

РЕФЕРАТ

Дипломная работа 116 страниц, 3 рисунка, 21 таблица, 28 источников, 9 листов графического материала.

Ключевые слова: теплообменник, поверхность теплообмена, трубная решетка, трубы, механическая прочность, механическая устойчивость, тепловой расчет, сера, серная кислота

Объектом исследования является контактно-компрессорное отделение по производству серной кислоты мощностью 500000 т/год

Цель работы — подбор и проведение поверочного расчета основного технологического оборудования при увеличении производительности на 10%.

В результате расчетов установлено, что при росте планов на переработку серной кислоты на 10% подобранный кожухотрубчатый теплообменный аппарат сохраняет механическую прочность и обеспечивает бесперебойное течение процесса. Также были рассмотрены следующие вопросы: описание ныне действующей технологической схемы и принцип работы кожухотрубчатого теплообменника с компенсатором на кожухе. В разделе «социальная ответственность» описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования), отбор законодательных и нормативных документов по теме, анализ выявленных опасных и вредных факторов проектируемой производственной среды, охрана окружающей среды, правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. Разработаны мероприятия по ведению безопасного технологического процесса. В разделе «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» произведен расчет и сравнительный анализ себестоимости до и после повышения производительности получаемого продукта.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ТЕХНИКО - ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ	5
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕРАБОТКИ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ	6
2.1 Свойства серной кислоты	6
2.2 Технические требования на серную кислоту.....	7
2.3 Порядок приёма и отгрузки серной кислоты.....	8
2.4 Требования безопасности	9
3 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР	9
3.1 Охлаждение серной кислоты.....	9
3.2 Факторы, влияющие на эффективность теплообмена	10
3.3 Теплообменники	12
3.4 Виды теплообменников по способу передачи тепла	13
4 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ	14
5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	14
5.1 Описание технологического процесса и технологической схемы	14
5.1.1 Описание технологического процесса	14
5.1.2 Описание технологической схемы. Окисление диоксида серы(SO_2) в триоксид серы(SO_3)	15
5.2 Исходные данные к проектируемой установке	19
5.2.1 Характеристика исходного сырья, реагентов, продукции.....	19
6 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННИКА ДЛЯ ПОДОГРЕВА ГАЗА SO_2 И ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА SO_3	22
7 КОНСТРУКТИВНЫЙ РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННИКА [с.23,6]	32
7.1 Определение толщин стенок	34
7.2 Расчет толщины стенок цилиндрической обечайки при рабочем давлении и в условиях испытания	35
7.3 Расчет толщины стенки плоского круглого днища при	36
7.4 Расчет толщины стенки стандартной конической крышки при рабочем давлении и в условиях испытания	38
7.5 Расчет на соединение конической обечайки с укрепляющим кольцом [7]	40
8 МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННИКА [С.25,6]	42
8.1 Расчет толщины трубной решетки.....	46
8.2 Расчет диаметров патрубков для газа и конденсата	49
8.3 Определение толщины тепловой изоляции [с.177,5].....	52

9 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ	53
10 АВТОМАТИЗАЦИЯ И КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА	56
10.1 Методы контроля и метрологическое обеспечение производства	56
10.2 Перечень приборов автоматического контроля, регулирования, сигнализации и блокировок	58
11 ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ	64
12 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	78
12.1. Производственная безопасность	79
12.2 Экологическая безопасность	84
12.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	87
12.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	93
13 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	95
13.1 Расчет материальных затрат	97
13. 2 Расчет количества и стоимости электроэнергии на производственные нужды	97
13.3 Расчет стоимости основных фондов и амортизационных отчислений	99
13.4 Организация и планирование труда и заработной платы	100
13.5 Расчет себестоимости	105
13.6 Расчет цены продукта	107
13.7 Анализ безубыточности	108
13.8 Анализ экономической эффективности применения новой технологии в процессе приготовления сырьевой смеси	110
13.9 Техничко-экономические показатели проекта	112
14 ЗАКЛЮЧЕНИЕ	114
15 СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	115

ВВЕДЕНИЕ

Алмалыкский горно-металлургический комбинат – это крупнейшее в Узбекистане промышленное предприятие, которое не только производит самую различную продукцию, но и является своеобразным полигоном для освоения современного высокопроизводительного оборудования и новых технологических процессов.

В нашей дипломной работе мы рассматриваем контактно-компрессорное отделение по производству серной кислоты

В процессе переработки серной кислоты, которая обладает высокой химической активностью, относится к сильным электролитам, непосредственно реагирует с металлами и аммиаком, с ценным продуктом так же образуются соли. При воздействии на соли она вытесняет также сильные, но не летучие кислоты. Наличие данных веществ значительно затрудняют транспортировку, хранение и переработку серной кислоты, приводят в негодность трубопроводы и аппаратуру и вызывают дополнительные материальные затраты.

Выбор оборудования, которым снабжен цех по переработке серной кислоты, определяется физико-химическими свойствами подготавливаемого сырья и материалов.

При росте планов на переработку серной кислоты и, соответственно, росте объемов производства серной кислоты возрастает нагрузка на оборудование переработки серной кислоты.

По отделению СК-3 сернокислотного цеха план перерабатываемой серной кислоты на конец 2015 года превышает заложенную в проекте максимально ожидаемую производительность на 10%.

В связи с этим возникает необходимость произвести технологический, механический и экономический расчёт основного оборудования на предмет повышения производительности.

1 ТЕХНИКО - ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

В существующих экономических условиях, в которых находится Республика Узбекистан, переработка серной кислоты является одной из перспективных отраслей промышленности.

В узбекской серно-кислотной промышленности на данный момент Алмалыкский горно-металлургический комбинат – единственное крупнейшее предприятие.

Алмалыкский горно-металлургический комбинат (АГМК) закончил разработку предварительного технико-экономического обоснования проекта по строительству нового сернокислотного цеха на медеплавильном заводе общей стоимостью \$46 млн. Реализация данного проекта, позволила увеличить мощность данного производства в 2,8 раза до 500 тысяч тонн серной кислоты в год.

При росте планов на переработку серной кислоты и, соответственно, росте объемов производства серной кислоты так же возрастает нагрузка на оборудование по подготовке сырья и материалов. Поэтому проблема, являющейся темой данной выпускной квалифицированной работы, — выяснение возможности использования эксплуатируемого оборудования во все возрастающих объемах производства – является актуально и жизненно необходимой.

По отделению СК-3 сернокислотного цеха план перерабатываемой серной кислоты на конец 2015 года превышает заложенную в проекте максимально ожидаемую производительность на 10%.

В производстве используются следующие виды оборудования:

- нагнетатель сборный
- теплообменники
- насосы
- бункеры
- фильтр – брызгоулавливатель

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЕРЕРАБОТКИ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

2.1 Свойства серной кислоты

Серная кислота представляет собой химическое соединение серного ангидрида с водой. Её химическая формула H_2SO_4 , молекулярный вес 98,08 г/моль. Безводная серная кислота по внешнему виду представляет собой бесцветную прозрачную маслянистую жидкость, плотность при температуре 20⁰С равна 1,8305 т/м³. Температура кристаллизации безводной серной кислоты равна 10,45⁰С. При температуре 296,2⁰С безводная серная кислота начинает кипеть с разложением до образования смеси, содержащей 98,3% H_2SO_4 и 1,7% воды и кипящей при температуре 336,5⁰С.

Серная кислота смешивается во всех отношениях с водой, образуя растворы различной концентрации и способна при определенных условиях растворять в себе неограниченное количество триоксида серы. Растворение кислоты в воде, и воды в кислоте, происходит с большим выделением тепла.

В зависимости от концентрации SO_3 находятся все свойства серной кислоты: плотность, температура кипения и кристаллизации, упругость и состав паров, вязкость, удельная теплоёмкость и электропроводность, коррозионная способность и др.

Товарные сорта серной кислоты представляют собой растворы серной кислоты в воде.

Серная кислота обладает высокой химической активностью, относится к сильным электролитам, непосредственно реагирует с металлами и аммиаком, образуя соли, при воздействии на соли она вытесняет также сильные, но не летучие кислоты. Серная кислота хорошо соединяется с водой и является в ряде процессов катализатором.

Серная кислота находит применение во многих отраслях народного хозяйства:

- в производстве азотной, соляной и плавиковой кислот;
- сернокислых солей меди, цинка, магния, железа;
- в производстве взрывчатых веществ, киноплёнки, в нефтяной, коксохимической, металлургической, гидролизной, текстильной, кожевенной, пищевой, промышленности, в производстве аккумуляторов, искусственного и синтетического волокна и других отраслях.

