text{Па} \cdot \text{с} \quad (30)$$

Плотность воздуха:

$$\rho_{H_0} := \frac{1.293 \cdot P_{\text{абс}}}{(1 + 0.00367 \cdot t) \cdot P_{\text{атм}}} = 3.121 \quad \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad (31)$$

Для устойчивого турбулентного потока принимаем число Рейнольдса $Re_{\text{п}} = 2 \cdot 10^4$

Расход воздуха через отверстие диаметром d_0 погруженное на глубину H_0 в пульпу плотностью ρ_{Π} может быть вычислен по уравнению:

$$W_{\text{возд1}} := \frac{\pi}{4} \cdot Re_{\Pi} \cdot \frac{\mu_t \cdot d_0}{\rho_{H0}} \cdot \frac{60}{1000} = 0.055 \quad \frac{\text{м}^3}{\text{мин}} \quad (32)$$

Определение числа отверстий:

$$N_{\text{отв}} := \frac{W_{\text{возд}}}{W_{\text{возд1}}} = 78.037 \quad (33)$$

Принимаем общее число отверстий $N_{\text{отв}} = 80$

Отверстия располагаем в четыре ряда по 20 отверстий в каждом с расстоянием между отверстиями 104 мм и с интервалом между соседними рядами 100 мм. Отверстия в рядах располагаются со смещением на 26 мм.

3.4.14 Расчет диаметра воздухоподводящего устройства

Скорость движения воздуха в трубопроводе принимают от 20 до 40 м/сек.

Принимаем $W_{\text{тр}} := 30 \text{ м/сек}$

Тогда внутренний диаметр трубы [10]:

$$d_{\text{тр}} := \sqrt{\frac{4 \cdot W_{\text{возд}}}{3.14 \cdot 60 \cdot W_{\text{тр}}}} = 0.055 \quad \text{м} \quad (34)$$

Выбираем по ГОСТ 10704-91 "Трубы стальные электросварные прямошовные" ближайший типоразмер труб, выдерживающий расчетное давление воздуха.

Выбираем стандартную трубу 57 х 3.5 х 9000 ГОСТ 10704-91. Труба приварена в верхней части к крышке пачука, в нижней вварена в рубашку.

3.4.15 Расчет потока пульпы и кратности ее обмена

Определение величины восходящего потока пульпы в пачуке:

$$K_x := 95 \quad \text{эмпирический коэффициент}$$

ξ - коэффициент сопротивления (местные потери напора). Общее сопротивление потоку в пачуке складывается из сопротивления при изменении направления потока пульпы на 180° при переходе нисходящего потока пульпы в восходящий перед входом в циркулятор $\xi_1 = 4$, сопротивления при сужении потока пульпы перед входом в циркулятор $\xi_2 = 0.3$, сопротивление при входе в раструб циркулятора $\xi_3 = 0.1$, сопротивление при выходе пульпы из циркулятора $\xi_4 = 1$ [10].

$$\begin{aligned} \xi_1 &:= 4 \quad \xi_2 := 0.3 \quad \xi_3 := 0.1 \quad \xi_4 := 1 \\ \xi_{\text{сум}} &:= \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \xi_4 = 5.4 \quad \text{коэффициент сопротивления} \end{aligned} \quad (35)$$

Величина восходящего потока пульпы, $\text{м}^3/\text{мин}$:

$$W_{\text{п}} := K_x \cdot \sqrt[3]{\frac{W_{\text{об.возд}} \cdot (1 + 0.00367 \cdot t) \cdot D_{\text{ц}}^4 \cdot \log[(P_{\text{атм}} + P_{\text{изб}}) \cdot 10^{-5}]}{\rho_{\text{п}} \cdot \left(\xi_{\text{сум}} + 0.02 \cdot \frac{L_{\text{ц}}}{D_{\text{ц}}} \right) \cdot 10^{-3}}} = 59.71$$

Определение кратности обмена пульпы в пачуке в результате перемешивания:

$$n := \frac{60 \cdot W_{\text{п}}}{V_{\text{раб}}} = 10.318 \quad (36)$$

Нормальным считают $n = 8 - 25$ [10].

Принимаем $n = 11$.

4 Механический расчет

Исходные данные:

Высота цилиндрической обечайки, мм	$H := 5000$
Внутренний диаметр, мм	$D := 8000$
Рабочее давление, МПа	$P := 0.1$
Температура стенки, 0С	$t_c := 20$
Материал обечайки:	листовой прокат из стали Ст 3
Скорость коррозии, мм/год	$\Pi := 0.2$
Срок эксплуатации, лет	$\tau_B := 10$
Плотность стали при 20 $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\rho := 7870$
Плотность среды, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	$\rho_c := 1100$
Ускорение свободного падения, м/с ²	$g := 9.8$
Угол при основании конической обечайки	$\alpha := 60 \cdot \text{deg}$

Выбор определенной исполнительной марки стали, в соответствии с рекомендациями [11], обусловлен специфическими условиями работы, и соответственно, необходимостью удовлетворения выбранной маркой стали определенных критериев, таких как хладостойкость, совместимость по агрессивности среды, доступность и сравнительная дешевизна. Также выбранная сталь должна обладать достаточными прочностными и пластическими характеристиками в рабочих условиях, допускать холодную и горячую механическую обработку, а также иметь низкую стоимость и высокую распространенность на рынке.

В соответствии с заданными требованиями в качестве исполнительной марки стали выбираем сталь Ст 3, так как эта марка широко распространена на рынке, из условий эксплуатации отсутствует необходимость в высокой коррозионной стойкости. А также выбранная сталь обладает достаточными прочностными и пластическими характеристиками в рабочих условиях и хорошо сваривается

4.1 Определение расчетных параметров

Определение допускаемых напряжений при расчетной температуре, МПа

Примем расчетную температуру стенки аппарата, равной температуре среды:

$$\begin{aligned}t_p &:= t_c \\t_p &= 20 \text{ } ^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Выберем в соответствии с таблицей А.1 ГОСТ Р 52857.1-2007 расчетные характеристики прочности стали Ст 3.

В рабочем состоянии:

$$\sigma := 154 \text{ МПа} \quad \text{допускаемое напряжение в рабочих условиях}$$

Нормативные характеристики прочности при температуре 20 0 С:

$$R_m := 460 \text{ МПа} \quad \text{расчетное значение временного сопротивления}$$

$$R_e := 250 \text{ МПа} \quad \text{расчетное значения предела текучести}$$

$\eta := 1$ так как аппарат изготавливается из листового проката, в соответствии поправочный коэффициент принимаем в соответствии с рекомендациями ГОСТ Р 52857.1-2007, п. 8.3.

$n_T := 1.5$ коэффициент запаса прочности при рабочих условиях табл. 8.2. ГОСТ Р 52857.1 – 2007

$n_{,T} := 1.1$ коэффициент запаса прочности при условиях испытаний табл. 8.2. ГОСТ Р 52857.1 – 2007

$$\sigma_d := \eta \cdot \min \left(\frac{R_e}{n_T}, \frac{R_m}{n_T} \right) = 166.667 \text{ МПа} \quad (37)$$

Определение предела текучести при температуре 20 0 С, МПа:

Допускаемое напряжение для стали Ст 3 по ГОСТ Р 52857.1-2007 при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$\sigma_{20} := 154 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{д20} := \eta \cdot \sigma_{20} = 154 \text{ МПа} \quad (38)$$

Расчетное значение предела текучести при 20 0С для стали Ст 3 определим согласно таблицей Б.1 - Расчетное значение предела текучести R_e/t для углеродистых низколегированных сталей ГОСТ Р 52857.1-2007.

$$R_{e20} := 250 \text{ МПа}$$

Определение допускаемых напряжений при гидравлических испытаниях, МПа:

При гидравлических испытаниях коэффициент запаса прочности согласно таблице 1 ГОСТ Р 52857.1-2007:

Для условий испытания сосудов из углеродистых сталей допускаемое напряжение вычисляют согласно ГОСТ Р 52857.1-2007 по формуле:

$$\sigma_{и} := \eta \cdot \text{Floor} \left(\frac{R_{e20}}{n_T}, 0.5 \right) \quad \sigma_{и} = 166.5 \text{ МПа} \quad (39)$$

Определение расчетного давления, МПа:

Расчетное давление для элементов и сосуда аппарата согласно ГОСТ Р 52857.1-2007 принимают равным рабочему давлению:

$$P_p := P = 0.1 \text{ МПа}$$

Гидравлическое испытание сосудов, кроме литых должно проводиться под пробным давлением, определяемым по формуле:

$$P_{\text{и}} := 1.25 \cdot P \cdot \frac{\sigma_{\text{д}20}}{\sigma_{\text{д}}} = 0.116 \text{ МПа} \quad (40)$$

Расчетное значение наружного давления:

$$P_{\text{н.р}} := \frac{\rho_{\text{с}} \cdot g \cdot H}{10^9} = 0.054 \text{ МПа} \quad (41)$$

Определение модуля продольной упругости, МПа:

Т.к. сталь Ст 3 относится к углеродистым сталям, то модуль упругости для стали Ст 3 при расчетной температуре, согласно таблице, В.1 Расчетное значение модуля продольной упругости ГОСТ Р 52857.1-2007, будет равен:

$$E := 1.99 \times 10^5 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для стали Ст 3 при температуре испытания 20 °С:

$$E_{20} := 1.99 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Определение коэффициента прочности сварных швов [11].

При расчете на прочность сварных элементов сосудов допускаемые напряжения умножают на коэффициент прочности сварных швов ϕ . Сварку производим стыковую с двухсторонним сплошным проваром, выполняемую автоматической и полуавтоматической сваркой. Длина контролируемых швов от общей длины составляет 100%. Коэффициент прочности сварных швов для стали Ст 3 при данном виде сварки согласно таблице, Д.1 ГОСТ Р 52857.1-2007 принимаем:

$$\phi_{\text{р}} := 1$$

Прибавку к расчетным толщинам вычисляют согласно ГОСТ Р 52857.1-2007 по формуле, мм:

$$c = c_1 + c_2 + c_3$$

c_1 – поправка на коррозию;

c_2 – поправка на минусовое отклонение;

c_3 – поправка на утонение стенки элемента сосуда при технических операциях;

Прибавки к расчетной толщине стенки:

$$c_K := P \cdot \tau_B$$

$$P = 0.2 \frac{\text{мм}}{\text{год}} \quad \tau_B = 10 \quad \text{лет}$$

Для компенсации коррозии центральной обечайки:

$$c_K = 2 \text{ мм}$$

Прибавку к расчетной толщине для компенсации эрозии, примем:

$$c_э := 4 \text{ мм}$$

Т.к. согласно рекомендациям [3], присутствуют абразивные частицы и ударное действие среды.

$$c_1 := c_K + c_э \quad c_1 = 6 \text{ мм} \quad (42)$$

В соответствии с таблицей 4 ГОСТ 19903-74 примем:

$$c_2 := 0.8 \text{ мм}$$

Поскольку в ходе технологических операций изготовления цилиндрической обечайки пачука, не происходит утонения стенки, в соответствии с рекомендацией ГОСТ Р 52857.1-2007 примем:

$$c_3 := 0$$

$$c := c_1 + c_2 + c_3$$

$$c = 6.8 \quad \text{MM}$$

$$c := 7$$

4.2 Расчет элементов корпуса на прочность и устойчивость по ГОСТ Р 52857.2-2007 [11]

4.2.1 Расчет цилиндрической обечайки

Расчет толщины стенки цилиндрической обечайки

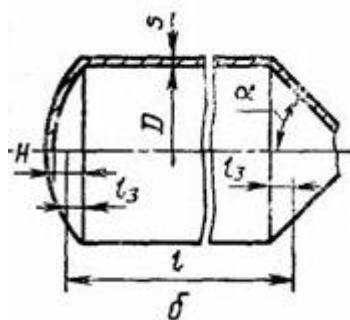


Рисунок 4 - Расчетная схема для определения толщины стенки цилиндрической обечайки

Толщину стенки вычисляют согласно ГОСТ Р 52857.2-2007 по формуле, мм:

$$s_1 \geq s_p + c \quad (43)$$

где расчетную толщину стенки вычисляют по формуле:

$$s_p := \max \left(\left(\frac{P \cdot D}{2 \cdot \sigma_d \cdot \phi_p - P} \right), \left(\frac{P_p \cdot D}{2 \cdot \sigma_n \cdot \phi_p - P_p} \right) \right) \quad (44)$$

$$s_p = 2.403 \text{ мм}$$

Исполнительную толщину стенки принимаем:

$$s_1 := \text{Ceil}(s_p + c, 1)$$

$$s_1 = 10 \text{ мм}$$

Согласно ОСТ 26291-94 минимальная толщина обечайки с учетом прибавок должны быть не менее:

$$\frac{D}{1000} + 2.5 = 10.5 \text{ мм} \quad (45)$$

Принимаем толщину стенки 12 мм согласно ГОСТ 6636-69 "Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные линейные размеры"

$$(s_1) := 12 \text{ мм}$$

Условия применения расчетных формул:

Расчетные формулы применимы при отношении толщины стенки к диаметру:

$$\frac{(s_1) - c}{D} = 0.00063 < 0.1 \quad \text{для обечаек и труб при } D \geq 200 \text{ мм}$$

Условие применения формул выполняется согласно ГОСТ Р 52857.2—2007

Таким образом, как в рабочем состоянии, так и при гидравлических испытаниях при толщине стенки $s = 12$ мм прочность цилиндрической обечайки аппарата обеспечивается.

Допускаемое давление на цилиндрическую обечайку:

Рабочие условия:

$$P_d := \frac{2 \cdot \sigma_d \cdot \phi_p \cdot (s_1 - c)}{D + (s_1 - c)} = 0.208 \text{ МПа} \quad (46)$$

$$P_p = 0.1$$

$$P_d > P_p$$

Условия испытаний:

$$P_{д.и} := \frac{2 \cdot \sigma_{и} \cdot \phi_p \cdot (s.1 - c)}{D + (s.1 - c)} = 0.208 \text{ МПа} \quad (47)$$

$$P_{и} = 0.116 \text{ МПа}$$

$$P_{д.и} > P_{и}$$

Рассчитанная толщина стенки аппарата обеспечивает прочность сосуда в заданных эксплуатационных условиях, как в рабочих, так и в условиях испытаний, т.к. рабочее, давление меньше рассчитанного допустимого давления при заданной толщине стенки.

Расчет цилиндрической обечайки на устойчивость:

Коэффициент запаса $n_y := 2.4$

Допускаемое давление из условия прочности:

$$P_{д.и} := \frac{2 \cdot \sigma_{д} \cdot \phi_p \cdot (s.1 - c)}{D + (s.1 - c)} = 0.208 \text{ МПа} \quad (48)$$

Допускаемое давление из условия устойчивости в пределах упругости:

$$B_1 := \min \left[1, 9.45 \cdot \frac{D}{H} \cdot \sqrt{\frac{D}{100 \cdot (s.1 - c)}} \right] \quad (49)$$

$$B_1 = 1$$

$$P_{дЕ} := \left(\frac{2.08 \cdot E \cdot 10^{-5} \cdot D}{n_y \cdot B_1 \cdot H} \right) \left[\frac{100 \cdot (s.1 - c)}{D} \right]^{2.5} = 2.695 \times 10^{-3} \text{ МПа} \quad (50)$$

Осевое сжимающее усилие от давления на днище равно:

$D_0 := 2120$ мм диаметр плоского днища

$$F := 0.25 \cdot \pi \cdot 10^{-6} \cdot (D^2 - D_0^2) \cdot P_{н.р} \quad (51)$$

$$F = 2.519$$

Рабочие условия:

Коэффициент запаса $n_y := 2.4$

Осевое сжимающее усилие

Допускаемое осевое сжимающее усилие из условий прочности:

$$[F]_{\Pi} := \pi \cdot (D + s_1 - c) \cdot (s_1 - c) \cdot \sigma_d = 2.096 \times 10^7 \text{ Н} \quad (52)$$

В соответствии с примечанием, если:

$$\frac{H}{D} < 10 \text{ то формула принимает вид } [F]_E := [F1]^{\blacksquare}$$

Осевое сжимающее усилие $[F]_E$, определяют из условия местной устойчивости в пределах упругости по формуле:

$$[F1] := \frac{310 \cdot 10^{-6} \cdot E}{n_y \cdot B_1} \cdot D^2 \cdot \left[\frac{100 \cdot (s_1 - c)}{D} \right]^{2.5}$$

$$[F]_E := [F1]$$

$$[F1] = 1.607 \times 10^6 \quad [F]_E = 1.607 \times 10^6$$

$$[F]_{\Pi} = 2.096 \times 10^7$$

$$[F] := \frac{[F]_{\Pi}}{\sqrt{1 + \frac{([F]_{\Pi})^2}{([F]_E)^2}}} \quad [F] = 1.602 \times 10^6 \text{ Н} \quad (53)$$

Обечайка нагружена изгибающим моментом

Допускаемый изгибающий момент M_{Π} из условия прочности рассчитывают по формуле:

$$M_{\Pi} := \frac{\pi}{4} \cdot D \cdot (D + s_{.1} - c) \cdot (s_{.1} - c) \cdot \sigma_d = 4.191 \times 10^{10} \text{ Н·м} \quad (54)$$

А допускаемый изгибающий момент $[M]_E$ из условия устойчивости в пределах упругости по формуле:

$$n_{yy} := 2.4 \quad \text{коэффициент запаса}$$

$$M_E := \frac{89 \cdot 10^{-6} \cdot E}{n_y} \cdot D^3 \cdot \left[\frac{100 \cdot (s_{.1} - c)}{D} \right]^{2.5} = 3.69 \times 10^9 \text{ Н·м} \quad (55)$$

Допускаемый изгибающий момент следует рассчитывать по формуле:

$$M_d := \frac{M_{\Pi}}{\sqrt{1 + \frac{(M_{\Pi})^2}{(M_E)^2}}} \quad (56)$$

$$M_d = 3.676 \times 10^9 \text{ Н·м}$$

Изготовление и сварка детали

Цилиндрическую часть обечайки, изготавливаем сваркой из отдельных листовых прокатов, в соответствии с рекомендацией ГОСТ Р 52857.1-2007. Стыковые швы выполняются автоматической сваркой с двусторонним сплошным проваром при длине контролируемых швов 100%.

Сварку проводим с последующей проверкой качества швов внешним осмотром, ультразвуковой дефектоскопией.

4.2.2 Расчет конической обечайки [11]

Расчет толщины стенки конической обечайки
Материал обечайки изготовлен из стали Ст 3. Угол конуса при вершине днища 60° .

$D_K := 8000$ мм диаметр конической обечайки

$\alpha_1 := 30 \cdot \text{deg}$ половина угла раствора при вершине конической обечайки

Расчетные формулы применимы при соотношении между толщиной стенки наружной обечайки и диаметром в пределах:

$$0.001 \leq \frac{s_1 \cdot \cos(\alpha_1)}{D} \leq 0.050 \quad \frac{s_1 \cdot \cos(\alpha_1)}{D} = 0.001$$

Условие выполняется.

Вычислим толщину стенки конического днища по ГОСТ Р 52857.2—2007

Расчетная толщина стенки конического днища:

$$S_{K.P} := \frac{P \cdot D_K}{2 \cdot \phi_P \cdot \sigma_d - P} \cdot \frac{1}{\cos(\alpha_1)} = 2.772 \text{ мм} \quad (57)$$

Исполнительная толщина стенки:

$$S_K := S_{K.P} + c = 9.772 \text{ мм} \quad (58)$$

Согласно ОСТ26291-94 минимальная толщина обечайки с учетом прибавок должны быть не менее:

$$\frac{D}{1000} + 2.5 = 10.5 \text{ мм}$$

Принимаем толщину стенки 12 мм согласно ГОСТ 6636-69 "Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные линейные размеры"

$$S_k := 12 \text{ мм}$$

$$\frac{S_k - c}{D_k} = 0.00063 < 0.1 \quad \text{условие применения формул выполняется согласно ГОСТ Р 52857.2—2007}$$

Допускаемое внутреннее избыточное давление:

$$[P]_k := \frac{2 \cdot \sigma_d \cdot \phi_p \cdot (S_k - c)}{\frac{D}{\cos(\alpha_1)} + (S_k - c)} = 0.18 \text{ МПа} \quad (59)$$

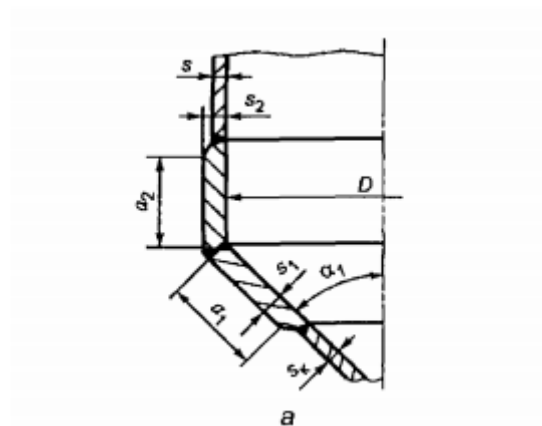


Рисунок 5 - Соединение конической и цилиндрической обечайки

$$\alpha_1 := 30 \cdot \text{deg} \quad \text{половина угла раствора при вершине конической обечайки}$$

Примем:

$$s_{..1} := 14 \text{ мм} \quad \text{исполнительная толщина стенки переходной части конической обечайки}$$

$$s_{.2} := 12 \text{ мм} \quad \text{исполнительная толщина стенки переходной части цилиндрической обечайки}$$

Вычисляем коэффициент формы β_1 :

$\chi := 1$ так как цилиндрическая и коническая обечайки выполняются из одного материала

$$\beta := 0.4 \cdot \sqrt{\frac{D}{s_{2.2} - c}} \cdot \frac{\tan(\alpha_1)}{1 + \sqrt{\frac{\chi}{2 \cdot \cos(\alpha_1)} \cdot \left[1 + \chi \cdot \frac{(s_{2.1} - c)^2}{(s_{2.2} - c)} \right]}} - 0.25$$

$$\beta = 3.49$$

$$\beta_1 := \max(0.5, \beta)$$

$$\beta_1 = 3.49$$

Вычислим расчетные длины переходных частей для конической и цилиндрической обечаек:

$$a_{1p} := 0.7 \cdot \sqrt{\frac{D}{\cos(\alpha_1)} \cdot (s_{2.1} - c)} = 178.003 \text{ мм} \quad \begin{array}{l} \text{расчетная длина} \\ \text{перехода конической} \\ \text{обечайки} \end{array}$$

$$a_{2p} := 0.7 \cdot \sqrt{D \cdot (s_{2.2} - c)} = 140 \text{ мм} \quad \begin{array}{l} \text{расчетная длина перехода} \\ \text{цилиндрической обечайки} \end{array}$$

Принимаем:

$$a_{1p} := 154 \text{ мм}$$

$$a_{2p} := 112 \text{ мм}$$

Условия применения расчетных формул для обечаек без тороидального перехода:

$$Usl_1 := \begin{cases} \text{"\"усл. примен. формул не выполн.\"} & \text{if } \alpha_1 > \frac{70 \cdot \pi}{180} \\ \text{"усл. прим. формул не выполн.\"} & \text{if } (s_{..1} - c) < (s_{.2} - c) \\ \text{"\"условия применения формул выполняется\"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Usl_1 = \text{"\"условия применения формул выполняется\"}$$

Расчетная толщина перехода цилиндрической обечайки:

$$s_{2p} := \max \left[\frac{P_p \cdot D \cdot \beta_1}{2 \cdot (\phi_p \cdot \sigma_d) - P}, \frac{P_{II} \cdot D \cdot \beta_1}{2 \cdot (\phi_p \cdot \sigma_{II}) - P_{II}} \right] \quad (60)$$

$$s_{2p} = 9.686 \quad \text{мм}$$

Исполнительная толщина стенки перехода цилиндрической обечайки:

$$s_{.2} := \text{Ceil}(s_{2p} + c, 1)$$

$$s_{.2} = 17 \quad \text{мм}$$

Исполнительная толщина стенки перехода конической обечайки:

$$s_{..1} := \text{Ceil} \left(s_{2p} \cdot \frac{s_{.1} - c}{s_{.2} - c} + c, 1 \right) \quad (61)$$

$$s_{..1} = 14 \quad \text{мм}$$

Допускаемое внутреннее избыточное давление из условия прочности переходной части в рабочем состоянии:

$$P_d := \frac{2 \cdot (\phi_p \cdot \sigma_d) \cdot (s_{.2} - c)}{D \cdot \beta_1 + (s_{.2} - c)} \quad (62)$$

$$\text{Prov_2} := \begin{cases} \text{"Условия прочности выполняется"} & \text{if } P \leq P_d \\ \text{"Условия прочности не выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{Prov_2} = \text{"Условия прочности выполняется"}$$

$$P = 0.1 \text{ МПа} \quad P_d = 0.119 \text{ МПа}$$

Таким образом условие прочности при толщине стенок цилиндрической и конической обечаек 12 мм выполняется как для рабочего, так и для условий испытаний.

Расчет конической обечайки на устойчивость:

Эффективные размеры:

$$l_E := \frac{D - D_0}{2 \sin(\alpha)} = 3.395 \times 10^3 \text{ мм} \quad (64)$$

$$D_E := \max \left[\frac{D + D_0}{2 \cdot \cos(\alpha)}, \frac{D}{\cos(\alpha)} - 0.31 \cdot (D + D_0) \cdot \tan(\alpha) \cdot \sqrt{\frac{D + D_0}{S_k}} \right] \quad (65)$$

$$D_E = 1.012 \times 10^4 \text{ мм}$$

Толщина стенки конической обечайки из условий устойчивости:

$$B_1 := \min \left[1, 9.45 \cdot \frac{D}{l_E} \cdot \sqrt{\frac{D}{100 \cdot (S_k - c)}} \right] \quad (66)$$

$$B_1 = 1$$

$$S_{k2} := \max \left[1.06 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{D_E}{B_1} \cdot \left(\frac{P_{н.р} \cdot l_E}{10^{-5} \cdot E \cdot D_E} \right)^{0.4}, \frac{1.2 \cdot P_{н.р} \cdot D_k}{(2 \cdot \phi_p \cdot \sigma_d - P_{н.р}) \cdot \cos(\alpha)} \right]$$

$$S_{k2} := 12$$

$$\text{Prov}_3 := \left| \begin{array}{ll} \text{"усл. прим. формул не выполн."} & \text{if } \alpha > \frac{70 \cdot \pi}{180} \\ \text{"усл. прим. формул не выполн."} & \text{if } \frac{S_{K2} \cdot \cos(\alpha)}{D_K} > 0.001 \\ \text{"усл. прим. формул не выполн."} & \text{if } \frac{S_{K2} \cdot \cos(\alpha)}{D_K} > 0.005 \\ \text{"условия применения формул выполняются"} & \text{otherwise} \end{array} \right.$$

$$\text{Prov}_3 = \text{"условия применения формул выполняются"}$$

Осевая сжимающая сила

$$D_1 := 2125 \text{ мм} \quad \text{диаметр наименьшего основания конической обечайки}$$

Эффективный диаметр конической обечайки при сжатии:

$$D_F := \frac{0.9 \cdot D + 0.1 \cdot D_1}{\cos(\alpha)} = 1.482 \times 10^4 \text{ мм} \quad (67)$$

Допускаемую осевую сжимающую силу из условия прочности вычисляют по формуле:

$$F_{\Pi} := \pi \cdot D_F \cdot (S_{K2} - c) \cdot \sigma_d \cdot \cos(\alpha) = 1.941 \times 10^7 \text{ Н} \quad (68)$$