Наиболее крупным потребителем серной кислоты является промышленность по производству минеральных удобрений.

Из отделения СК-3 серная кислота отгружается главным образом на ОАО «Аммофос», где используется для производства экстракционной фосфорной кислоты.

2.2 Технические требования на серную кислоту

Отделение СК-3 выпускает серную кислоту в соответствии с требованиями ГОСТ 2184-77 с изм. 1,2,3,4, согласно которому она должна соответствовать следующим показателям, изложенным в таблице 1.

Таблица 1

Наименование показателя	Норма			
	Улучшенная	Техническая		Башенная
		1 сорт	2 сорт	
1	2	3	4	5
Массовая доля моногидрата (H ₂ SO ₄), %	92,5÷94,0	Не менее 92,5		Не менее 75,0
Массовая доля железа (Fe),% не более	0,006	0,02		0,05
Массовая доля остатка после прокаливания, % не более	0,02	0,05	Не нормируется	0,3
Массовая доля окислов азота (N ₂ O ₃),% не более	0,00005	Не нормируется		0,05
Массовая доля мышьяка(As), % не более	0,00008	Не нормируется		
Массовая доля свинца (Pb),% не более	0,001	Не нормируется		
Массовая доля хлористых соединений (Cl), % не более	0,0001	Не нормируется		

Цвет в 1 см ³ раствора сравнения, не более	1	Не нормируется
Прозрачность	Прозрачная без разбавления	Не нормируется
Массовая доля нитросоединений, % не более	Не нормируется	

2.3 Порядок приёма и отгрузки серной кислоты

Серная кислота принимается партиями. Партией считают количество продукта, однородного по своим качественным показателям, сопровождаемого одним документом о качестве. При отгрузке продукции в цистернах или контейнерах за партию принимается не более 10 цистерн или контейнеров, а для контактной улучшенной кислоты и улучшенного олеума – не более одной цистерны или одного контейнера. Размер партии при отгрузке продукции в бочках – не более 20 °С . При транспортировке серной кислоты по трубопроводу партией считают сменную выработку.

Документ о качестве должен содержать:

- наименование предприятия-изготовителя и (или) его товарный знак;
- наименование продукта, его вид, марку и сорт;
- обозначение настоящего стандарта;
- номер партии;
- номер цистерны, контейнера;
- дату отгрузки;
- массу нетто;
- результаты анализа или подтверждение о соответствии качества продукта требованием настоящего стандарта;
- подпись или штамп службы технического контроля.

Допускается готовой продукцией считать серную кислоту, залитую в ёмкость на складе и принятую в установленном порядке службой технического контроля предприятия-изготовителя.

Допускается результаты анализов серной кислоты, находящейся в ёмкости на складе изготовителя, распространять на все формируемые из неё партии.

При получении неудовлетворительных результатов анализа хотя бы по одному из показателей проводят повторный анализ на удвоенном количестве проб, взятых из той же партии (для цистерн, контейнеров, резервуаров) или на удвоенной выборке (для бочек). Результаты повторного анализа распространяются на всю партию.

2.4 Требования безопасности

Серная кислота пожаро и взрывобезопасна, пары токсичны, предельно допустимая доля паров серной кислоты в воздухе рабочей зоны 1 mg/m^3 .

При попадании на кожу человека серная кислота вызывает ссыльные, долго не заживающие ожоги, а при попадании в глаза – возможна потеря зрения.

При работе с серной кислотой необходимо одевать очки, резиновые перчатки, спецодежду и противогаз марки «БКФ» или «В».

3 АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

3.1 Охлаждение серной кислоты

Теплообменник — устройство, в котором осуществляется теплообмен между двумя теплоносителями, имеющими различные температуры.

Охлаждение серной кислоты производится обычно в горизонтальных холодильниках, собранных из труб на фланцевых соединениях.

Для *охлаждения серной кислоты* применяют также теплообменники со змеевиками из стальных труб с термореактивной наплавкой свинца на их

наружную поверхность, холодильники блочного типа из пропитанного графита и др. В частности, ребристый теплообменник погружного типа имеет сравнительно небольшие габариты, но большую поверхность теплообмена, что достигается за счет развитой поверхности ребер графитового блока (длина ребер 1600 мм, ширина 45 мм. Теплообменники такой конструкции просты в изготовлении и эксплуатации. С внешней стороны ребра аппарата омываются кислотой, в которую погружен теплообменник. Через ребра и стенки каналов происходит теплообмен. Отдельные элементы аппарата стягиваются шпильками внутри блока и склеиваются на замазке арзамит. Элементы из графита пропитываются специальными составами для обеспечения его непроницаемости.

Для *охлаждения серной кислоты* применяется также холодильник, имеющий изогнутые трубы без каких-либо соединений на поворотах. Конструкция такого холодильника общей поверхностью 1380 м² показана на фиг. Этот холодильник имеет меньшее гидравлическое сопротивление (со стороны кислоты), чем вышерассмотренный, но недостатком его конструкции является трудность очистки внутренней поверхности труб. Следует считать недостаточно обоснованным и большое число рядов труб по глубине пучка, так как последние ряды работают неинтенсивно.

3.2 Факторы, влияющие на эффективность теплообмена

Процесс теплообмена между жидкостью и стенкой, которую эта жидкость омывает, называется конвективным теплообменом, или процессом теплоотдачи. Процесс теплоотдачи предполагает, что теплота передается одновременно путем теплопроводности и конвекции, и поэтому такой вид теплообмена представляет собой сложный процесс, зависящий от большего числа факторов по сравнению с процессом чистой теплопроводности.

Конвективный теплообмен характерен для большинства процессов тепловой обработки строительных материалов и изделий, связанных с про-

хождением газов через слой материала, через садку изделий, над уровнями жидкостей при сушке и т. д.

Факторы, влияющие на процесс теплоотдачи, условно можно разделить на следующие группы.

I. Природа возникновения движения жидкости вдоль стенки. В зависимости от причины, вызывающей движение жидкости, различают два вида движения - свободное и вынужденное. Свободное движение, называемое иначе естественной конвекцией, вызывается подъемной силой, обусловленной разностью плотностей холодных и нагретых частиц жидкости. Интенсивность свободного движения зависит от вида жидкости, разности температур между отдельными ее частицами и объема пространства, в котором протекает процесс.

Вынужденное движение жидкости, или вынужденная конвекция, обусловлено работой внешних агрегатов (насоса, вентилятора и т. п.). Движущая сила при этом виде движения возникает вследствие разности давлений, устанавливающихся на входе и выходе из канала, по которому перемещается жидкость. Если скорость вынужденного движения небольшая и есть разница температур между отдельными частицами жидкости, то наряду с вынужденным движением может наблюдаться и свободное движение.

II. Режим движения жидкости. Движение жидкости может иметь ламинарный или турбулентный характер. В первом случае частицы жидкости в форме отдельных несмешивающихся струй следуют очертаниям канала или стенки и профиль скоростей на достаточном удалении от начала трубы имеет вид правильной параболы. Подобное распределение установившихся скоростей обуславливается наличием сил внутреннего трения (вязкости) между частицами жидкости. При этом максимальная скорость движения частиц жидкости, перемещающейся по оси трубы, в 2 раза больше средней скорости их движения, получаемой в результате деления секундного объема жидкости на площадь поперечного сечения трубы.

3.3 Теплообменники

По принципу действия теплообменники подразделяются на рекуператоры и регенераторы. В рекуператорах движущиеся теплоносители разделены стенкой. К этому типу относится большинство теплообменников различных конструкций. В регенеративных теплообменниках горячий и холодный теплоносители контактируют с одной и той же поверхностью поочередно. Теплота накапливается в стенке при контакте с горячим теплоносителем и отдаётся при контакте с холодным, как, например, в кауперах доменных печей. Теплообменники применяются в технологических процессах нефтеперерабатывающей, нефтехимической, химической, атомной, холодильной, газовой и других отраслях промышленности, в энергетике и коммунальном хозяйстве. От условий применения зависит конструкция теплообменника. Существуют аппараты, в которых одновременно с теплообменом протекают и смежные процессы, такие как фазовые превращения, например, конденсация, испарение, смешение. Такие аппараты имеют свои наименования: конденсаторы, испарители, градирни, конденсаторы смешения. В зависимости от направления движения теплоносителей рекуперативные теплообменники могут быть прямоточными при параллельном движении в одном направлении, противоточными при параллельном встречном движении, а также при взаимно поперечном движении двух взаимодействующих сред.

В соответствии со своим функциональным назначением, теплообменники бывают следующих видов:

- подогреватели;
- холодильники;
- испарители;
- конденсаторы;
- дисляторы;
- сублиматоры;
- плавители и т.п.

В соответствии с типом конструкции, теплообменники бывают следующих видов:

- нагревающие/охлаждающие рубашки, оснащенные мешалкой;
- трубчатые (в т.ч. кожухотрубные);
- теплообменники типа «труба в трубе»;
- спиральные;
- пластинчатые;
- пластинчато-ребристые;
- блочные графитовые;
- воздушные охладители с ребристыми трубами;
- оросительные;
- башенные.

3.4 Виды теплообменников по способу передачи тепла

В соответствии со способом передачи тепла теплообменные аппараты могут быть:

- поверхностными;
- смесительными.

Поверхностные теплообменники передают тепло посредством разделительных твердых стенок. Смесительные теплообменники передают тепло посредством непосредственного контакта холодных и горячих сред (т.е. смешения).

Поверхностные аппараты подразделяются на следующие виды:

- рекуперативные;
- регенеративные.

Рекуперативные теплообменники передают тепло посредством разделяющей стены со специальной теплообменной поверхностью (или нагревательной поверхностью). Регенеративные теплообменники также оснащены нагрева-

ющейся стенкой, но процесс передачи тепла отличается от рекуперативного теплообменника. В аппаратах данного типа оба теплоносителя по очереди контактируют с одной и той же стенкой, которая аккумулирует тепло по мере прохождения горячего потока и отдает тепло при прохождении холодного потока. Регенераторы способны функционировать только в периодическом режиме. Рекуператоры способны работать в обоих режимах: непрерывном и периодическом.

4 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В серно – кислотном цехе контактно – компрессорного отделения применяется вертикальный теплообменный аппарат с компенсатором на кожухе. Для теплообменника данной конструкции характерно высокая производительность и удобство в эксплуатации

При росте планов на переработку серной кислоты и, соответственно, росте объемов производства серной кислоты возрастает нагрузка на оборудование по подготовке сырья.

Поэтому проблема, являющейся темой данной выпускной квалифицированной работы, - выяснение возможности использования эксплуатируемого оборудования во все возрастающих объемах производства - является актуально и жизненно необходимой.

По отделению СК-3 сернокислотного цеха план перерабатываемой серной кислоты на конец 2015 года превышает заложенную в проекте максимально ожидаемую производительность на 10%.

5. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

5.1 Описание технологического процесса и технологической схемы

5.1.1 Описание технологического процесса

Процесс получения серной кислоты состоит из следующих технологических операций (стадий):

- промывка и очистка поступающих сернистых газов от пыли и вредных примесей;

- осушка газов;
- окисление сернистого ангидрида в серный;
- абсорбция серного ангидрида;
- складирование и экспедиция серной кислоты.

5.1.2 Описание технологической схемы. Окисление диоксида серы(SO₂) в триоксид серы(SO₃)

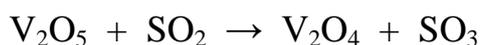
Процесс окисления диоксида серы до триоксида производится в пяти-слойном контактном аппарате (поз.306). в центре аппарата расположена опорная труба. По высоте аппарата слои разделены выпуклыми перегородками. Между корпусом и опорной трубой смонтированы радиальные балки, на которые укладываются колосниковые решетки. На колосниковых решетках натянута стальная сетка, на которую уложена контактная масса. Снаружи контактный аппарат теплоизолирован минераловатными матами и алюминиевыми листами , с целью уменьшения потерь тепла в окружающую среду.

Окисление диоксида серы (SO₂) до триоксида (SO₃) происходит в присутствии ванадиевого катализатора по реакции:



Активным компонентом ванадиевых контактных масс является пентооксид ванадия V₂O₅ . Чистый пентооксид ванадия обладает слабой каталитической активностью, резко возрастающей в присутствии щелочных металлов.

Механизм реакции окисления может быть представлен в виде



Важным показателем качества контактной массы является температура зажигания, при которой начинается быстрый разогрев контактной массы. Температура зажигания зависит от качества катализатора и от состава газовой смеси

С течением времени активность контактной массы снижается, а одним из факторов сохранения активности контактной массы в течении продолжительного времени является температурный режим в контактном аппарате.

Одним из основных показателей работы контактного узла является степень превращения – отношение количества окисленного SO_2 к количеству его в исходной газовой смеси. Степень превращения зависит от активности катализатора, состава газовой смеси, продолжительности соприкосновения газа с катализатором, давления и температурного режима.

Процесс окисления SO_2 в SO_3 происходит по схеме одинарного контактирования, в пятислойном контактном аппарате, но аппаратное оформление и схема обвязки аппарата предусматривает возможность переключения на схему с двойным контактированием.

Перемещение очищенной и осушенной газовой смеси осуществляется с помощью нагнетателя типа 2900-11-1 (поз.301), объёмная подача которого $180000 \text{ м}^3/\text{ч}$ и общий напор $35,0 \text{ кПа}$. В отделении установлены 2 нагнетателя – предусмотрена возможность обкатки на воздухе одного из нагнетателей при работе другого на газе, для чего в схеме имеется воздушная «свеча».

Количество газовой смеси регулируется с помощью дроссельной заслонки с электроприводом, установленной на всасывающем газоходе. После нагнетателя(поз. 301) газовая смесь проходит через фильтр-брызгоуловитель (поз.302) с фильтрующим слоем из колец «Рашига» $50 \times 50 \times 5$. Здесь происходит очистка газа от небольшого количества брызг серной кислоты, образовавшихся в результате укрупнения части тумана и сепарации паров серной кислоты на быстродействующих частях нагнетателя.

При нормальном технологическом режиме промывного отделения и сушильной башни количество конденсата, удаляемого из фильтра-

брызгоуловителя (поз.302) не должно превышать 5÷8 литров в сутки. Большее количество конденсата свидетельствует от отклонении режима работы промывного отделения и сушильной баш-ни от нормального. Газовая смесь после фильтра-брызгоуловителя (поз.302) нагревается от температуры 50÷75⁰С до 390÷440⁰С за счет тепла прореагированного газа в трубном пространстве теплообменника (поз.308) в межтрубном пространстве теплообменников (поз.309, 310, 307, 305) и направляется на первый слой контактного аппарата.

На первом слое окисляется до 75 % от общего количества SO₂, поступающего на контактный аппарат. В результате чего температура газа возрастает до 550÷600⁰С.

После первого слоя газ поступает в трубное пространство теплообменника (поз.305), где охлаждается до температуры 450÷490⁰С и направляется на второй слой контактного аппарата. Здесь окисляется не менее 90 % от общего количества SO₂, поступающего на контактный аппарат. При этом температура возрастает до 510÷550⁰С.

После второго слоя газ, пройдя межтрубное пространство теплообменника (поз. 307) и охладившись до температуры 420÷440⁰С, направляется на третий слой контактного аппарата, где окисляется не менее 96 % от общего количества SO₂, поступающего на контактный аппарат. Температура при этом повышается до 420÷440⁰С.

После третьего слоя, газ, пройдя межтрубное пространство теплообменника (поз. 308) и охладившись до температуры 410÷430⁰С, направляется на четвертый слой контактного аппарата, где окисляется не менее 97 % от общего количества SO₂, поступающего на контактный аппарат и направляется на пятый слой контактного аппарата, где температура газа повышается до 427÷437⁰С. общая степень контактирования составляет не менее 98,0 %.

После пятого слоя газ охлаждается в трубном пространстве теплообменников (поз.309, 310) до температуры $170\div 200^{\circ}\text{C}$ и направляется в ангидридный холодильник (поз.303).

Регулирование температуры газа по слоям контактного аппарата производится с помощью дросселей, установленных на байпасных линиях теплообменников. Управление работой дросселей осуществляется дистанционно с помощью пневмопривода.

Высота и масса контактной массы по слоям контактного аппарата:

1 слой - 500 mm - 48 t, в том числе: 280 mm - 28 t СВД(КД)

120 mm - 11 t СВД(КД)

100 mm - 9 t СВС-5;

2 слой - 500 mm - 48,4 t, в том числе: 300 mm - 30,4 t СВД(КД), СВНТ

100 mm - 9 t СВД(КД)

100 mm - 9 t СВС-5;

3 слой - 500 mm - 46,8 t, в том числе: 120 mm - 12,0 t СВД(КД) прос.