Допускаемую осевую сжимающую силу из условия устойчивости в пределах упругости вычисляют по формуле:

$$F_E := \frac{310 \cdot 10^{-5} \cdot E}{n_y} \cdot (D_F \cdot \cos(\alpha))^2 \cdot \left[\frac{100 \cdot (S_{K2} - c)}{D_F} \right]^{2.5} \quad (69)$$

$$F_{\text{дк}} := \min \left[\frac{F_{\Pi}}{\sqrt{1 + \left(\frac{F_{\Pi}}{F_E} \right)^2}}, \frac{D_1}{D_F} \cdot F_{\Pi} \right] = 2.782 \times 10^6 \text{ Н} \quad (70)$$

$$F = 2.519 \quad \text{МН}$$

Расчет допускаемого изгибающего момента

Из условия прочности:

$$M_{\text{дк}} := \frac{D_1}{4} \cdot F_{\text{дк}} = 1.478 \times 10^9 \quad (71)$$

Из условия устойчивости:

$$M_{\text{дк1}} := \frac{M_{\Pi}}{\sqrt{1 + \frac{(\textcolor{red}{M}_{\Pi\kappa})^2}{M_{\text{Ек}}^2}}} \quad \text{где} \quad (72)$$

$$M_{\Pi\kappa} := \frac{D_F}{4} \cdot F_{\Pi} = 7.192 \times 10^{10} \quad \text{Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{\text{Ек}} := \frac{D_F}{3.5} \cdot F_E = 1.25 \times 10^{10} \quad \text{Н}\cdot\text{м}$$

$$M_{\text{дк1}} := \frac{M_{\Pi}}{\sqrt{1 + \frac{(M_{\Pi\kappa})^2}{M_{\text{Ек}}^2}}} = 7.175 \times 10^9 \quad \text{Н}\cdot\text{м}$$

4.2.3 Расчет толщины стенки плоской крышки [11]

Так как, плоская крышка подвергается воздействию только внутреннего давления, то соответственно рассчитывать толщину ее стенки нужно только исходя из условия прочности [3]. В соответствии с ГОСТ Р 52857.2-2007 условия применения расчетных формул для плоских днищ:

ГОСТ Р 52857.2—2007

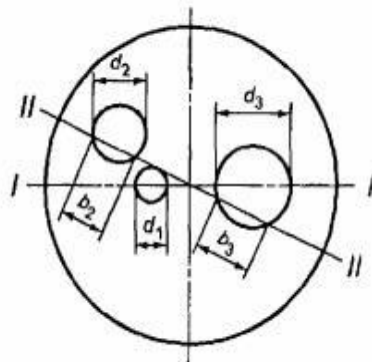


Рисунок 16

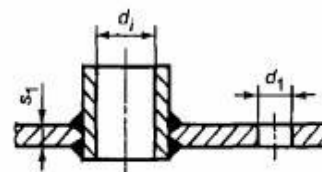


Рисунок 17

Рисунок 6 - Расположение отверстий на крышке

$D_p := 8000$ диаметр крышки

$K := 0.41$

d_i вычисляем согласно чертежу по рекомендациям из ГОСТ

$d_i := 810$ мм

$$K_0 := \sqrt{\frac{1 - \left(\frac{d_i}{D_p}\right)^3}{1 - \left(\frac{d_i}{D_p}\right)}} \quad (73)$$

$$d_i := \max(d_1 + d_3, b_2 + b_3) \quad (74)$$

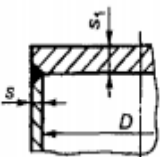
5		$\frac{s-c}{s_1-c} < 0,25$ $\frac{s-c}{s_1-c} \geq 0,25$ $D_p = D$	0,45 0,41
---	---	--	-------------------------

Рисунок 7 – Условия применимости расчетных формул

Коэффициент K_0 определяют для наиболее ослабленного сечения. Максимальную сумму для длин хорд отверстий в наиболее ослабленном диаметральной сечении днища или крышки определяют согласно чертежу или формуле $\sum d_i = \max \{(d_1 + d_3); (b_2 + b_3)\}$.

$$S_{кр.р} := K \cdot K_0 \cdot D_p \cdot \sqrt{\frac{P}{\phi_p \cdot \sigma_d}} \quad (75)$$

$$S_{кр} := S_{кр.р} + (c)$$

$$S_{кр} = 91.704 \text{ мм}$$

Исходя из конструкторских соображений и учитывая предыдущий опыт эксплуатации подобных аппаратов, было принято решение принять толщину стенки плоской крышки равной 12 мм и укрепить крышку косынками.

Вычислим допускаемое давление на плоскую крышку:

$$[P]_{кр} := \frac{[S_{кр} - (c)]^2}{[K \cdot K_0 \cdot D_p]} \cdot (\phi_p \cdot \sigma_d) = 0.1 \text{ МПа} \quad (76)$$

$$[P]_{кр.и} := \frac{[S_{кр} - (c)]^2}{[K \cdot K_0 \cdot D_p]} \cdot (\phi_p \cdot \sigma_{и}) = 0.0999 \text{ МПа} \quad (77)$$

Рассчитанная толщина стенки днища и крышки аппарата обеспечивает прочность сосуда в заданных эксплуатационных условиях, как в рабочих, так и в условиях испытаний, т.к. рабочее, давление меньше рассчитанного допустимого давления при заданной толщине стенки.

Проверка применимости формул

$$\frac{S_{кр} - (c)}{D_p} = 0.011$$

$$0.011 \leq 0.11 \quad \text{Условие выполняется}$$

Расчет плоского днища [11]

$$D_{кр} := 2150 \text{ мм} \quad \text{диаметр днища}$$

$$K := 0.45$$

$$K_0 := 1$$

Определение толщины плоского днища:

$$S_{дн.р} := K \cdot K_0 \cdot D_{кр} \cdot \sqrt{\frac{P}{(\phi_p \cdot \sigma_d)}} \quad (78)$$

$$S_{дн} := S_{дн.р} + (c) = 30.699 \quad \text{мм} \quad (79)$$

$$P_{д.кр} := \left[\frac{S_{дн} - (c)}{K \cdot K_0 \cdot D_{кр}} \right]^2 \cdot (\phi_p \cdot \sigma_d) = 0.1 \text{ МПа} \quad (80)$$

4.2.4 Расчет укрепления отверстий [14]

Расчет укреплений отверстий производим в соответствии с нормами ГОСТ Р 52857.3-2007. Пределы применения расчетных формул ограничиваются следующими условиями:

В цилиндрических обечайках:

$$\frac{d_p - 2 \cdot c_s}{D} \leq 1.0 \quad \frac{s - c}{D} \leq 0.1$$

В конических обечайках:

$$\frac{d_p - 2 \cdot c_s}{D_k} \leq 1.0 \quad \frac{s - c}{D} \leq \frac{0.1}{\cos(\alpha)}$$

Расчет укрепления отверстий в цилиндрической обечайке [14]

Исходные данные:

Внутренний диаметр оболочки	$D := 8000 \text{ мм}$
Внутреннее давление на цилиндрическую обечайку	$P_{\text{вн}} := 0.1 \text{ МПа}$
Расчётная температура	$t_R := 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Расчетная толщина стенки	$s_p := 2.4 \text{ мм}$
Исполнительная толщина стенки оболочки	$s := 12 \text{ мм}$
Диаметр отверстия	$d_1 := 400 \text{ мм}$
Прибавка расчетной толщины стенки	$c := 4.8 \text{ мм}$
Коэффициент прочности сварных швов	$\phi := 1$
Допускаемое напряжение для стали при 20 °С	$\sigma_{20} := 154 \text{ МПа}$
Минимальное значение предела текучести стали при 20 °С	$R_{p1.0} := 250 \text{ МПа}$

Допускаемое напряжение для материала при расчётной температуре:

Для стали Ст 3 при $t=20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ согласно таблице, А.1- ГОСТ Р 52857.1-2007:

$$\sigma_d := 154 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для стали Ст 3 при нормальных условиях:

$$\sigma_{20} := \text{Floor}(\sigma_{20}, 0.5) = 154 \text{ МПа}$$

Давление при испытании на прочность:

$$P_{\text{исп}} := 1.25 \cdot P_{\text{вн}} \cdot \frac{\sigma_{20}}{\sigma_d} = 0.125 \quad \text{МПа} \quad (81)$$

Расчетные внутренние диаметры укрепляемых элементов определяем согласно с ГОСТ 52857.3-2007

Для штуцера на цилиндрической обечайке:

$$D_{p1} := D$$

Расчетные диаметры отверстия:

$$\begin{aligned} d_{p1} &:= d1 + 2c \\ d_{p1} &= 409.6 \quad \text{мм} \end{aligned} \quad (82)$$

Расчетные длины штуцера: Расчетная ширина зоны укрепления в обечайках и днищах при отсутствии торообразной вставки или вварного кольца
Ширина зоны укрепления в переходах и днищах вычисляются по формуле:

$$l_p := \sqrt{D_{p1} \cdot (s - c)} \quad (83)$$

$$l_p = 240 \quad \text{мм}$$

Расчётная толщина стенки оболочки

Проверка условий применения формул для расчета укрепления отверстий

$$\text{пров1} := \begin{cases} \text{"Отн. диам. НЕ выполняется"} & \text{if } \left(\frac{d_{p1} - 2 \cdot c}{D} \geq 1 \right) \\ \text{"Отн. толщины к диам. НЕ выполняется"} & \text{if } \left(\frac{s - c}{D} \geq 0.1 \right) \\ \text{"Условия применения формул выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{пров1} = \text{"Условия применения формул выполняются"}$$

Расчетный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_o := 2 \cdot \left[\left(\frac{s - c}{s_p} \right) - 0.8 \right] \cdot \sqrt{D_{p1} \cdot (s - c)} \quad (84)$$

$$d_o = 1.056 \times 10^3 \text{ мм}$$

Проверка условий необходимости дальнейшего расчета укреплений отверстий:

$$\text{провЗ} := \begin{cases} \text{"НЕ требуется укрепление отверстий"} & \text{if } d_o \geq d_{p1} \\ \text{"требуется укрепление отверстий"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\text{провЗ} = \text{"НЕ требуется укрепление отверстий"}$$

Расчет укрепления отверстий в конической обечайке [14]

Исходные данные:

Коэффициент прочности сварных швов	$\phi := 1$	
Допускаемое напряжение для стали при температуре 20 °С	$\sigma_{20} := 154$	МПа
Минимальное значение предела текучести стали при температуре 20 °С	$R_{p1.0} := 250$	МПа
Прибавка расчетной толщины стенки	$c := 4.8000$	мм
Внутреннее давление на цилиндрическую обечайку	$P_{вн} := 0.1$	МПа
Расчётная температура	$t_D := 20$	С°
Расчетная толщина стенки	$s_p := 3.5$	мм
Исполнительная толщина стенки оболочки	$s := 12$	мм

Допускаемое напряжение для материала при расчётной температуре

Для стали Ст 3 при $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ согласно таблице, А.1- ГОСТ Р 52857.1-2007:

$$\sigma_d := 154 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для стали Ст 3 при нормальных условиях:

$$\sigma_{20} := \text{Floor}(\sigma_{20}, 0.5) = 154 \text{ МПа}$$

Давление при испытании на прочность:

$$P_{исп} := 1.25 \cdot P_{вн} \cdot \frac{\sigma_{20}}{\sigma_d} = 0.125 \text{ МПа} \quad (85)$$

Допускаемое напряжение для стали Ст 3 при гидравлических испытаниях

Расчетные внутренние диаметры укрепляемых элементов определяем согласно с ГОСТ 52857.3-2007

Для штуцера на конической обечайке:

$$D_{p1} := \frac{D_k}{\cos(\alpha)} \quad (86)$$

Расчетные диаметры отверстия:

$$d_{p1} := d_1 + 2c \quad (87)$$
$$d_{p1} = 819.6 \text{ мм}$$

Расчетные длины штуцера

Расчетная ширина зоны укрепления в обечайках и днищах при отсутствии торообразной вставки или вварного кольца Ширина зоны укрепления в переходах и днищах вычисляют по формуле:

$$l_p := \sqrt{D_{p1} \cdot (s - c)} \quad (88)$$

$$l_p = 339.4 \text{ мм}$$

Расчётная толщина стенки оболочки

Проверка условий применения формул для расчета укрепления отверстий

$$\text{пров1} := \begin{cases} \text{"Отн. диам. НЕ выполняется"} & \text{if } \left(\frac{d_{p1} - 2 \cdot c}{D} \geq 1 \right) \\ \text{"Отн. толщины к диам. НЕ выполняется"} & \text{if } \left(\frac{s - c}{D} \geq 0.1 \right) \\ \text{"Условия применения формул выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

пров1 = "Условия применения формул выполняются"

Расчетный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления:

$$d_o := 2 \cdot \left[\left(\frac{s - c}{s_p} \right) - 0.8 \right] \cdot \sqrt{D_{p1} \cdot (s - c)} \quad d_o = 853.377 \text{ мм} \quad (89)$$

Проверка условий необходимости дальнейшего расчета укреплений отверстий:

$$\text{пров3} := \begin{cases} \text{"НЕ требуется укрепление отверстий"} & \text{if } d_o \geq d_{p1} \\ \text{"требуется укрепление отверстий"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

пров3 = "НЕ требуется укрепление отверстий"

4.2.5 Расчет фланцевого соединения [16]

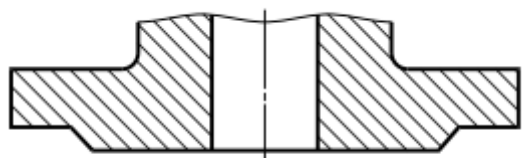
Расчет фланцевого соединения, согласно ГОСТ 52857.4-2007

Материал фланцев 09Г2С

Материал болтов 40Х по ОСТ 26-291-79

Материал прокладки паронит - 4 по ГОСТ 481-80, т.к. среда токсична, а также материал подходит по таким параметрам как давление и температура.

Фланцы приварные встык по ГОСТ 33259 – 2015



Исполнение В – Соединительный выступ

Рисунок – 8 Фланец по ГОСТ 33259 – 2015 исполнение В

Для фланцев с исполнением уплотнительных поверхностей А и В для вредных (токсичных) веществ 1, 2, 3 классов опасности по ГОСТ 12.1.007 и пожаровзрывоопасных веществ по ГОСТ 12.1.044.

Исходные данные

$\underline{D} := 400$ мм Необходимый диаметр для соединения

$n := 16$ Количество шпилек

$t := 20$ °С Расчетная температура, при которой работает фланец

$\underline{P} := 0.1$ МПа Максимальное давление, действующее на фланец

Диаметр фланца наружный наружный	$D_H := 520$	мм
Диаметр болтовых отверстий	$D_{б.о} := 480$	мм
Толщина тарелки фланца	$h := 25$	мм
Диаметр болтов	$D_{ш} := 23$	мм
Наружный диаметр прокладки Болты M20	$D_{нп} := 445$	мм

Определение расчетных параметров

Расчетные температуры

Расчетная температура болтов

$$t_{б} := 0.85 \cdot t = 17 \quad t_{б} = 17 \quad ^\circ\text{C} \quad (90)$$

Расчетная температура неизолированных фланцев

$$t_{ф} := 0.96t \quad t_{ф} = 19.2 \quad ^\circ\text{C} \quad (91)$$

Допускаемое напряжение для материала болтов

$$\begin{aligned} t &:= 20 & \sigma &:= 225 \text{ МПа} \\ \sigma_{д.б} &:= 230 \text{ МПа} \end{aligned}$$

Модуль упругости для болтов при рабочей температуре

$$E_{б} := 2.18 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для болтов при $t=20^{\circ}\text{C}$ $\sigma_{20,6} := 230 \text{ МПа}$

Модуль упругости для болтов при температуре испытания $E_{20,6} := 2.18 \text{ МПа}$

Коэффициент линейного расширения стали 40Х при $t=20^{\circ}\text{C}$

$$\alpha_6 := 11.5 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}$$

Расчетные значения материала фланцев:

$\sigma_{\text{н}} := 162 \text{ МПа}$ допускаемое напряжение для стали 09Г2С при рабочей температуре

$\sigma_{20} := 196 \text{ МПа}$ допускаемое напряжение для стали 09Г2С при 20°C

$E_{20} := 1.99 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ Модуль упругости для стали 09Г2С при 20°C

$E := 1.76 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ Модуль упругости для стали 09Г2С при рабочей температуре

$\alpha_{\text{ф}} := 11.5 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{K}}$ Коэффициент линейного расширения для стали 09Г2С при $t=20^{\circ}\text{C}$

Из рекомендации в ГОСТ481-80 выбираем толщину прокладки 3мм, но т.к. условие устойчивости прокладки не выполняется увеличиваем толщину до 5мм

Эффективная ширина плоской прокладки, b_0 :

$$b_{\text{п}} := 5 \text{ мм}$$

$$b_0 := \begin{cases} b_0 \leftarrow b_{\text{п}} & \text{if } b_{\text{п}} \leq 15 \\ b_0 \leftarrow \text{Ceil}(3.8 \cdot \sqrt{b_{\text{п}}}, 1) & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$b_0 = 5$$

Характеристики прокладки по ГОСТ 481-80

$m := 2.5$ прокладочный коэффициент

$q_{обж} := 20$ МПа Удельное давление обжатия прокладки

$q_d := 130$ МПа Допускаемое удельное давление

$K_{обж} := 0.9$ Коэффициент обжатия

$E_{II} := 2000$ МПа Условный модуль сжатия прокладки

Усилие, необходимое для смятия прокладки при затяжке:

$$D_{сП} := D_{нП} - b_0$$

$$P_{обж} := 0.5 \cdot \pi \cdot D_{сП} \cdot b_0 \cdot m \cdot P \quad (92)$$

$$P_{обж} = 863.938 \text{ Н}$$

Усилие на прокладке в рабочих условиях, необходимое для обеспечения герметичности фланцевого соединения:

$$R_{II} := \begin{cases} (\pi \cdot D_{сП} \cdot b_0 \cdot m \cdot P) & \text{if } P \geq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$R_{II} = 1.728 \times 10^3 \text{ Н}$$

Площадь поперечного сечений болтов:

$$f_{\text{б}} := 430 \text{ мм}^2$$

Суммарная площадь сечения болтов по внутреннему диаметру резьбы или нагруженному сечению наименьшего диаметра:

$$A_{\text{б}} := n \cdot f_{\text{б}} \quad A_{\text{б}} = 6.88 \times 10^3 \text{ мм}^2 \quad (93)$$

Равнодействующая нагрузка от давления:

$$Q_d := 0.785 \cdot D_{\text{сп}}^2 \cdot P \quad Q_d = 1.52 \times 10^4 \text{ Н} \quad (94)$$

Приведенная нагрузка, вызванная воздействием внешней силы и изгибающего момента, поскольку на фланец действует внешний изгибающий момент, то переведем равномерно распределенную нагрузку в концентрированную и вычислим момент, действующий на фланец.

$$M := \frac{925}{2} \cdot 485 = 2.243 \times 10^5 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Внешний изгибающий момент
примем равным нулю, исходя из
условий

$$F := 485 \text{ Н}$$

приведенная нагрузка, вызванная
внешней осевой силой или
моментом

$$Q_{FM} := F + \frac{4 \cdot M}{D_{\text{сп}}} = 2.524 \times 10^3 \text{ Н} \quad (95)$$

Нагрузка, вызванная стесненностью температурных деформаций, рассчитывается по формуле:

Податливость прокладки

$$h_{\Pi} := 30$$

$$y_{\Pi} := \frac{h_{\Pi} \cdot K_{\text{обж}}}{E_{\Pi} \cdot \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_{\Pi}} = 1.953 \times 10^{-6} \quad (96)$$

Расстояние между опорными поверхностями гаек:

$$L_{60} := 110 \text{ мм}$$

Длина шпильки, найдена исходя из толщины
фланцев, прокладки

$$d := 2 \text{ мм}$$

внешний диаметр болта, т.к. был выбран болт
M27

$$L_6 := L_{60} + 0.56 \cdot d \quad (97)$$

$$L_6 = 125.12 \quad \text{мм}$$

Податливость болтов

$$y_6 := \frac{L_6}{E_{206} \cdot A_6} \quad y_6 = 8.342 \times 10^{-3} \frac{\text{мм}}{\text{Н}} \quad (98)$$

Расчетные параметры фланцев:

$s_{ц0} :=$ мм толщина обечайки

$S_0 := 24$ мм

Параметр длины обечайки:

$$l_0 := \sqrt{D \cdot S_0} \quad l_0 = 97.98 \quad \text{мм} \quad (99)$$

Отношение наружного диаметра тарелки фланца к внутреннему диаметру:

$$K := \frac{D_H}{D} \quad (100)$$

$$K = 1.3$$

$$\beta_T := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K)) - 1}{(1.05 + 1.945 \cdot K^2) \cdot (K - 1)} \quad \beta_T = 1.796 \quad (101)$$

$$\beta_U := \frac{K^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K)) - 1}{1.36(K^2 - 1) \cdot (K - 1)} \quad \beta_U = 8.299 \quad (102)$$

$$\beta_Y := \frac{1}{K - 1} \left(0.69 + 5.72 \cdot \frac{K^2 \cdot \log(K)}{K^2 - 1} \right) \quad \beta_Y = 7.621 \quad (103)$$

$$\beta_Z := \frac{K^2 + 1}{K^2 - 1} \quad \beta_Z = 3.899 \quad (104)$$

Коэффициенты для фланцевых соединений с приварными встык фланцами с прямой втулкой, плоскими фланцами и свободными фланцами:

$$\beta_F := 0.78 \quad \beta_V := 0.12 \quad f := 8$$

Коэффициент λ :

$$\lambda := \frac{\beta_F \cdot h + l_0}{\beta_T \cdot l_0} + \frac{\beta_V \cdot h^3}{\beta_U \cdot l_0 \cdot S_0^2} \quad \lambda = 0.672 \quad (105)$$

Угловая податливость фланцев

Угловая податливость фланца при затяжке:

$$y_{\phi} := \frac{0.91 \cdot \beta_V}{\lambda \cdot l_0 \cdot S_0^2 \cdot E_{20}} \quad y_{\phi} = 1.448 \times 10^{-11} \frac{\text{мм}}{\text{Н}} \quad (106)$$

Угловая податливость фланца, нагруженного внешним изгибающим моментом:

$$y_{\phi_H} := \left(\frac{\pi}{4} \right)^3 \cdot \frac{D_{\phi.o}}{E_{20} \cdot h^3 \cdot D_H} \quad (107)$$

$$y_{\phi_H} = 1.438 \times 10^{-10}$$

Коэффициент, учитывающий изгиб тарелки фланца между болтами:

$$C_F := \max \left[1, \sqrt{\frac{\pi \cdot D_{\phi.o}}{n \cdot \left(2 \cdot d + \frac{6 \cdot h}{m + 0.5} \right)}} \right] \quad C_F = 1 \quad (108)$$

Плечо действия усилий в болтах для приварных встык и плоских фланцев:

$$b := 0.5 \cdot (D_{\phi.o} - 1b = 20 \text{ мм}) \quad (109)$$

Плечо усилия от действия давления на фланец для всех типов фланцев:

$$e := 0.5 \cdot (D_{\text{сп}} - D - S_0) \quad e = 8 \text{ мм} \quad (110)$$

Эквивалентная толщина плоских фланцев:

$$S_0 := 25 \text{ мм} \quad \text{Толщина фланца в месте соединения с обечайкой}$$

$$S_{\phi} := S_0 = 25 \text{ мм}$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения для приварных встык фланцев:

$$\gamma := \frac{1}{y_{\Pi} + y_{\zeta} \cdot \frac{E_{20\zeta}}{E_{\zeta}} + 2 \cdot b^2 \cdot y_{\phi} \cdot \frac{E_{20}}{E}} \quad \gamma = 4.879 \times 10^5 \quad (111)$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внутренним давлением или внешней осевой силой для приварных встык с плоскими прокладками:

$$\alpha := 1 - \frac{y_{\Pi} - 2e \cdot y_{\phi} \cdot b}{y_{\Pi} + y_{\zeta} + 2 \cdot b^2 \cdot y_{\phi}} \quad \alpha = 1 \quad (112)$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внешним изгибающим моментом:

$$\alpha_M := \frac{y_{\zeta} + 2 \cdot y_{\phi} \cdot b \cdot \left(b + e - \frac{e^2}{D_{\text{сп}}} \right)}{y_{\zeta} + y_{\Pi} \cdot \left(\frac{D_{\zeta.o}}{D_{\text{сп}}} \right)^2 + 2 \cdot y_{\phi} \cdot b^2} \quad \alpha_M = 1 \quad (113)$$

Нагрузка, вызванная стесненностью температурных деформаций, в соединениях с приварными встык фланцами:

$$Q_t := \gamma \cdot 2 \cdot \alpha_{\phi} \cdot h \cdot (t_{\phi} - 20) - 2 \cdot \alpha_{\zeta} \cdot h \cdot (t_{\zeta} - 20) \quad (114)$$

$$Q_t = 617.139 \text{ Н}$$

Расчетная нагрузка на болты при затяжке, необходимая для обеспечения в рабочих условиях давления на прокладку, достаточного для герметизации фланцевого соединения:

$$P_{\zeta 1} := \max \left[\alpha \cdot (Q_d + F) + R_{\Pi} + \frac{4 \cdot \alpha_M \cdot M}{D_{\text{сп}}}, \alpha \cdot (Q_d + F) + R_{\Pi} + \frac{4 \cdot \alpha_M \cdot M}{D_{\text{сп}}} - Q_t \right]$$

$$P_{\sigma 1} = 1.945 \times 10^4 \text{ Н} \quad (115)$$

$$P_{\sigma 2} := \max(P_{\sigma \text{ож}}, 0.4 \cdot A_{\sigma} \cdot \sigma_{20.6})$$

$$P_{\sigma 2} = 6.33 \times 10^5 \text{ Н}$$

Расчетная нагрузка на болты фланцевых соединений при затяжке фланцевого соединения:

$$P_{\sigma \text{м}} := \max(P_{\sigma 2}, P_{\sigma 1}) \quad P_{\sigma \text{м}} = 6.33 \times 10^5 \quad (116)$$

Расчетная нагрузка на болты фланцевых соединений в рабочих условиях:

$$P_{\sigma \text{р}} := P_{\sigma \text{м}} + (1 - \alpha) \cdot (Q_{\text{д}} + F) + Q_{\text{т}} + \frac{4 \cdot (1 - \alpha_{\text{м}}) \cdot M}{D_{\text{сп}}} \quad (117)$$

$$P_{\sigma \text{р}} = 6.336 \times 10^5 \text{ Н}$$

Проверка прочности болтов и прокладки

Расчетные значения в болтах

При затяжке:

$$\sigma_{\sigma 1} := \frac{P_{\sigma \text{м}}}{A_{\sigma}} \quad \sigma_{\sigma 1} = 92 \text{ МПа} \quad (118)$$

В рабочих условиях:

$$\sigma_{\sigma 2} := \frac{P_{\sigma \text{р}}}{A_{\sigma}} \quad \sigma_{\sigma 2} = 92.09 \text{ МПа} \quad (119)$$

$$Usl_bolti := \begin{cases} \text{"Условия прочности при затяжке НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{61} > \sigma_{20.6} \\ \text{"Условия прочности в рабочих условиях НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{62} > \sigma_{д.6} \\ \text{"Условия прочности выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Usl_bolti = \text{"Условия прочности выполняются"}$$

$$q := \frac{\max(P_{6M}, P_{6P})}{\pi \cdot D_{сп} \cdot b_{II}} \quad q = 91.671 \text{ МПа} \quad (120)$$

$$Usl_prokl := \begin{cases} \text{"Условия прочности прокладки НЕ выполняются"} & \text{if } q > q_d \\ \text{"Условия прочности прокладки выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Usl_prokl = \text{"Условия прочности прокладки выполняются"}$$