280 mm - 25,8 t СВД(КД)

100 mm - 9 t СВС-5;

4 слой - 300 mm - 28,0 t, в том числе: 100 mm - 10,0 t СВД(КД) прос.

100 mm - 9 t СВД(КД)

100 mm - 9 t СВС-5;

5 слой - 300 mm - 29,2 t, в том числе: 200 mm - 20,0 t ИК-1-6, СВНТ,

100 mm - 9,2 t СВС-5.

Общий вес контактной массы 200,5 тонн.

Для разогрева контактного узла при пусках, когда еще отсутствует тепло реакции и продувки горячим воздухом перед остановками предусмотрена пусковая установка, которая состоит из газифицированной топки (поз.314) и двух пусковых подогревателей (поз.312, 313).

Разогрев газа и воздуха осуществляется топочными газами путем сжигания природного газа в топке. Горячий воздух подается на первый, третий и четвертый слои контактного аппарата. По мере снижения степени конверсии (окисления) контактная масса выгружается и заменяется новой. Выгрузка контактной массы производится с помощью водокольцевого вакуум-насоса типа ВВН-50М (поз.318), который всасывающим шлангом засасывает контактную массу в циклон-отделитель (поз.313). Крупные гранулы отделяются от потока и пересыпаются в бункер (поз.316), откуда очищенный воздух выбрасывается в атмосферу, а пыль поступает в бункер (поз.317) и далее в бункер (поз.319).

5.2 Исходные данные к проектируемой установке

5.2.1 Характеристика исходного сырья, реагентов, продукции

Таблица 2

Физико-химические свойства серной кислоты

Показатели	Ед.изм.	Серная кислота, массовая доля моногидрата, %	
		92,5	94,0
Плотность при температуре 20 ⁰ С	г/см ³	1,824	1,8312
Температура кристаллизации	⁰ С	-25,6	-30,8
Температура кипения	⁰ С	274,7	291,4
Удельная теплоёмкость	ккал/кг ⁰ С	0,3771	0,3672
Удельная электропроводимость при температуре 18 ⁰ С	см/м	0,1102	0,1071
Состав насыщенного пара:			
-массовая доля воды	%	17,2	28,0
-массовая доля моногидрата серной кислоты	%	87,3	72,0
Вязкость динамическая при температуре	Па·с	23,5·10 ⁻³	23,2·10 ⁻³

20⁰С

Таблица 3

Характеристика сырья и основных технологических материалов

№ п/п	Наименование сырья, топлива и основных технологических материалов, НД	Технические требования и показатели, обязательные для проверки перед использованием их в производстве	Показатели пожароопасности, взрывоопасности, токсичности	Примечание
1.	Газы технологические	Смесь газов печи КФП и конвертеров: SO ₂ , % - 6÷9 пыль, г/м ³ - 0,5÷1,45 температура, °С - 200÷300 Конвертерные газы: SO ₂ , % - 2,5÷5,0 пыль, г/м ³ - 0,5÷1,45 температура, °С - 150÷250	Токсичен, ПДК SO ₂ - 10 мг/м ³ SO ₃ - 1 мг/м ³ Взрывобезопасны.	Газы содержат примеси фтора, мышьяка, селена, серного ангидрида, влаги и др.
2.	Природный газ Газлинского месторождения ГОСТ 5542	CH ₄ , % - 94,67 CO ₂ , % - 0,4 C ₂ H ₆ , % - 3,06 C ₃ H ₈ , % - 0,63 C ₄ H ₁₀ , % - 0,08 В цехе не анализируется. O ₂ – отсутствует. Теплотворная способность – 8329 ккал/м ³	Взрывоопасен. Пределы взрываемости: нижний – 3,8% верхний – 15,7% Категория А.	Для пусковых подогревателей при пуске и остановке контактных узлов продолжительностью более 24 часов.
3.	Природный газ Шуртанского месторождения	CH ₄ , % - 94,75 CO ₂ , % - 0,4 C ₂ H ₆ , % - 2,2 C ₃ H ₈ , % - 0,45 C ₄ H ₁₀ , % - 0,13 C ₅ H ₁₂ , % - 0,07 C ₆ H ₁₄ , % - 0,14 H ₂ S, % - 0,06 Теплотворная способность – 8100 ккал/м ³	Взрывоопасен. Пределы взрываемости: нижний – 3,8% верхний – 15,7% Категория А.	Для пусковых подогревателей при пуске и остановке контактных узлов продолжительностью более 24 часов.
4.	Катализатор ванадиевый ИК-1-6	Массовая доля V ₂ O ₅ , % - не менее 7,5 Массовая доля K ₂ O, % - не менее 12,0 Массовая доля Na ₂ O, % - не менее 3,0 Насыпная плотность 0,6÷0,75 г/см ³ Гранулы: диаметр - 4,5÷5,5 мм длина - 10÷15 мм Каталитическая активность в	Токсичен. ПДК : - по пыли - 0,5 мг/м ³ Взрывобезопасен. Категория Г.	Для загрузки в контактные аппараты. Качество катализатора гарантирует завод-изготовитель

		стандартных условиях: - при температуре 485 ⁰ С – 84% - при температуре 420 ⁰ С – 50%		
5.	Катализатор ванадиевый СВД, гранулированный	Массовая доля V ₂ O ₅ , % - не менее 6,0 Влага, % – не более 12,0 Насыпная плотность 0,69 г/см ³ Механическая прочность - 30÷40 кДж/см ³ Гранулы: диаметр - 4,0÷6,0 мм длина - 10÷15 мм Каталитическая активность в стандартных условиях: - при температуре 485 ⁰ С – 86%	Токсичен. ПДК : - по пыли - 0,9 мг/м ³ Взрывобезопасен. Категория Г.	Для загрузки в контактные аппараты. Качество катализатора гарантирует завод-изготовитель
6.	Катализатор СВС	Массовая доля V ₂ O ₅ , % - не менее 7,5 Влага, % – не более 4,0 Насыпная плотность 0,6÷0,7 г/см ³ Механическая прочность - 3÷6 кг/см ³ Гранулы: диаметр - 4,0÷5,0 мм длина - 10÷15 мм кольца 8x8x2,5 мм Каталитическая активность в стандартных условиях: - при температуре 485 ⁰ С – 84% - при температуре 420 ⁰ С – 45%	Токсичен. ПДК : - по пыли - 0,5 мг/м ³ Взрывобезопасен. Категория Г.	Для загрузки в контактные аппараты. Качество катализатора гарантирует завод-изготовитель
7.	Катализатор СВНТ (КД)	Массовая доля V ₂ O ₅ , % - не менее 7,5 Влага, % – не более 4,0 Насыпная плотность 0,6÷0,75 г/см ³ Механическая прочность - 3÷6 кг/см ³ Гранулы: диаметр - 4,5÷5,5 мм длина - 10÷15 мм кольца 8x8x2,5 мм Каталитическая активность в стандартных условиях: - при температуре 485 ⁰ С – 86% - при температуре 420 ⁰ С – 50%	Токсичен. ПДК : - по пыли - 0,5 мг/м ³ Взрывобезопасен. Категория Г.	Для загрузки в контактные аппараты. Качество катализатора гарантирует завод-изготовитель
8.	Породы карбонат-	Активные СаО+MgO, % - не	Токсична.	Для нейтрализации кис-

	ные обожженные дробленые, негашеные. Технические условия. KSt 64-00193950-134:2006	менее 60,0		лых стоков.
9.	Сода кальцинированная. ГОСТ 5100-85	Na ₂ CO ₃ в прокаленном виде – 99 %. В цехе не анализируется.	Токсична.	Для нейтрализации кислотных стоков. Качество гарантирует завод –изготовитель
10.	Вода свежая техническая первого цикла (артезианская)	Жесткость, моль/кг - не более 10,0 Температура – не более 25 ⁰ С Давление – не менее 2,5 кДж/см ² В цехе анализируется периодически.	Не токсична. Взрывобезопасна.	Для технологических нужд.
11.	Вода обратная (оборотный цикл)	Жесткость, моль/кг - не более 15,0 рН – 6,5÷8,5 Сухой остаток – 675 мг/дм ³ Температура – не более 25 ⁰ С Давление – не менее 2,5 кДж/см ² В цехе анализируется периодически.	Не токсична. Взрывобезопасна.	Для охлаждения кислоты в холодильниках.