Расчет фланцев на статическую прочность

Расчетный изгибающий момент, действующий на приварной встык фланец при затяжке:

$$M_M := C_F \cdot P_{6M} \cdot b \quad M_M = 1.266 \times 10^7 \text{ Н} \cdot \text{мм} \quad (121)$$

Расчетный изгибающий момент, действующий на фланец в рабочих условиях:

$$M_P := C_F \cdot \max(P_{6P} \cdot b + (Q_d + Q_{FM}) \cdot e, Q_d + Q_{FM} \cdot e) \quad (122)$$

$$M_P = 1.281 \times 10^7 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Расчетные напряжения во фланце при затяжке

Меридиональное изгибное напряжение во втулке приварного встык фланца

$c_0 := 1$ мм прибавка на коррозию

D.пр приведенный диаметр фланца:

$S_0 := 85$ Ширина фланца, мм

$h := 50$ Толщина фланца, вместе с ответной частью, мм

$$D_{\text{пр}} := D + S_0 = 485 \text{ мм} \quad (123)$$

$$\sigma_{0M} := \frac{M_M}{\lambda \cdot (S_0 - c_0)^2 \cdot D_{\text{пр}}} \quad (124)$$

$$\sigma_{0M} = 5.507 \text{ МПа}$$

Напряжение в тарелке приварного встык фланца или плоского в условиях затяжки

Радиальное напряжение:

$$\sigma_{RM} := \frac{1.33 \cdot \beta_F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_M \quad \sigma_{RM} = 28.823 \text{ МПа} \quad (125)$$

Окружное напряжение:

$$\sigma_{TM} := \frac{\beta_Y \cdot M_M}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{RM} \quad \sigma_{TM} = -15.891 \text{ МПа} \quad (126)$$

Расчетные напряжения во фланце в рабочих условиях

Меридиональные изгибные напряжения для приварных встык фланцев с прямой втулкой и плоских фланцев:

$$\sigma_{0p} := \frac{M_p}{\lambda \cdot (S_0 - c_0)^2 \cdot D_{\text{пр}}} \quad \sigma_{0p} = 5.574 \text{ МПа} \quad (127)$$

Максимальные меридиональные мембранные напряжения во втулке приварного встык фланца:

$$\sigma_{0mp} := \max \left[\frac{Q_d + F + \frac{4M}{D_{сп}}}{\pi(D + S_0) \cdot (S_0 - c_0)}, \frac{Q_d + F - \frac{4M}{D_{сп}}}{\pi(D + S_0) \cdot (S_0 - c_0)} \right] \quad (128)$$

$$\sigma_{0mp} = 0.138 \text{ МПа}$$

Напряжения в тарелке приварного встык фланца или плоского фланца в рабочих условиях

Радиальное напряжение:

$$\sigma_{Rp} := \frac{1.33 \cdot \beta_F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_p \quad \sigma_{Rp} = 29.174 \text{ МПа} \quad (129)$$

Окружное напряжение:

$$\sigma_{Tp} := \frac{\beta_Y \cdot M_p}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{Rp} \quad \sigma_{Tp} = -16.085 \text{ МПа} \quad (130)$$

$\sigma_{20} := 153 \text{ МПа}$ Допускаемое напряжение для материала фланца при температуре испытаний

$\sigma_{20} := 196 \text{ МПа}$ Допускаемое напряжение для материала фланца при рабочей температуре

PR_1 := "Условия статической прочности при затяжке НЕ выполняются"

PR_2 := "Условия статической прочности в рабочих условиях НЕ выполняются"

PR_3 := "Условия статической прочности выполняются"

KT := 1.3 коэффициент, учитывающий стесненность температурных деформаций

$$Usl_3 := \begin{cases} PR_1 & \text{if } \max(\sigma_{0m} + \sigma_{Rm}, \sigma_{0m} + \sigma_{Tm}) > KT \cdot \sigma_{20} \\ PR_2 & \text{if } \max(\sigma_{0p} - \sigma_{0mp} + \sigma_{Tp}, \sigma_{0p} - \sigma_{0mp} + \sigma_{Rp}, \sigma_{0p} + \sigma_{0mp}) > KT \cdot \sigma_d \\ PR_3 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Usl_3 = "Условия статической прочности выполняются"

Проверка углов поворота фланцев

Угол поворота плоского приварного встык фланца фланца:

$$\Theta := M_P \cdot Y_{\phi} \cdot \frac{E_{20}}{E} \quad \Theta = 2.097 \times 10^{-4} \quad (131)$$

Допустимый угол поворота плоского фланца:

$$\Theta_d := 0.013$$

$$Usl_P := \begin{cases} \text{"Условие при испытаниях НЕ выполняется"} & \text{if } \Theta > 1.3 \cdot \Theta_d \\ \text{"Условие в рабочих условиях НЕ выполняется"} & \text{if } \Theta > \Theta_d \\ \text{"Условие поворота плоского фланца выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Usl_P = \text{"Условие поворота плоского фланца выполняется"}$$

4.2.6 Расчет опорной обечайки

Установка химических аппаратов на фундаменты или специальные несущие конструкции осуществляется большей частью с помощью опор. Для установки данного вертикального аппарата используем цилиндрическую опору.

Расчет веса всего аппарата в рабочем состоянии

$D := 8000$ мм внутренний диаметр цилиндрической обечайки

$D_{н.к} := D + 2s_{.1}$ наружный диаметр цилиндрической обечайки

$D_{к} := 8000$ м внутренний диаметр конической обечайки

$D_{н.к} := D_{к} + 2s_{.1}$ наружный диаметр цилиндрической обечайки

$H := 8000$ мм высота цилиндрической обечайки

$H_{к} := 5100$ мм высота конической обечайки

$\rho = 7.87 \times 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ плотность стали

Определяем массу всего аппарата

1) Масса цилиндрической обечайки, кг:

$$M_{\text{цилиндрич}} := \pi \cdot \left(\frac{D_{н.к}^2 - D^2}{4} \right) \cdot \rho \cdot H \cdot 10^{-9} \quad (132)$$

$$M_{\text{цилиндрич}} = 1.902 \times 10^4 \text{ кг}$$

2) Масса конической обечайки, кг:

$$M_{\text{кон}} := \frac{1}{3} \pi \cdot \left(\frac{D_{н.к}^2 - D_{к}^2}{4} \right) \cdot (\rho \cdot H_{к} \cdot 10^{-9}) = 4.041 \times 10^3 \quad (133)$$

3) Масса днища и крышки, в соответствии с ГОСТ 6533-78, кг:

$$M_{\text{днища}} := 619.5 \text{ кг}$$

$$M_{\text{крышки}} := 2000 \text{ кг}$$

4) Масса штуцеров и фланцев, кг:

Общая масса всех штуцеров и фланцев, кг:

$$M_{\text{общ.штуцер}} := 47.5 \cdot 5 = 237.5 \text{ кг} \quad (134)$$

4) Масса люк-лазов, кг:

$$M_{\text{люков}} := 141 \cdot 2 = 282 \text{ кг} \quad (135)$$

5) Масса воды в аппарате при гидравлических испытаниях:

$$\begin{aligned} \rho_{\text{в}} &:= 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad \text{Плотность воды} \\ V_{\text{апп}} &:= 408 \text{ м}^3 \\ M_{\text{воды}} &:= V_{\text{апп}} \cdot \rho_{\text{в}} = 4.08 \times 10^5 \text{ кг} \end{aligned} \quad (136)$$

11) Общая масса аппарата, кг:

Примем, что масса вспомогательных устройств (мерительных приборов, стропильных устройств) составляет 10% от массы всей колонны без среды.

Общая масса крышки, днища и цилиндрической и конической обечаек, кг:

$$M_{\text{к.о.ш}} := M_{\text{крышки}} + M_{\text{общ.штуцер}} \quad (137)$$

$$M_{\text{обеч}} := M_{\text{цилиндрич}} + M_{\text{кон}} + M_{\text{днища}} + M_{\text{к.о.ш}} \quad (138)$$

$$M_{\text{обеч}} = 2.591 \times 10^4 \text{ кг}$$

Общая масса пустого аппарата, кг:

$$M_{\text{общая.пустого}} := 1.1 \cdot (M_{\text{обеч}}) + M_{\text{люков}} = 2.882 \times 10^4 \text{ кг} \quad (139)$$

Общая масса аппарата при гидравлических испытаниях, кг:

$$M_{\text{полн.аппарата}} := M_{\text{общая.пустого}} + M_{\text{воды}} = 4.368 \times 10^5 \quad \text{кг} \quad (140)$$

Вес аппарата, МН:

$$G_{\text{полн.аппарата}} := M_{\text{полн.аппарата}} \cdot 9.8 \cdot 10^{-6} = 4.281 \quad \text{МН} \quad (141)$$

$$G_{\text{пуст.аппарата}} := M_{\text{общая.пустого}} \cdot 9.8 \cdot 10^{-6} = 0.282 \quad \text{МН} \quad (142)$$

Тогда:

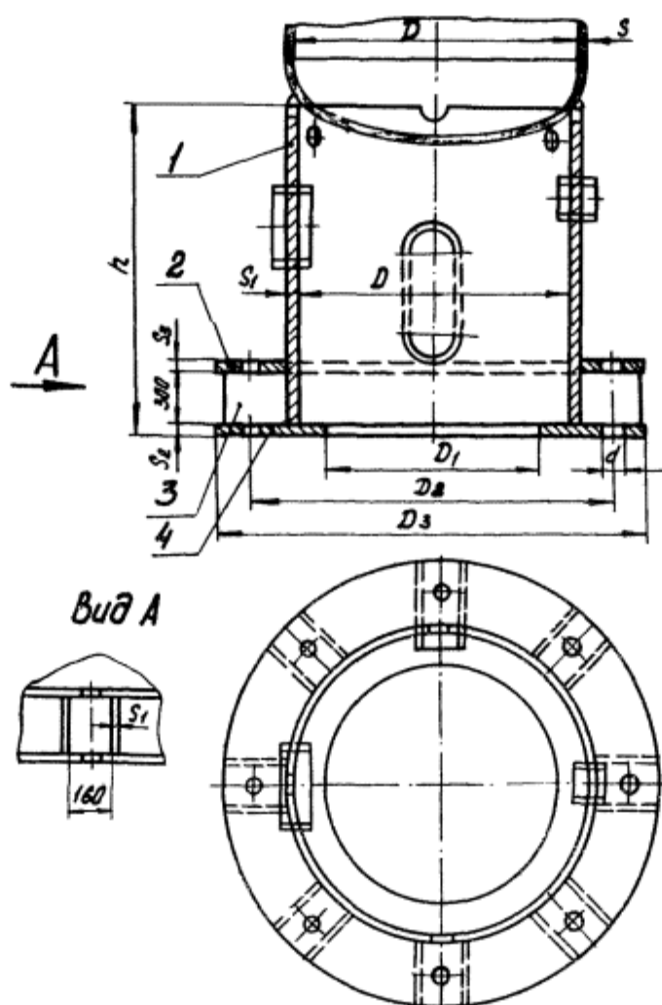
- максимальный вес аппарата $G_{\text{max}} := G_{\text{полн.аппарата}}$

- минимальный вес аппарата $G_{\text{min}} := G_{\text{пуст.аппарата}}$

В соответствии с таблицей 1, АТК 24.200.04-90 в качестве исполнительного типа опоры принимаем цилиндрическую опору тип 3, с кольцевым опорным поясом с максимальной приведенной нагрузкой до 16 МН

Тип 3

Опоры цилиндрические с кольцевым опорным поясом



1 - обечайка; 2 - кольцо верхнее; 3 - ребро; 4 - кольцо нижнее

Рисунок 9 – Опора цилиндрическая с кольцевым опорным поясом

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2К32	Яковенко Владиславу Александровичу

Институт	Электронного обучения	Кафедра	ОХХТ
Уровень образования	Бакалавриат	Специальность	«Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта
2. Разработка устава научно-технического проекта	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности исследования качества товарного сплава Доре..

Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):

1. SWOT анализ
2. Расчет себестоимости продукции
3. Расчет точки безубыточности
4. Расчет технико-экономических показателей

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Т.Г.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К32	Яковенко Владислав Александрович		

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Для анализа потребителей необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

В данной работе продуктом и целевым рынком являются:

продукт: золото;

целевой рынок: золотоперерабатывающие заводы.

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 2.

Таблица 7 –Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: 1.Систематическое повышение уровня квалификации. 2.Наличие квалифицированного персонала, имеющего опыт работы в данной области. 3.Наличие постоянных поставщиков. 4.Высокое качество продукции, соответствующее мировым стандартам.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: 1.Низкий уровень заработной платы для молодых специалистов. 2.Устаревшее оборудование. 3.Высокая степень износа оборудования. 4.Повышение цен у поставщиков. 5.Высокий уровень ценна выпускаемую продукцию.
Возможности: 1.Спрос на выпуск нефтепродуктов в	Сильные стороны и возможности:	Слабые стороны и возможности:

России, некоторых странах АТР достаточно высок и имеет устойчивую тенденцию к увеличению. 2.Высокое качество поставляемых ресурсов.	1.Эффективное использование ресурсов производства. 2.Оптимизация количества посредников за счет постоянных и проверенных поставщиков (пользоваться услугами постоянных поставщиков). 3.Поддержание увеличения спроса и выхода на новые рынки сбыта товара за счет высокого качества продукции.	1.Создание эффективной системы мотивации и стимулирования для сотрудников. 2.Наработка и укрепление конкурентных преимуществ продукта. 3.Модернизация оборудования. 4.Внедрение технологии 5. Выбор оптимального поставщика и заключение договорных отношений
Угрозы: 1.Увеличение уровня налогов. 2.Повышение требований к качеству продукции. 3.Несвоевременные поставки сырья и оборудования.	Сильные стороны и угрозы: 1.Применение оптимальной налоговой политики. 2.Внедрение менеджмента качества. 3.Выбор оптимального поставщика и заключение договорных отношений.	Слабые стороны и угрозы: 1.Повышение цен на выпускаемую продукцию. 2.Выбор оптимального поставщика и заключение договорных отношений.

5.1 Расчёт производственной мощности [22]

Под производственной мощностью химического предприятия (производства, цеха) понимается максимально возможный годовой выпуск готовой продукции в номенклатуре и ассортименте, предусмотренных на плановый период при наилучшем использовании производственного оборудования, площадей в результате внедрения инноваций или проведения организационно-технических мероприятий.

$$M = P_{\text{час}} \cdot T_{\text{эф}} \cdot K_{\text{об}},$$

$$M = 0.086925 \cdot 8400 \cdot 12 = 8692,5 \text{ унц. золота}, \quad (143)$$

где $P_{\text{час}}$ – часовая производительность оборудования в натуральных единицах;

$T_{\text{эф}}$ – эффективный фонд времени работы оборудования (час.);

$K_{\text{об}}$ – количество однотипного оборудования, установленного в цехе.

5.1.1 Эффективный фонд времени оборудования:

$$T_{\text{эфф}} = T_{\text{ном.}} - T_{\text{ППР}} - T_{\text{ТО}} \quad (144)$$

$$T_{\text{эф}} = 365 - 15 = 350 ,$$

где $T_{\text{ном.}}$ – номинальный фонд работы оборудования;

$T_{\text{ППР}}$ – время простоя в ремонтах за расчетный период (для расчета $T_{\text{ППР}}$ необходимо построить график ППР с указанием времени работы между ремонтами и временем простоя в ремонте);

$T_{\text{ТО}}$ – время технологических остановок.

$$T_{\text{ном}} = T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}, \quad (145)$$

$$T_{\text{ном}} = 365 - 0 - 0 = 365$$

где $T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Таблица 8 - Баланс рабочего времени оборудования

Показатели	Количество дней (часов)
Календарный фонд времени	365 (8760)
Режимные потери рабочего времени	
выходные	0
праздники	0
Номинальный фонд рабочего времени	365 (8760)
Простой оборудования в ремонтах	15 (360)
Эффективное время работы оборудования за год	350 (8400)

Для анализа использования оборудования рассчитываем экстенсивный и интенсивный коэффициенты.

Коэффициент экстенсивного использования оборудования равен:

$$K_{\text{экс}} = T_{\text{эф}}/T_{\text{н}}. \quad (146)$$

$$K_{\text{экс}}=8400/8760=0,959$$

Коэффициент интенсивного использования оборудования равен:

$$K_{\text{инт}} = Q_{\text{пп}}/Q_{\text{мах}} , \quad (147)$$

$$K_{\text{инт}}=8000/8409=0,96$$

где $Q_{\text{пп}}$ – производительность единицы оборудования в единицу времени;
 $Q_{\text{мах}}$ – максимальная производительность в единицу времени.

Интегральный коэффициент использования мощности:

$$K_{\text{им.}} = K_{\text{экс}} \cdot K_{\text{инт}} . \quad (148)$$

$$K_{\text{им}}=0,959 \cdot 0,96=0,92$$

Для определения фактического выпуска продукции рассчитывается производственная программа ($N_{\text{год}}$):

$$N_{\text{год}}= K_{\text{им}} \cdot M, \quad (149)$$

$$N_{\text{год}}=0,92 \cdot 8692,5=8000 \text{ унц.золота} ,$$

где $K_{\text{им}}$ – коэффициент использования мощности.

5.1.2 Расчет себестоимости готовой продукции по действующему производству [23].

Расчет годового фонда заработной платы цехового персонала

Расчет численности персонала:

- основных рабочих;
- вспомогательных рабочих;
- ИТР;
- служащих;
- МОП.

Таблица 9 - Расчет численности персонала основных рабочих

Категория персонала	Норма обслуживания	Число смен в сутки,	Число единиц оборудования.	Явочная численность,	Эффективное время рабочего.	Коэффициент перехода,	Списочная численность,
	Нобс	S	N	Няв	Тэфф	Кпер.	Нсп
Основные рабочие	2	3	1	2	1728	2,52	6
Вспомогательные рабочие	1,67	3	1	3	1728	1,68	9
Итого							15

Таблица 10 - Расчет численности ИТР, служащих и МОП

Наименование должности	Категория	Тарифный разряд	Число штатных единиц	Количество смен в сутках	Штатная численность
Начальник цеха	ИТР		1	1	1
Технолог	ИТР	10	1	1	1
Механик			1	1	1
Младший обслуживающий персонал	МОП		3	1	3
Водители на производстве и отгрузке			3	1	3
Итого			9		

Таблица 11 - Баланс эффективного времени одного среднесписочного работника

№	Показатели	Дни	Часы
1.	Календарный фонд рабочего времени	365	8760
2.	Нерабочие дни выходные праздничные	182	
3.	Номинальный фонд рабочего времени	183	4392
4.	Планируемые невыходы:		

	очередные и дополнительные отпуска невыходы по болезни или декретные отпуска отпуск в связи с учебной без отрыва от производства выполнение гос. обязанностей	28 7 15 1	
5	Эффективный фонд рабочего времени	132	3168

Таблица 12 - График сменности

Ном ер смен ы	Часы работ ы	Дни месяца															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0–8	А	А	А	А	В	В	В	В	С	С	С	С	Д	Д	Д	Д
2	8–16	С	Д	Д	Д	Д	А	А	А	А	В	В	В	В	С	С	С
3	16-24	В	В	С	С	С	С	Д	Д	Д	Д	А	А	А	А	В	В
Отдых		Д	С	В	В	А	Д	С	С	В	А	Д	Д	С	В	А	А

Расчет годового фонда зарплаты ИТР, служащих и МОП производится на основании их окладов согласно штатному расписанию.

Общий фонд заработной платы рабочих за год:

$$З_{год} = З_{осн} + З_{доп},$$

где $З_{осн}$ – основной фонд заработной платы рабочих, тыс. руб;

$З_{доп}$ – дополнительный фонд заработной платы рабочих, тыс. руб.

Основной фонд заработной платы для рабочих повременщиков:

$$З_{осн} = З_{тар} + Пр + Дн.вр + Дпр.дни + Дбриг,$$

где $З_{тар}$ – тарифный фонд заработной платы, тыс. руб;

Пр – оплата премий, тыс. руб;

Дн.вр – доплата за работу в ночное время, тыс. руб;

Дпр.дни – доплата за работу в праздничные дни, тыс. руб;

Дбриг – доплата не освобожденным бригадирам, тыс. руб.

Тарифный фонд заработной платы:

$$З_{\text{тар}} = \sum Ч_{\text{сп}} \cdot Т_{\text{ст}} \cdot Т_{\text{эф.раб}},$$

где $Ч_{\text{сп}}$ – списочная численность рабочих данного разряда, чел.;

$Т_{\text{сп}}$ – дневная тарифная ставка данного разряда, тыс. руб.

Размер премий принимаем равным 20–70 % от тарифного фонда заработной платы.

По отношению к тарифному фонду заработной платы доплата за праздничные дни составит 40 %.

Дополнительная зарплата (ЗДОП):

$$З_{\text{ДОП}} = (ДН * ЗОСН) / ТЭФФ,$$

где $ДН$ – количество дней невыхода на работу по планируемыми причинам (отпуск, ученические, гос.обязанности).

Районный коэффициент для г. Хабаровск – 1,3.

Отчисления на социальные нужды на зарплату – 30 % от (ЗОСН+ЗДОП).

5.1.3 Расчет затрат на производство продукции

Расчет годовой потребности в сырье и материалах.

Определение затрат на сырье и материалы производим исходя из принятого объема производства, удельных норм расхода сырья и материалов и планово-заготовительных цен.

Таблица 13 - Расчет годовой потребности в сырье и материалах

Год	Наименование сырья	Размерность	Количество оборотных средств на весь годовой выпуск, нат.ед.	Цена за единицу	Количество средств на единицу продукции	Цена за единицу продукции	Затраты на оборотные средства, тыс.руб
1 год	Сырье: Цианид натрия	Кг	30000	110	3,75	375	3300
	Смола	Кг	55000	2500	6,875	17187,5	137500
	Энергия: Электричество	кВт/час	140,24	3,05	0,00178	0,005429	378,379
	Итого					17562,505	141178,379

5.1.4 Расчет амортизационных отчислений

Для расчета амортизационных отчислений необходимо учесть:

- полную стоимость зданий;
- полную стоимость оборудования;
- нормы амортизационных отчислений.

Таблица 14 - Расчет амортизационных отчислений

Наименование основных средств	Количес тво, шт	Норма амортизации, %	1 год	
			С _{оф} , тыс.руб	АО, тыс.руб
1.Здание		15	12653	1898
2.Оборудован ие		15	19480	2922
2.1 Пачук сорбционного выщелачивани я	8	15	11200	1680
2.2 Пачук предварительн ого цианирования	4	15	4800	720
2.3 Напорные емкости	2	15	600	90
2.4 Вертикальный центробежный насос	5	15	2250	337,5
2.5 Горизонтальн ый центробежный насос	2	15	300	55
2.6 Вибрационны й грохот	1	15	70	10,5
2.7 Емкость для приема	1	15	300	45

обогащенной смолы				
2.8 Репульпатор	1	15	330	
Итого			32133	4820

Калькуляция себестоимости на производство и реализацию продукции при заданном объеме производства (Q)

Калькуляция себестоимости на производство и реализацию продукции при заданном объеме производства (Q=8000)

Таблица 16 – Калькуляция себестоимости

Статьи затрат	Затраты на единицу готовой продукции тыс. руб.	Затраты на весь объем тыс.руб
1.Сырье	17,56	140480
2.Электроэнергия на технолог. нужды	1	8000
3.Заработная плата производственных рабочих	0,46	3680
3.1 Отчисления на соц. нужды производственных рабочих (30%)	0,14	1120
Итого переменных издержек	19,16	153280
4.Общепроизводственные накладные расходы (4.1+4.2+4.3)	4,288	34304
4.1 Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования:	1,985	15880
-Амортизация оборудования	0,6	4820
-Ремонт оборудования;	0,12	992,5
-Заработная плата ремонтного персонала	1,06	8503,88
- отчисления на социальные нужды 30%	0,033	267,3
4.2 Заработная плата ИТР:	0,19	1553,3
-Заработная плата технолога с отчислениями;	0,04	388

-Заработная плата механика с отчислениями ;	0,04	388
-Заработная плата начальника цеха с отчислениями;	0,09	777,3
4.3 Годовой фонд заработной платы вспомогательных рабочих, с учетом численности персонала и отчислений	0,13	1040,14
Итого постоянных издержек	4,288	34304
Полная себестоимость	23,448	187584
Итого условно-переменные издержки	19,16	153280
Итого условно-постоянные издержки	4,288	34304

Определение цены готовой продукции

Цену продукта определяем по формуле:

$$Ц = C * (1 + P/100), \quad (150)$$

где С – полная себестоимость единицы готовой продукции;

Р – рентабельность продукции (20%).

$$Ц_{тек} = 23,488 * (1 + 20/100) = 28,1856 \text{ тыс.руб.}$$

Принимаем цену равную 30 т.р

Анализ безубыточности по действующему производству

Цель анализа – определение точки безубыточности, т.е. минимального объема продаж, начиная с которого предприятие не несет убытков. В точке безубыточности выручка от продажи продукции ($B_{пп}$) равна общим затратам на производство и реализацию продукции:

$$B_{пп} = Q * Ц = 225484,8 \text{ тыс. руб.} \quad (151)$$

5.1.5 Определение точки безубыточности

Аналитическим способом:

$$Q_{кр} = \frac{Изд_{пост}}{Ц - Изд_{пер}} = \frac{34304}{30 - 19,16} = 3164,575 \text{ унц./год.} \quad (152)$$

где $Ц_{гп}$ – цена единицы готовой продукции (1 унц.);

$Изд_{гп}$ – удельные переменные издержки (переменные издержки на единицу готовой продукции – 1 унц.).