6 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННИКА ДЛЯ ПОДОГРЕВА ГАЗА SO₂ И ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА SO₃

Исходные данные:

С индексом 1 примем значения SO₂ и с индексом 2 примем SO₃

Межтрубное пространство:

SO₂

В межтрубном пространстве у нас идет не чистый газ диоксида серы а смесь газов (обжиговый газ) со следующими соотношениями:

$$x_{1N2} := 0.687$$

массовая доля азота

$$x_{1O2} := 0.152$$

массовая доля кислорода

$$x_{1\text{CO}_2} := 0.065$$

массовая доля углекислого газа

$$x_{1\text{SO}_2} := 0.096$$

массовая доля диоксида серы

Температура

$$t_{1\text{H}} := 130 \text{ } ^\circ\text{C}$$

на входе в межтрубное пространство

$$t_{1\text{K}} := 200 \text{ } ^\circ\text{C}$$

на выходе из межтрубного пространства

Средняя температура смеси газов с SO_2 :

$$t_{\text{cp}} := \frac{t_{1\text{H}} + t_{1\text{K}}}{2} = 165 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Объемный расход:

$$V_1 := 90 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

6.1 Трубное пространство

SO_3

В трубном пространстве у нас также не чистый серный ангидрид, а смесь газов со следующими соотношениями:

$$x_{2\text{N}_2} := 0.744$$

массовая доля азота

$$x_{2\text{O}_2} := 0.082$$

массовая доля кислорода

$$x_{2\text{CO}_2} := 0.07$$

массовая доля углекислого газа

$$x_{2\text{SO}_3} := 0.082$$

массовая доля серного ангидрида

$$x_{2\text{SO}_2} := 0.022$$

массовая доля диоксида серы

$$t_{2\text{H}} := 420 \text{ } ^\circ\text{C}$$

максимальная температура на входе в трубное пространство

$$200 \text{ } ^\circ\text{C}$$

<-----

$$130 \text{ } ^\circ\text{C}$$

межтрубное пространство

$$420 \text{ } ^\circ\text{C}$$

----->

$$x \text{ } ^\circ\text{C}$$

трубное пространство

$$\Delta t_{\text{M}} := t_{2\text{H}} - t_{1\text{K}} = 220 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{б}} := t_{2\text{H}} - t_{1\text{H}} = 290 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Средняя разность температур:

$$\Delta t_{\text{cp}} := \frac{\Delta t_{\text{б}} - \Delta t_{\text{M}}}{2.3 \cdot \log \left(\frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{M}}} \right)} = 253.675 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Средняя температура смеси газов:

$$t_{1\text{cp}} := \frac{t_{1\text{K}} + t_{1\text{H}}}{2} = 165 \text{ } ^\circ\text{C}$$

6.2 Объемный расход:

$$V_2 := 90 \frac{\text{M}^3}{\text{c}}$$

Физико-химические характеристики для каждого компонента смеси газов:

6.3 Плотность, :

$$\rho_{1N_2} := 2.25 \text{ кг/м}^3$$

плотность азота

[с.275,1]

$$\rho_{1O_2} := 1.47 \text{ кг/м}^3$$

плотность кислорода

[с.274,1]

$$\rho_{1CO_2} := 1.98 \text{ кг/м}^3$$

плотность углекислого газа

[с.299,1]

$$\rho_{1SO_3} := 1.92 \text{ кг/м}^3$$

плотность серного ангидрида

[с.79,2]

$$\rho_{1SO_2} := 2.63 \text{ кг/м}^3$$

плотность диоксида серы

[с.69,2]

Плотность для смеси газов в межтрубном пространстве (SO₂) умножаем на 5, вследствие возможного наличия механической пыли:

$$\rho_1 := 5 \left(\rho_{1N_2} \cdot x_{1N_2} + \rho_{1O_2} \cdot x_{1O_2} + \rho_{1CO_2} \cdot x_{1CO_2} + \rho_{1SO_2} \cdot x_{1SO_2} \right) \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_1 = 10.752$$

Плотность для смеси газов в трубном пространстве (SO₃) умножаем на 5, вследствие возможного наличия механической пыли:

$$\rho_2 := 5 \left(\rho_{1N_2} \cdot x_{2N_2} + \rho_{1O_2} \cdot x_{2O_2} + \rho_{1CO_2} \cdot x_{2CO_2} + \rho_{1SO_3} \cdot x_{2SO_3} + \rho_{1SO_2} \cdot x_{2SO_2} \right)$$

$$\rho_2 = 10.742 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

6.4 Коэффициент теплопроводности:

коэффициент теплопроводности азота

[с.275,1]

$$x := (300 \quad 500)^T$$

$$y := (0.0558 \quad 0.0642)^T \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

$$\lambda_{1N2} := \text{linterp}(x, y, t_{1cp}) = 0.05$$

$$\lambda_{2N2} := \text{linterp}(x, y, t_{2H}) = 0.061 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

коэффициент теплопроводности кислорода

[с.274,1]

$$x := (227 \quad 577)^T$$

$$y := (0.062 \quad 0.0704)^T \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

$$\lambda_{1O2} := \text{linterp}(x, y, t_{1cp}) = 0.061 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

$$\lambda_{2O2} := \text{linterp}(x, y, t_{2H}) = 0.067$$

коэффициент теплопроводности углекислого газа

[с.299,1]

$$x := (300 \quad 500)^T$$

$$y := (0.0549 \quad 0.0688)^T \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

$$\lambda_{1CO2} := \text{linterp}(x, y, t_{1cp}) = 0.046 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

$$\lambda_{2CO2} := \text{linterp}(x, y, t_{2H}) = 0.063$$

коэффициент теплопроводности серного ангидрида

[Расчетное значение]

$$\lambda_{2SO_3} := 0.036 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

коэффициент теплопроводности сернистого ангидрида

[с.503,3]

$$x := (227 \quad 527)^T$$

$$y := (0.0268 \quad 0.0373)^T \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

$$\lambda_{1SO_2} := \text{linterp}(x, y, t_{1cp}) = 0.025$$

$$\lambda_{2SO_2} := \text{linterp}(x, y, t_{2H}) = 0.034 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

коэффициент теплопроводности для смеси газов в межтрубном пространстве (SO2):

$$\lambda_1 := \lambda_{1N_2} \cdot x_{1N_2} + \lambda_{1O_2} \cdot x_{1O_2} + \lambda_{1CO_2} \cdot x_{1CO_2} + \lambda_{1SO_2} \cdot x_{1SO_2}$$

$$\lambda_1 = 0.049 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

коэффициент теплопроводности для смеси газов в трубном пространстве (SO3):

$$\lambda_2 := \lambda_{2N_2} \cdot x_{2N_2} + \lambda_{2O_2} \cdot x_{2O_2} + \lambda_{2CO_2} \cdot x_{2CO_2} + \lambda_{2SO_3} \cdot x_{2SO_3} + \lambda_{2SO_2} \cdot x_{2SO_2}$$

$$\lambda_2 = 0.059 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

6.5 Динамический коэффициент вязкости:

динамический коэффициент вязкости азота

[с.275,1]

$$\mu_{1N_2} := 0.000037 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{2N_2} := 0.000041 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

динамический коэффициент вязкости кислорода

[с.273,1]

$$\mu_{1O_2} := 0.000044 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{2O_2} := 0.00005 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

динамический коэффициент вязкости углекислого газа

[с.299,1]

$$\mu_{1CO_2} := 0.00004 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{2CO_2} := 0.000045 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

динамический коэффициент вязкости серного ангидрида

[Расчетное значение]

$$\mu_{1SO_3} := 0.000031 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{2SO_3} := 0.000036 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

динамический коэффициент вязкости диоксида серы

[с.1002,4]

$$\mu_{1SO_2} := 0.00003 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\mu_{2SO_2} := 0.000034 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Посчитаем динамический коэффициент вязкости для смеси газов в трубном и межтрубном пространствах:

Молярные массы компонентов газовой смеси:

$$M_{1N_2} := 28 \text{ кг/кмоль}$$

$$M_{1O_2} := 32 \text{ кг/кмоль}$$

$$M_{1CO_2} := 44 \text{ кг/кмоль}$$

$$M_{1SO_3} := 80 \text{ кг/кмоль}$$

$$M_{1SO_2} := 64 \text{ кг/кмоль}$$

$$M_1 := \frac{1}{\frac{x_{1N2}}{M_{1N2}} + \frac{x_{1O2}}{M_{1O2}} + \frac{x_{1CO2}}{M_{1CO2}} + \frac{x_{1SO2}}{M_{1SO2}}} = 30.995 \text{ кг/кмоль}$$

$$M_2 := \frac{1}{\frac{x_{2N2}}{M_{1N2}} + \frac{x_{2O2}}{M_{1O2}} + \frac{x_{2CO2}}{M_{1CO2}} + \frac{x_{2SO3}}{M_{1SO3}} + \frac{x_{2SO2}}{M_{1SO2}}} = 31.159 \text{ кг/кмоль}$$

$$\mu_1 := \frac{M_1}{\frac{x_{1N2} \cdot M_{1N2}}{\mu_{1N2}} + \frac{x_{1O2} \cdot M_{1O2}}{\mu_{1O2}} + \frac{x_{1CO2} \cdot M_{1CO2}}{\mu_{1CO2}} + \frac{x_{1SO2} \cdot M_{1SO2}}{\mu_{1SO2}}} = 3.263 \times 10^{-5}$$

Па · с

$$\mu_2 := \frac{M_2}{\frac{x_{2N2} \cdot M_{1N2}}{\mu_{2N2}} + \frac{x_{2O2} \cdot M_{1O2}}{\mu_{2O2}} + \frac{x_{2CO2} \cdot M_{1CO2}}{\mu_{2CO2}} + \frac{x_{2SO2} \cdot M_{1SO2}}{\mu_{2SO2}} + \frac{x_{2SO3} \cdot M_{1SO3}}{\mu_{2SO3}}} = 3.654 \times 10^{-5}$$

$$\mu_2 = 3.654 \times 10^{-5} \text{ Па · с}$$

$$\mu_2 = 3.654 \times 10^{-5} \text{ Па · с}$$

6.6 Теплоемкость:

теплоемкость азота

[с.275,1]

$$x := (300 \quad 500)^T$$

$$y := (2.415 \quad 2.661)^T \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$c_{1N2} := \text{linterp}(x, y, t_{1cp}) = 2.249$$

$$c_{2N2} := \text{linterp}(x, y, t_{2H}) = 2.563 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

теплоемкость кислорода

[с.274,1]

$$x := (300 \quad 500)^T$$

$$y := \begin{pmatrix} 2.354 & 2.582 \end{pmatrix}^T \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$c_{1\text{O}_2} := \text{linterp} (x, y, t_{1\text{cp}}) = 2.2$$

$$c_{2\text{O}_2} := \text{linterp} (x, y, t_{2\text{H}}) = 2.491 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

теплоемкость углекислого газа

[с.299,1]

$$x := \begin{pmatrix} 300 & 500 \end{pmatrix}^T$$

$$y := \begin{pmatrix} 2.255 & 2.325 \end{pmatrix}^T \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$c_{1\text{CO}_2} := \text{linterp} (x, y, t_{1\text{cp}}) = 2.208 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$c_{2\text{CO}_2} := \text{linterp} (x, y, t_{2\text{H}}) = 2.297$$

теплоемкость серного ангидрида

$$x := \begin{pmatrix} 327 & 527 \end{pmatrix}^T$$

$$y := \begin{pmatrix} 2.016 & 2.141 \end{pmatrix}^T \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$c_{1\text{SO}_3} := \text{linterp} (x, y, t_{1\text{cp}}) = 1.915 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$c_{2\text{SO}_3} := \text{linterp} (x, y, t_{2\text{H}}) = 2.074$$

теплонмкость диоксида серы

[с.766,4]

$$x := \begin{pmatrix} 327 & 527 \end{pmatrix}^T$$

$$y := \begin{pmatrix} 1.990 & 2.029 \end{pmatrix}^T \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$c_{1\text{SO}_2} := \text{linterp} (x, y, t_{1\text{cp}}) = 1.958 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$c_{2\text{SO}_2} := \text{linterp} (x, y, t_{2\text{H}}) = 2.008$$

Теплоемкость для смеси газов в межтрубном пространстве (SO₂), умножаем на 10, с учетом механической пыли:

$$c_1 := 10(c_{\text{IN}_2} \cdot x_{\text{IN}_2} + c_{\text{IO}_2} \cdot x_{\text{IO}_2} + c_{\text{ICO}_2} \cdot x_{\text{ICO}_2} + c_{\text{ISO}_2} \cdot x_{\text{ISO}_2})$$

$$c_1 = 22.11 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

Теплоемкость для смеси газов в трубном пространстве (SO₃), с учетом механической

пыли, умножаем на 10:

$$c_2 := 10(c_{\text{2N}_2} \cdot x_{\text{2N}_2} + c_{\text{2O}_2} \cdot x_{\text{2O}_2} + c_{\text{2CO}_2} \cdot x_{\text{2CO}_2} + c_{\text{2SO}_3} \cdot x_{\text{2SO}_3} + c_{\text{2SO}_2} \cdot x_{\text{2SO}_2}) \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$c_2 = 24.859$$

Исходя из заданного объемного расхода определим массовый расход газа:

$$G_1 := V_1 \cdot \rho_1 = 967.667 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$G_2 := V_2 \cdot \rho_2 = 966.798 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Определяем тепловую нагрузку аппарата:

$$Q_H := G_1 \cdot c_1 \cdot (t_{\text{1к}} - t_{\text{1н}}) = 1.498 \times 10^6 \quad \text{Вт}$$

Отрицательное значение тепловой нагрузки говорит о том, что тепло поглощается газом.

Потери:

$$Q_{\text{п}} := 0.05 \cdot Q_H = 7.488 \times 10^4 \quad \text{Вт}$$

Тепловая нагрузка с учетом потерь:

$$Q := Q_H + Q_{\text{п}} = 1.573 \times 10^6 \quad \text{Вт}$$

Определяем конечную температуру SO₃:

$$t_{\text{2к}} := t_{\text{2н}} + \frac{Q}{G_2 \cdot c_2} = 485.43 \quad \text{°C}$$

Определим ориентировочную поверхность теплообмена:

- ориентировочное значение коэффициента теплопередачи от газа к газу [с.47,табл 2.1,5]

$$K := 2 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

$$F_{оп} := \frac{|Q|}{K \cdot \Delta t_{cp}} = 3.099 \times 10^3 \text{ м}^2$$

7 КОНСТРУКТИВНЫЙ РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННИКА [с.23,6]

Определим площадь проходного сечения трубок, приняв скорость движения газа из интервала 10-30 м/с:

$$\omega := 14 \text{ м/с}$$

$$f := \frac{G_2}{\rho_2 \cdot \omega} = 6.429 \text{ м}^2$$

Поскольку у нас получилось достаточно большое проходное сечение трубок, то примем диаметр трубок 57х3.5 мм [с.2,7]

$$d_B := 0.05 \text{ м}$$

$$d_H := 0.057 \text{ м}$$

Отсюда вычисляем число трубок

$$n := \frac{f}{0.785 \cdot d_B^2} = 3.276 \times 10^3 \text{ шт}$$

Так как у нас значения коэффициентов теплоотдачи в трубном и межтрубном пространствах примерно равны, то расчетный диаметр, определяемый в зависимости от их значения будет определяться:

$$d_p := 0.5 \cdot (d_B + d_H) = 0.054 \text{ м}$$

Определим расчетную длину трубок:

$$L := \frac{F_{оп}}{\pi \cdot d_p \cdot n} = 5.63 \text{ м}$$

Принимаем длину трубок 7 метров.

$$L := 7 \text{ м}$$

Решив уравнение:

$$3a \cdot (a - 1) + 1 = 1.028 \cdot n$$

$a := 34$ - число труб, расположенных на стороне наибольшего шестиугольника

$$3a \cdot (a - 1) + 1 = 3.367 \times 10^3 \text{ - максимально возможное число труб}$$

Чтобы был запас пространства для перегородок, а также запас поверхности теплообмена, выбираем теплообменник с числом трубок 3280 и поверхностью теплообмена 3860 м².

$$F := 3860 \text{ м}^2$$

$$n := 3280$$

Найдем количество труб, расположенных по диагонали наибольшего шестиугольника:

$$b := 2a - 1 = 67$$

Следовательно, число труб, расположенных на большой диагонали шестиугольника, или на диаметре описанной окружности шестиугольника, будет равно:

$$z_d := 2 \cdot b = 134 \text{ шт}$$

Диаметр теплообменника:

$$D_{BH} := 0.074 \cdot (b - 1) + d_H = 4.941 \text{ м}$$

так как одноходовой теплообменник

Принимаем внутренний диаметр теплообменника 5,5 метров (5500 мм)

$$D_{вн} := 5.5 \text{ м}$$

Вследствие больших размеров аппарата, принимаем высоту распределительной камеры 2800 мм.

$$h := 2.8 \text{ м}$$

Общая высота теплообменника равна:

$$H := L + 2 \cdot h = 12.6 \text{ м}$$

без учета крышек и опор.