$Q_{кр} = 3164,575$ унц. золота

Графическим способом:

Графически точка безубыточности определяется согласно рис. 9

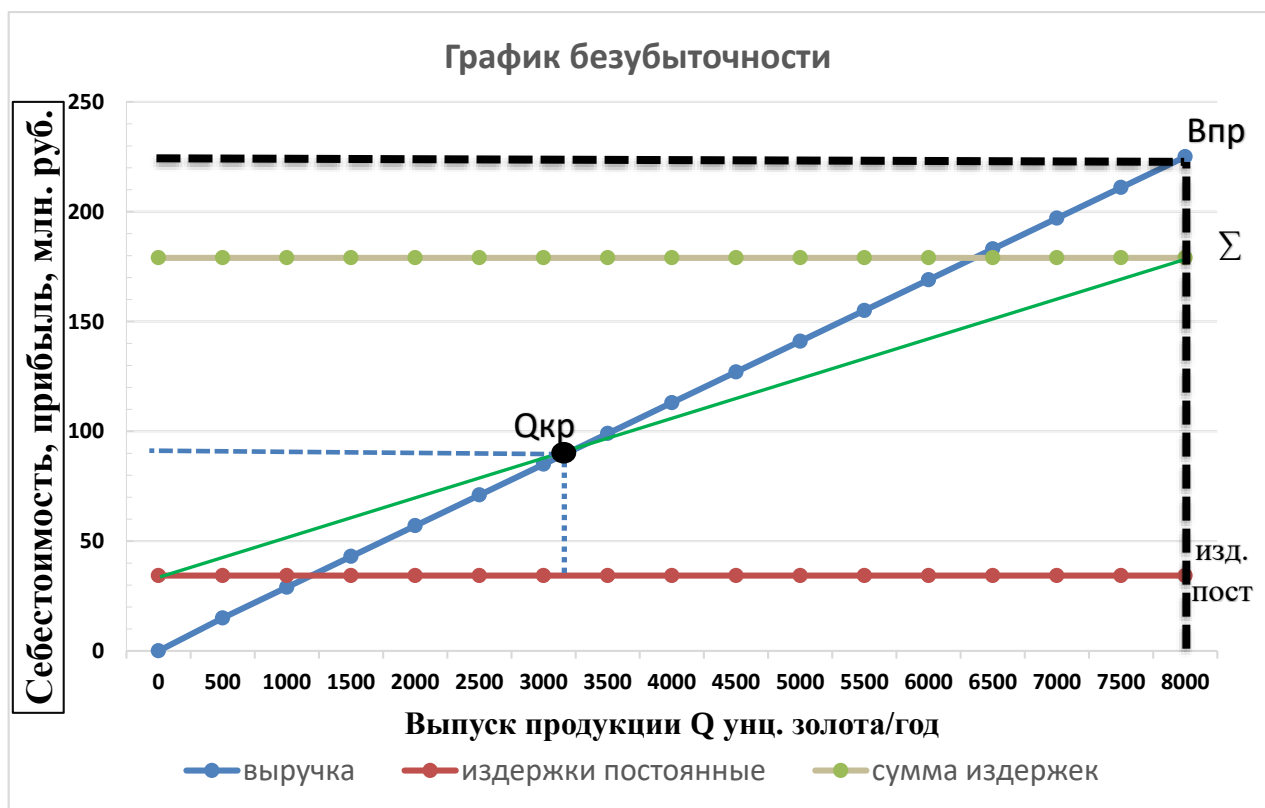


Рис 10 – График безубыточности

Определение технико-экономических показателей

Таблица 21 – Определение технико-экономических показателей

Наименование показателя	Единицы измерения	1 год
1.Объем производства	Унц.золота	8000
2.Объем продаж	Унц.золота	8000
3.Цена за единицу	Тыс. руб.	28,18
4.Выручка от продажи	Тыс. руб.	225484,8
5.Суммарные издержки	Тыс. руб.	187584
5.1.Издержки переменные	Тыс. руб.	153280
5.2.Издержки постоянные	Тыс. руб.	34304
6.Прибыль операционная	Тыс. руб.	72203,8
7.Налог на прибыль	Тыс. руб.	14440,76
8.Прибыль чистая	Тыс. руб.	57763,8
9.Себестоимость 1 унции золота	Тыс. руб.	23,48
10.Стоимость основных средств	Тыс. руб.	32133
11.Численность основных рабочих	Чел.	36
12.Фондовооруженность	Тыс. руб/чел.	892,58
13.Фондоотдача	Руб./руб	7,01
14.Фондоемкость	Руб./руб	0,14
15.Производительность труда	Тыс.руб./чел.	6263,4
16.Рентабельность производства	%	30,7
17.Рентабельность продаж	%	25,6
18.Критический объем продаж	Унц.золота	3164,575
19.Критический объем продаж	Тыс. руб	74304

Вывод: Экономический анализ показал, что использование каскада пачуков эффективнее, чем использование автоклавов на существующем производстве "Polymetal International", где используется метод автоклавного выщелачивания.

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФНО
2К32	Яковенко Владиславу Александровичу

Институт	ИФВТ	Кафедра	ОХХТ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	МАХП

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)	В рабочем цехе происходит процесс извлечения золота цианистыми растворами в пачуках цианирования. В ходе процесса факторов производственной среды, как: утечка вредных веществ, появление электромагнитного поля, вредных шумов. Также нельзя исключать проявления опасных факторов механического, термического, взрывного характера.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	Федеральный закон № 426-ФЗ от 28 декабря 2013 года «О специальной оценке условий труда» Федеральный закон №184-ФЗ «о техническом регулировании от 27 декабря 2002 года. Федеральный закон № 123-ФЗ от 22.07.2008 г (ред от 10.07 2012г) «Технический регламент о требованиях к пожарной безопасности»

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)	• Недостаточная освещенность – оснащение персонала личными фонариками; • Повышенная запыленность и вредные пары - в цехе предусматривается общеобменная принудительная вентиляция, применение респираторов ШБ 200 «Лепесток», респираторов «У2К» и «Противогазов промышленных фильтрующих. ТУ»; • Повышенный уровень шума – обеспечение рабочего персонала наушниками.
--	--

2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	• Повышенная температура поверхностей оборудования – использование изоляционного слоя, использование СИЗ (перчатки); • Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека – автоматическое отключение, установка плавких предохранителей; • Пожаровзрывобезопасность – пожарные щиты с набором инвентаря, ящики с песком;
3. Охрана окружающей среды: – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	На окружающую среду воздействуют вредные вещества: NaCN, HCN. Химическое загрязнение водотоков в результате отмыкания химических отходов в канализационную сеть. Необходимо осуществлять раздельный сбор и хранение отходов, подвергать их переработке, утилизации или захоронению.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	Наиболее типичная ЧС на объекте: пожаровзрывоопасность. Превентивные меры по предотвращению ЧС: Соблюдение техники безопасности. Оснащение производственных зданий и территории промплощадки первичными средствами пожаротушения и мероприятия по пожарной безопасности должны производиться в соответствии с «Приказ МЧС РФ от 18.06.2003 N 313 "Об утверждении Правил пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ 01-03)» Местоположение первичных средств пожаротушения и пожарного инвентаря должно быть согласовано с органами пожарного надзора.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	Принятая компоновка производственных помещений учитывает специфику технологического процесса, пожароопасные и токсические свойства участвующих в процессе веществ, а также необходимость создания нормальных условий труда для обслуживающего персонала.
Перечень графического материала:	

При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	
--	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	11.03.2017
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры	Раденков Тимофей Александрович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К32	Яковенко Владислав Александрович		

6 Охрана труда и охрана окружающей природной среды

6.1.1 Анализ опасностей и вредностей

В проектируемом цехе сорбционного выщелачивания золота из руд имеют место следующие опасности и вредности:

1. Опасность отравления вредными и химически токсичными веществами. К ним следует отнести цианид натрия и тиомочевину.

2. Опасность получения травм при механическом воздействии. Это автотранспорт и различные движущиеся механизмы, в том числе барабанные вращающиеся грохота, кран-балки и др.;

3. Опасность поражения электрическим током (электропроводка, электроприводы механизмов);

4. Опасность воздействия вибрации и различных шумов на производстве. К ним относятся компрессоры, насосы и др.;

5. Опасность возникновения пожара.

Помимо этого, на предприятии должны быть соблюдены санитарно-гигиенические нормы по метеоусловиям. Особое внимание следует уделить освещению, отоплению и вентиляции цеха [19].

6.1.2 Техника безопасности при работе с токсичными веществами

Работа с реагентами, а также их хранение производится строго при работе постоянной искусственной вентиляции. Это крайне необходимо для того, чтобы содержание вредных веществ в воздухе помещений было не выше ПДК. К вредным веществам следует отнести пары синильной кислоты, образующихся в результате ее гидролиза. Значение предельно допустимой концентрации для паров синильной кислоты составляет 0,3 мг/м³.

На предприятии предусматривается обязательный инструктаж по месту непосредственной работы. Автоматизация технологического процесса внедрена

чтобы не допустить взаимодействия рабочих с потенциально- и особо- опасными объектами производства. Все рабочие помещения оборудованы общеобменной и аварийной вентиляцией. Водяное орошение служит устранителем запыленности. По технике безопасности работа в цехе производится в спецодежде, спецобуви, перчатках и фартуках (по месту необходимости). Каждый рабочий, имеющий дело с реагентами, должен уметь оказывать первую помощь пострадавшему при отравлении цианидом или получении травмы.

Первая помощь при отравлении цианидами. Отравление цианистыми соединениями характеризуется определенными признаками.

Это ощущение боли в горле, жгучий горький вкус миндаля во рту, слюнотечение, онемение рта, мышечная слабость, тошнота, затруднение речи, появление учащенного дыхания. Затем общая слабость увеличивается, появляются боли и стеснение в области сердца, редкое и глубокое дыхание, сильная одышка, отдельные короткие вздохи, сопровождающиеся длительными выдохами, тошнота, рвота, расширение зрачков глаз.

При обнаружении первых симптомов отравления парами синильной кислоты пострадавшему немедленно дают вдыхать раствор 2-3 капель амилнитрита и выносят его на свежий воздух. В случае необходимости производят искусственное дыхание. Вдыхание амилнитрита повторяют через каждые 2-3 минуты, по 15-30 секунд.

Если раствор цианида или сухой цианид попал внутрь организма, пострадавшему дают на чайной ложке 0,4% - ный раствор перманганата калия или раствор перекиси водорода. Если яд проник в дыхательные пути, то пострадавшего немедленно выносят на свежий воздух и дают вдыхать амилнитрит.

Оказав первую помощь при отравлении, нужно немедленно вызвать врача или быстро доставить пострадавшего в медпункт.

Для оказания первой помощи при отравлении цианистыми соединениями на каждом рабочем месте должны находиться аптечки с противоядиями и медикаментами.

Первая помощь при попадании щелочей на кожу. Сухой каустик и его растворы при попадании на кожу вызывают химические ожоги. Если щелочь сразу быстро смыть большим количеством воды, то на коже может появиться лишь красные пятна. Попавшую на кожу щелочь необходимо обильно промыть водой и затем 5% - ным раствором уксусной кислоты [20].

Смертельная доза $\text{Ca}(\text{CN})_2$ -40 – 50г.

ПДК веществ: $\text{HCN}(\text{CH}_3)_2$ - 0,5 мг/м³, NaCN-0,3 мг/м³, KCN - 0,3 мг/м³.

Таблица 22 - Токсические концентрации HCN для человека, мг/л

[HCN],мг/л	Время пребывания и последствия
0,005-0,02	У отдельных рабочих головные боли
0,02-0,05	При длительном вдыхании головная боль, тошнота, рвота
0,05-0,06	Переносится 1 ч без немедленного действия
0,1	Опасна для жизни, смерть наступает в течении первого часа
0,12-0,15	Смерть после 30 мин – 1 ч
0,2	Смерть после 10 мин
0,3	В покое человек может выдержать без головокружения 2 мин
0,55	Без серьезных последствий можно выдержать 1 мин
3,6	При дыхании через противогаз можно выдержать 30 мин
7-12	При 5 минутном пребывании отравление через кожу.

Для защиты рабочего персонала от паров синильной кислоты в цехе применяются СИЗОД, в частности, противогаз ГП-5. Противогаз ГП-5 предназначен для защиты органов дыхания, глаз и лица человека от отравляющих веществ, радиоактивной пыли, биологических аэрозолей и других вредных примесей [5,7].

Противогаз ГП-5.

Комплект противогаза ГП-5 включает в себя фильтрующе-поглощающую коробку малых габаритных размеров; лицевую часть; сумку; незапотевающие

пленки; утеплительные манжеты. Шлем-маска противогаза изготавливается пяти ростов:0;1;2;3;4. Масса противогаза в комплекте составляет около 1 кг. Для предупреждения обледенения стекол очков, на них надевают утеплительные манжеты со вторым стеклом. С целью расширения возможностей противогазов по защите от СДЯВ для них введены дополнительные патроны (ДПГ-1; ДПГ-3).

ДПГ-3 в комплекте с противогазом защищает от таких вредных веществ, как аммиак, хлор, нитробензол, сероводород, сероуглерод, синильная кислота, фенол, фосген и др. ДПГ-1, кроме того, защищает еще от двуокиси азота, метана хлористого, окиси углерода и окиси этилена.

В комплект дополнительных патронов входят соединительная трубка и вставка. С лицевой частью противогаза патрон связан с помощью соединительной трубки, для чего на один из концов наворачивается горловина. В дне патрона нарезана внутренняя резьба для присоединения к фильтрующе-поглощающей коробке ГП-5. Внутри патрона ДПГ-1 два слоя шихты – специальный поглотитель и гопкалит. В ДПГ-3 – только один слой поглотителя [1,7].

6.1.3 Электробезопасность

В цехе сорбционного выщелачивания все части основного технологического оборудования в нормальном рабочем состоянии находятся под напряжением. Поэтому применение защитного заземления и отключения практически исключено. Оборудование, используемое в цехе, работает от напряжения 220 и 380 В, следовательно, оно относится к классу низковольтного оборудования (до 1000 В). Помещение цеха, в соответствии с ОСПУЭ - 82, относится к помещениям с повышенной опасностью [20].

Электрооборудование цеха состоит из приводов барабанных грохотов, кран-балки, концентрационного стола, приборов автоматического контроля, вентиляции и освещения.

Основные опасности, обусловленные электрическим током:

1. Опасность напряжения прикосновения - при прикосновении человека к неизолированным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением.

2. Опасность напряжения перехода - при прикосновении человека к нетокковедущим металлическим частям электроустановок, находящихся под напряжением.

3. Опасность токов короткого замыкания.

Для защиты от напряжения прикосновения используются малое напряжение (в переносных светильниках), изоляция токоведущих частей, предупредительная сигнализация.

Для защиты от напряжения перехода используется защитное заземление.

Для защиты от токов нагрузки используются автоматическое отключение, установка плавких предохранителей. При выполнении ремонтных работ производится отключение установки от источника питания, снятие предохранителей и другие мероприятия, обеспечивающие невозможность ошибочной подачи напряжения к месту работы, установку знаков безопасности и ограничений.

В зависимости от реакции организма на электрический ток различают несколько пороговых значений тока через тело человека. Электрический ток, вызывающий при прохождении через организм человека ощутимые раздражения, называются ощутимым током. Для постоянного тока эта величина составляет 5 - 7 мА.

Повышение силы тока через организм человека вызывает при определённых значениях судорожное сокращение мышц, которое невозможно преодолеть. Наименьшее значение этого тока называется пороговым неотпускающим током. При постоянном токе среднее значение пороговых неотпускающих токов равно 50 - 80 мА. В помещении цеха значение тока не превышает 30 мА.

Наименьший электрический ток, вызывающий фибрилляцию сердца, называется пороговым фибрилляционным током. Для постоянного тока он равен 300мА.