Запас поверхности теплообмена:

$$\Delta := 100 - \frac{F_{\text{оп}}}{F} \cdot 100 = 19.703$$

%, запас поверхности теплообмена

Запас поверхности оптимальный, следовательно, принимаем данный теплообменник для дальнейших расчетов.

7.1 Определение толщин стенок

Расчет толщин стенок аппарата выполняем согласно ГОСТ Р 52857.2-2007.

$$L_{\text{об}} := 1000 L = 7 \times 10^3 \text{ мм}$$

$$D := 1000 \cdot D_{\text{вн}} = 5.5 \times 10^3 \text{ мм}$$

$$t := t_{1\text{к}} = 200 \text{ }^\circ\text{C} - \text{температура среды}$$

$$P_{\text{см}} := 0.1 \text{ МПа}$$

давление в трубном пространстве

$$P_{\text{г.п.}} := 0.1 \text{ МПа}$$

давление в межтрубном пространстве

Допускаемое напряжение стали при рабочей температуре (12x18н10т)

[с.9,прилож А., 8]:

$$\sigma_{t1\text{к}} := 0.83 \cdot 127 = 105.41 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{t20} := 0.83 \cdot 184 = 152.72 \text{ МПа}$$

допускаемое напряжение материала при нормальных условиях

$$\eta := 1$$

коэффициент запаса прочности[с.12,8]

$$R_{02} := 276 \text{ МПа}$$

предел текучести при 20 градусах[с.14,8]

коэффициент запаса устойчивости для рабочих условий

[с.12,8]

$$\eta_y := 2.4$$

коэффициент запаса по пределу текучести для пневматических условий испытания [табл.1,6]

$$\eta_t := 1.2$$

Для условий испытания сосудов из углеродистых, низколегированных, ферритных, аустенитно-ферритных мартенситных сталей и сплавов на железоникелевой основе допускаемое напряжение вычисляют по формуле [с.5,8]:

$$\sigma_{\text{и}} := \frac{R_{02}}{\eta_t} = 230 \text{ МПа}$$

Пробное давление при испытании при рабочем давлении $p=0.1$ МПа в соответствии с Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением (ПБ 03-576-03) для сварных аппаратов:

$$p_{\text{и}} := 1.25 \left(p_{\text{г.п.}} \right) \cdot \frac{\sigma_{t20}}{\sigma_{t1к}} = 0.181 \text{ МПа}$$

7.2 Расчет толщины стенок цилиндрической обечайки при рабочем давлении и в условиях испытания

$$s \geq s_p + c$$

ϕ -коэффициент прочности продольного сварного шва

Так как сварной шов стыковой и выполняется вручную с одной стороны, а длина контролируемого шва составляет 100% от общей длины, то

$$\phi_p := 0.9 \text{ [с.22,8]}$$

$$s_{p1} := \max \left[\frac{p_{\text{и}} \cdot D}{2 \cdot \phi_p \cdot \sigma_{\text{и}} - p_{\text{и}}}, \frac{(p_{\text{г.п.}}) \cdot D}{2 \cdot \sigma_{t1к} \cdot \phi_p - (p_{\text{г.п.}})} \right] = 2.9 \text{ мм}$$

$$s_p := \text{ceil}(s_{p1}) = 3 \text{ мм}$$

расчетная толщина стенки

$$c := 2 \text{ мм}$$

прибавка на коррозию и эрозию

$$s := s_p + c = 5 \text{ мм}$$

Вследствие больших габаритных размеров, увеличиваем толщину стенки до 10 мм.

$$s := 10 \text{ мм}$$

$$Us1 := \begin{cases} \text{"Условие применения формул выполняется"} & \text{if } \frac{s - c}{D} < 0.1 \\ \text{"Условия применения формул НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Us1 = \text{"Условие применения формул выполняется"}$$

Допускаемое внутреннее избыточное давление:

$$p_d := \frac{2 \cdot \sigma_{тлк} \cdot \phi \cdot p \cdot (s - c)}{D + (s - c)}$$

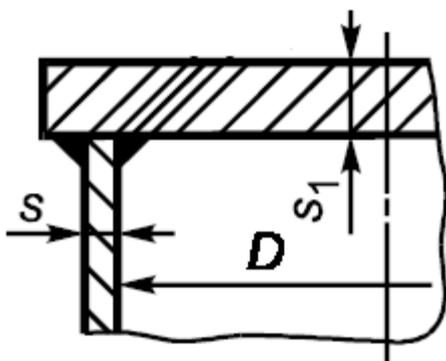
$$p_d = 0.276 \text{ МПа}$$

Проверка на условие прочности

$$Us1 := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } (p_{г.п.}) \leq p_d \\ \text{"Условия прочности НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Us1 = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

7.3 Расчет толщины стенки плоского круглого днища при рабочем давлении и в условиях испытания



Рисунок

$$D_p := D = 5.5 \times 10^3 \text{ мм}$$

$$K_1 := 0.5$$

коэффициент, зависящий от конструкции днища, выбирается [с.21,табл.4,9]

$$K_0 := 1$$

т.к. в днище не имеется отверстий

Так как сварной шов стыковой с двусторонним сплошным проваром, а длина контролируемого шва составляет 100% от общей длины, то

$$\phi := 1$$

[с.22,8]

$$R_t := 123 \text{ МПа}$$

предел текучести стали 10

$$\sigma_{кр} := \frac{R_t}{\eta_t} = 102.5 \text{ МПа}$$

напряжение при условиях испытания для стали 10

$$\sigma_d := 110 \text{ МПа}$$

допускаемое напряжение для стали 10

$$s_{дн.р} := K_1 \cdot K_0 \cdot D_p \cdot \sqrt{\frac{(P_{см})}{\phi \cdot \sigma_{кр}}} = 85.896 \text{ мм}$$

исполнительная толщина стенки

плоского круглого днища

$$s_{дн} := \text{ceil}(s_{дн.р} + c) = 88 \text{ мм}$$

$$P_d := \left(\frac{s_{дн} - c}{K_1 \cdot K_0 \cdot D_p} \right)^2 \cdot \sigma_d \cdot \phi = 0.108 \text{ МПа}$$