Материал полов должен не пропускать электрический ток, а также должен быть стойким к воздействию химических веществ, используемых в технологическом процессе. В данном случае предусмотрен пол из бетона [1].

6.1.4 Метеорологические условия производственной среды [21]

Метеорологические условия производственной среды складываются из температуры воздуха, его влажности и скорости движения, а также излучений от нагретых предметов. Метеорологические условия оказывают большое влияние на здоровье, самочувствие и работоспособность.

Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственного помещения приведены в таблице 23.

Таблица 23 - Оптимальные метеорологические условия в рабочей зоне

Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения
Теплый, > +10°С	22-25	60-30	0,2-0,5
Холодный, <+10°С	20-22	60-30	не более 0,2

Помещение цеха относится к помещениям с пониженным тепловыделением, физические работы относятся к работам средней тяжести.

Большие скорости движения воздушных потоков создают сквозняки, неблагоприятно действующие на организм человека при высоких, и особенно, при низких температурах [5].

6.1.5 Шум и вибрация

Шум и вибрация являются результатом колебания тел, передаваемого непосредственно или на расстояние другим объектам. Шум и вибрация различаются частотой колебаний в секунду. Если число колебаний в секунду не превышает 16, то они воспринимаются человеком как сотрясения и называются вибрацией. Частота колебаний от 16 до 20000 в секунду воспринимается органами слуха как шум, колебания с частотой свыше этого предела не ощущаются человеком, и называются ультразвуками.

Вибрация приводит к преждевременному износу деталей, механизмов, может вызвать аварию, вредно действует на сердечно-сосудистую и нервную системы организма, вызывает снижение слуха и даже стойкую глухоту, является причиной снижения работоспособности, ослабления памяти, внимания, остроты зрения, что увеличивает возможность травматизма.

Минимальная сила звука, которая воспринимается ухом человека, называется порогом слышимости. Силу звука, приводящую к болезненным ощущениям, называют болевым порогом. Между этими порогами лежит область слышимости. В пределах этой области силу звука измеряют децибелами (дБ). Если порог слышимости оценить в 0 дБ, то болевой порог характеризуется силой звука, равной 70 дБ.

Источниками шума в химической промышленности являются: компрессоры, насосы, движущиеся детали механизмов, вентиляционные системы и др., сила звука которых не превышает 70 дБ.

Прежде всего, стремятся устранить или уменьшить шум в источнике его образования. Агрегаты с повышенным уровнем шума и вибрации стараются размещать в отдельных изолированных помещениях. Стены покрывают звукопоглощающими материалами (акустической штукатуркой, перфорированными панелями, стекловолокном и др.) [5].

6.1.6 Производственное освещение

Естественное освещение создаётся в производственных помещениях через оконные и другие остеклённые проёмы. Искусственное освещение создаётся светильниками и может быть: общее, предназначенное для освещения всего рабочего помещения, местное, освещающее только рабочее место, и комбинированное, состоящее из общего и местного освещения [21].

Использовать только местное освещение не разрешается. Это вызвано тем, что резкая неравномерность освещённости на рабочем месте и в помещении снижает работоспособность зрения и вызывает его утомление.

Чтобы создать необходимые благоприятные условия для работы, степень освещённости в производственных помещениях нормируется, норма освещения составляет 300 лк.

Освещение должно быть равномерным, чтобы глазу не приходилось попадать из очень светлого места в тёмное и наоборот. Освещение должно быть устроено так, чтобы глаза рабочих были защищены от «ослеплённости» вследствие прямой или отражённой блескости. Это достигается правильным устройством осветительной арматуры, определённой высотой подвеса светильников и их рациональным размещением в помещении [1,5].

6.1.7 Производственная вентиляция

Вентиляция производственных помещений предназначена для обеспечения необходимой частоты воздуха путем подачи (приточная) чистого воздуха, а также для поддержания нормальной температуры воздуха в помещении. Вентиляция в цехе цианирования и сорбции приточно-вытяжная.

Для расчета вентиляции необходимо знать скорость отсасывания воздуха в рабочем проеме, диаметр проема, коэффициент отсоса. Скорость воздуха принимаем равной 1,5 м/с. Объем отсасываемого воздуха определим по формуле [1]:

$$V_B = \omega \cdot F_p \cdot 3600 \cdot K, \quad (153)$$

где V_B – объем отсасываемого воздуха, м³/ч;

ω - скорость воздуха, м/с;

F_p - рабочая площадь проема, м²;

K - коэффициент подсоса;

$$F_p = \pi d^2/4 = \pi \cdot 0,09^2/4 = 0,0064 \text{ м}^2$$

$$V_B = 1,5 \cdot 0,0064 \cdot 3600 \cdot 2 = 69,12 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Общеобъемную вентиляцию выбирают согласно СНиП – 3375 для вредных производств, с кратностью воздухообмена равной 5. Тогда расход воздуха на вентиляцию будет равен: $V = nV_B$, где n – кратность воздухообмена.
 $V = 69,12 \cdot 5 = 345,6 \text{ м}^3/\text{ч}$. [1,5].

6.1.8 Пожарная безопасность

В помещении, где выполняются производственные работы, существует опасность возникновения пожара из-за:

- 1) наличие деревянной мебели, деревянных оконных рам, дверей, а также книг и тетрадей;
- 2) присутствие кислорода в воздухе;
- 3) возможность появления импульса воспламенения - короткое замыкание, наличие горячих поверхностей и т.д.

Помещение должно быть оснащено средствами пожаротушения (огнетушителями ОП - 10, ОУ -5 для тушения электрооборудования), имеется пожарный щит, ящик с песком и система пожарного водоснабжения [5].

6.1.9 Охрана окружающей среды

Вопросы охраны окружающей среды отражены в Федеральном Законе об охране окружающей среды" от 10.01.2002 и в санитарных нормах СанПин 2.2.1/2.1.1.567-96 [6].

В данном производстве образуются жидкие и газообразные производственные выбросы.

Газообразные - это пары синильной кислоты. Мероприятия по очистке выбросов: выделение паров синильной кислоты с воздухом в атмосферу недопустимо, поэтому пары синильной кислоты пропускаются через раствор гидроксида натрия. ПДК на цианистые соединения в воздухе – 0,03 мг/м³.

Жидкие растворы, хвосты процесса обезвреживания с такими вредными химическими компонентами, как цианиды и т.д. Эти стоки могут загрязнять грунтовые и поверхностные воды, а за счет испарения — воздушную среду. Поэтому растворы не сливаются в окружающие водоёмы, а идут в специальное хвостохранилище.

По санитарным нормам СанПин 2.2.1/2.1.1.567-96 производственные выбросы подлежат очистке до допустимых ПДК перед тем, как сбросить в окружающую среду [6].

6.1.10 Правовые и организационные вопросы безопасности труда

За состоянием безопасности труда установлены строгие государственный, ведомственный и общественный надзор и контроль. Государственный надзор осуществляют специальные государственные органы и инспекции, которые в своей деятельности не зависят от администрации контролируемых предприятий. Это Прокуратура РФ, Федеральный горный и промышленный надзор России, Федеральный надзор России по ядерной и радиационной безопасности, Государственный энергетический надзор РФ, Государственный комитет санитарно-эпидемиологического надзора РФ (Госкомсанэпиднадзор России), Федеральная инспекция труда при Министерстве труда РФ (Рострудинспекция); Министерство РФ по атомной энергии.

Общий надзор за выполнением рассматриваемых законов возложен на Генерального прокурора РФ и местные органы прокуратуры. Надзор за соблюдением законодательства по безопасности труда возложен также на профсоюзы РФ, которые осуществляют контроль за обеспечением безопасности на производстве через техническую инспекцию труда.

Контроль за состоянием условий труда на предприятиях осуществляют специально созданные службы охраны труда совместно с комитетом профсоюзов. Контроль за состоянием условий труда заключается в проверке состояния производственных условий для работающих, выявлении отклонений от требований безопасности, законодательства о труде, стандартов, правил и норм охраны труда, постановлений, директивных документов, а также проверке выполнения службами, подразделениями и отдельными группами своих обязанностей в области охраны труда. Этот контроль осуществляют должностные лица и специалисты, утвержденные приказом по административному подразделению. Ответственность за безопасность труда в целом по предприятию несут директор и главный инженер.

Ведомственные службы охраны труда совместно с комитетами профсоюзов разрабатывают инструкции по безопасности труда для различных профессий с учетом специфики работы, а также проводят инструктажи и обучение всех работающих правилам безопасной работы. Различают следующие виды инструктажа: вводный, первичный на рабочем месте, повторный внеплановый и текущий.

Первичный инструктаж на рабочем месте проводит непосредственный руководитель работ перед допуском к работе. Этот вид инструктажа должен сопровождаться показом безопасных приемов работ.

Повторный инструктаж на рабочем месте проводят с работниками независимо от их квалификации, стажа и оплаты работы не реже чем раз в шесть месяцев. Цель этого инструктажа - восстановить в памяти рабочего инструкции по охране труда, а также разобрать конкретные нарушения из практики предприятия.

Внеплановый инструктаж на рабочем месте проводят в случае изменения правил по охране труда, технологического процесса, нарушения работниками правил техники безопасности, при несчастном случае, при перерывах в работе - для работ, к которым предъявляются дополнительные требования безопасности труда, - более чем на 30 календарных дней, для остальных работ - 60 дней.

Текущий инструктаж проводят для работников, которым оформляют наряд-допуск на определенные виды работ.

Результаты всех видов инструктажа заносят в специальные журналы. За нарушение всех видов законодательства по безопасности жизнедеятельности предусматривается следующая ответственность:

1. Дисциплинарная, которую накладывает на нарушителя вышестоящее административное лицо (замечание, выговор, перевод на нижеоплачиваемую должность на определенный срок или понижение в должности, увольнение);
2. Административная (подвергаются работники административно-управленческого аппарата; выражается в виде предупреждения, общественного порицания или штрафа);

3. Уголовная (за нарушения, повлекшие за собой несчастные случаи или другие тяжелые последствия);

4. Материальная, которую в соответствии с действующим законодательством несет предприятие в целом (штрафы, выплаты потерпевшим в результате несчастных случаев и др.) или виновные должностные лица этого предприятия.

Заключение

Были проведены технологический, конструктивный и механический расчеты аппарата.

В ходе технологического расчета были определены основные геометрические параметры.

В механическом расчете, был произведен расчет толщин стенок, расчет необходимости укрепления отверстий, расчет фланцевого соединения, расчет несущей способности обечайки от воздействия опорных нагрузок и выполнен подбор стандартной опоры.

В разделе «Социальная ответственность» рассмотрены вопросы пожарной и электробезопасности. Проведен анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.

В разделе «Финансовый менеджмент» рассмотрена экономическая часть проекта. Проведен анализ безубыточности, аналитическим и графическим способом.

Список используемой литературы

1. Чугаев Л.В. Металлургия благородных металлов - М.: Metallurgy, 1987. – 432 с.
2. Меретуков М.А. Золото: химия, минерология, металлургия - М.: Metallurgy, 2008. – 460 с.
3. Андреев Ю.В. Металлургия благородных металлов (конспект лекций) - Спб.: Metallurgy, 2011. – 79 с.
4. Замятин О.В., Лопатин А. Г. Обогащение золотосодержащих песков и конгломератов - М.: Metallurgy, 1975. – 262 с.
5. Кетляр Ю А, Меретуков М.А., Стрижко Л.С. Металлургия благородных металлов - М.: Metallurgy, 2005. – 400 с.
6. Зеликман А.Н., Вольдман Г. М., Белявская Л. В. Теория гидрометаллургических процессов - М.: Metallurgy, 2003. – 464 с.
7. Минеев Г.Г. Биометаллургия золота - М.: Metallurgy, 1989. – 232 с.
8. Вязельщиков В.П. Парицкий З.Н. Справочник по обработке золотосодержащих руд и россыпей - М.: Metallurgy, 1963. – 650 с.
9. Барченков В.В. Основы сорбционных технологий извлечения золота и серебра из руд - М.: Metallurgy, 1982. – 130 с.
10. Шиврин, Г. Н. Технологические расчеты процессов и оборудования золотоизвлекательных заводов : учебное пособие / Г. Н. Шиврин, В. С. Стрижко; Красноярский институт цветных металлов им. М. И. Калинина. — Красноярск: 1976. — 92 с.
11. ГОСТ Р 52857.1-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования.»
12. ГОСТ Р 52857.2-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек.»
13. АТК 24.218.06-90 «Штуцера для сосудов и аппаратов стальные сварные»
14. ГОСТ Р 52857.3-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и внешнем давлениях, расчет на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер.»

15. ГОСТ 10704-91 «Трубы стальные электросварные прямошовные.
16. ГОСТ Р 52857.4-2007 «Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений.»
17. В.М.Беляев, В.М.Миронов В. В. Тихонов. Конструирование и расчёт элементов оборудования отрасли. Часть I. Аппараты с механическими перемешивающими. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 95 с.
18. М. Ф. Михалев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко, В. В. Зобнин. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи: Учебное пособие для студентов втузов. – ООО ТИД «АРИС», 2013. – 312 с
19. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. – М.: Изд- во Юрайт, 2013. – 671с. 22. ГОСТ 12.1. 045 – 84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
20. ГОСТ 17.1.3.06 – 82. Охрана природы. Гидросфера. Общие требо – вания к охране подземных вод.
21. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. 123 – ФЗ. 2013. 24.СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. М.: Минздрав России, 1997.
22. Бизнес-план. Методические материалы. Изд.-3 – М.: Финансы и статистика, 2001.– 208 с.
23. Станиславчик Е.Н. Финансовый анализ инвестиционного 89 проекта– М.: Ось-98, 2000.– 96 с. 27. Экономика и управление производством, расчет экономического эффекта дипломного проекта. Методические указания к выполнению экономической части дипломного проекта для студентов ИПР заочной форм обучения. Рыжакина Т.Г. 2011 г.