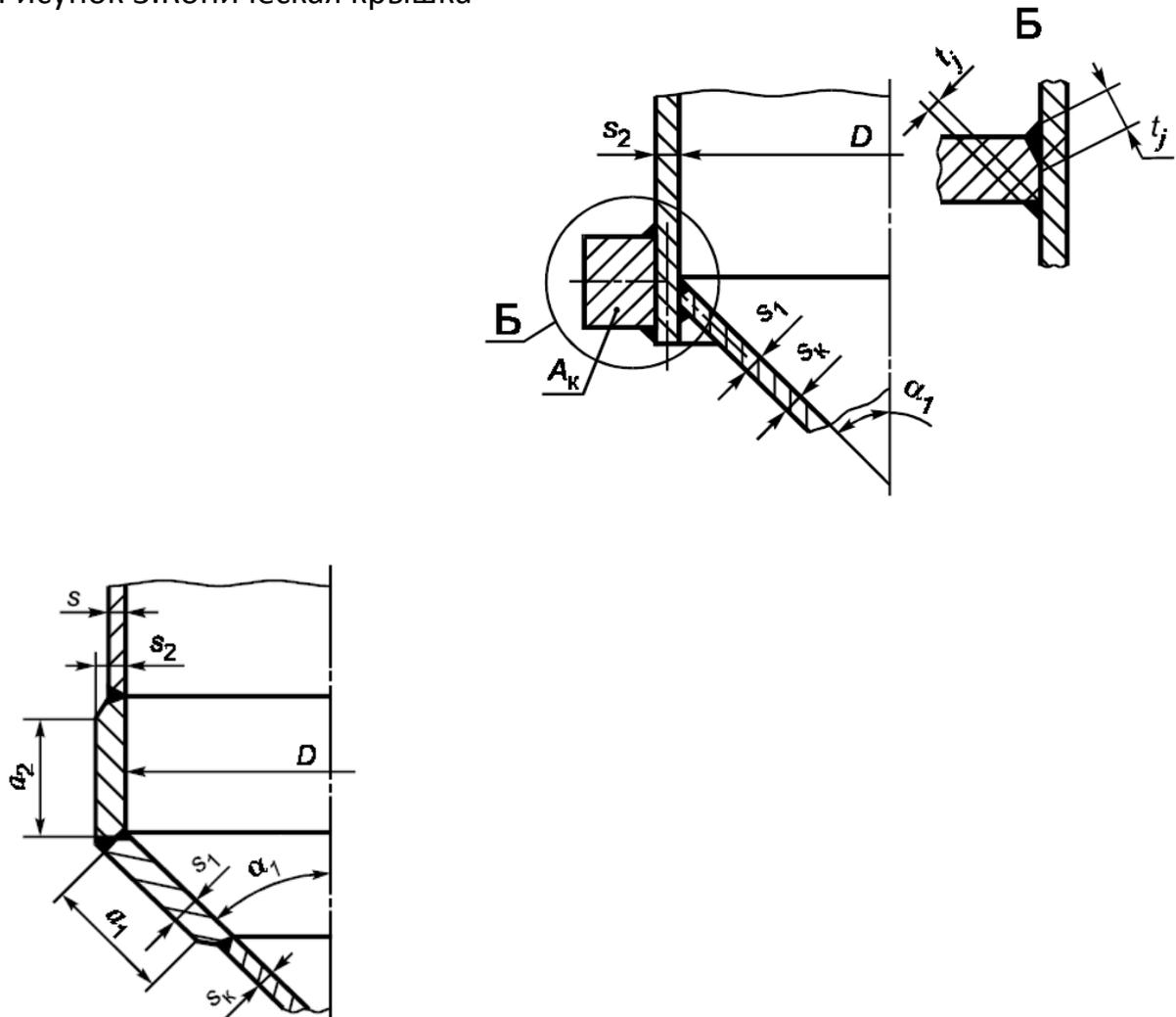
Проверка на условие прочности

$$U_{sl} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } (P_{см}) \leq P_d \\ \text{"Условия прочности НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$U_{sl} = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

7.4 Расчет толщины стенки стандартной конической крышки при рабочем давлении и в условиях испытания

Рисунок 3. Коническая крышка



Толщины стенок переходной части цилиндрической обечайки и конической крышки должны быть не менее рассчитанной толщины стенки цилиндрической обечайки.

$$\alpha_1 := 70 \cdot \text{deg} = 1.222 \text{ рад}$$

половина угла при вершине конической

крышки

$$s_1 := 25 \text{ мм}$$

толщина стенки переходной части конической крышки

$$s_2 := 10 \text{ мм}$$

толщина стенки переходной части цилиндрической обечайки

Определяем расчетные длины переходных частей

$$a_{1p} := 0.7 \cdot \sqrt{\frac{D}{\cos(\alpha_1)} \cdot (s_1 - c)} = 425.714 \text{ мм}$$

$$a_{2p} := 0.7 \cdot \sqrt{D \cdot (s_2 - c)} = 146.833 \text{ мм}$$

$$D_k := D - 1.4 \cdot a_{1p} \cdot \sin(\alpha_1) = 4.94 \times 10^3 \text{ мм}$$

Условие применения формул:

$$Us1 := \begin{cases} \text{"Условие применения формул выполняется"} & \text{if } 0.001 \leq \frac{s_1 \cdot \cos(\alpha_1)}{D} \leq 0.05 \\ \text{"Условия применения формул НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Us1 = \text{"Условие применения формул выполняется"}$$

Проверим коническую обечайку, при нагружении наружным давлением

$$D_1 := 1000 \text{ мм}$$

диаметр меньшего основания конической крышки

Модуль продольной упругости при рабочей температуре:

$$E := 1.67 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Эффективные размеры:

$$l_E := \frac{D - D_1}{2 \sin(\alpha_1)} = 2.394 \times 10^3 \text{ мм}$$

$$D_E := \max \left[\frac{D + D_1}{2 \cos(\alpha_1)}, \frac{D}{\cos(\alpha_1)} - 0.31 \cdot (D + D_1) \cdot \sqrt{\frac{D + D_1}{s - c}} \cdot \tan(\alpha_1) \right] = 9.502 \times 10^3 \text{ мм}$$

Коэффициент B1:

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

Расчетная толщина стенки конической крышки:

$$s_{k.p.} := \max \left[1.06 \cdot \frac{10^{-2} \cdot D_E}{B_1} \cdot \left(\frac{P_{cm}}{10^{-5} \cdot E \cdot D_E} \right)^{0.4}, \frac{1.2 \cdot P_{cm} \cdot D_k}{2 \cdot \phi_p \cdot \sigma_d - P_{cm} \cdot \cos(\alpha_1)} \right] = 2.994 \text{ мм}$$

Исполнительная толщина стенки конической крышки:

$$s_k := \text{ceil}(s_{k,p.} + c) = 5 \text{ мм}$$

Исходя из габаритов конструкции, и из того, что необходимо выполнение условия прочности, принимаем толщину стенки конической крышки 15 мм

$$s_{k,k} := 15 \text{ мм}$$

Допускаемое давление из условия прочности:

$$p_n := \frac{2 \cdot \sigma_d \cdot (s_k - c)}{\frac{D_k}{\cos(\alpha_1)} + (s_k + c)} = 0.198 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление из условия устойчивости в пределах упругости:

$$p_E := \frac{2.08 \cdot 10^{-5} \cdot E \cdot D_E}{\eta_y \cdot B_1 \cdot l_E} \cdot \left[\frac{200(s_k - c)}{D_E} \right]^{2.5} = 0.225 \text{ МПа}$$

Допускаемое наружное давление:

$$p_d := \frac{p_n}{\sqrt{1 + \left(\frac{p_n}{p_E} \right)^2}} = 0.149 \text{ МПа}$$

Проверка на условие прочности

$$Us1 := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } (P_{cm}) \leq p_d \\ \text{"Условия прочности НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Us1 = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

7.5 Расчет на соединение конической обечайки с укрепляющим

кольцом [7]

$$Us1 := \begin{cases} \text{"Условие применения выполняется"} & \text{if } s_1 - c > s_2 - c \\ \text{"Условия применения формул НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Us1 = \text{"Условие применения выполняется"}$$

$$\sigma_2 := \sigma_d = 110 \text{ МПа}$$

допускаемое напряжения для конической крышки

$$\sigma_{t1k} = 105.41 \text{ МПа}$$

допускаемое напряжения для цилиндрической обечайки

$$\chi := \frac{\sigma_{t1k}}{\sigma_2} = 0.958$$

коэффициент отношения напряжений

$$\sigma_k := \sigma_2 = 110 \text{ МПа}$$

допускаемое напряжение для материала ребер

жесткости конической крышки

$$\phi_T := 1$$

коэффициент прочности кольцевого сварного шва, так как шов тавровый с двусторонним проваром

$$\phi_K := 1$$

коэффициент прочности сварных швов кольца жесткости, так как шов тавровый с двусторонним проваром

Определяем коэффициенты:

$$\beta_a := \left(\frac{2\sigma_2 \cdot \phi_T}{P_{cm}} - 1 \right) \frac{(s_2 - c)}{D} = 3.199$$

$$\beta := 0.4 \cdot \frac{\sqrt{D}}{\sqrt{s_2 - c}} \cdot \frac{\tan(\alpha_1)}{1 + \sqrt{\frac{1 + \chi \cdot \left[\frac{(s_1 - c)}{(s_2 - c)} \right]^2}{2 \cos(\alpha_1)} \cdot \chi \cdot \frac{(s_1 - c)}{(s_2 - c)}}}} - 0.25 = 3.87$$

Вычислим площадь поперечного сечения укрепляющего кольца:

$$A_k := \frac{P_{cm} \cdot D^2 \cdot \tan(\alpha_1)}{8\sigma_k \cdot \phi_K} \cdot \left(1 - \frac{\beta_a + 0.25}{\beta + 0.25} \right) = 1.539 \times 10^3 \text{ мм}^2$$

Требуется укрепление кольцом.

8 МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННИКА [С.25,6]

Определение температурных деформаций

$$\sigma_{t1k} = 105.41 \text{ МПа}$$

допускаемое напряжение материала корпуса

$$\sigma_{\text{доп}} := 110 \text{ МПа}$$

допускаемое напряжение для материала трубок

$$L_{\text{доп}} := 1000 L = 7 \times 10^3 \text{ мм}$$

длина труб в межтрубном пространстве

$$t_t := \frac{(t_{2H} + t_{1K})}{2}$$

$$t_t = 310 \text{ } ^\circ\text{C}$$

температура стенки труб

$$t_k := 200 \text{ } ^\circ\text{C}$$

температура стенки корпуса

$$E_t := 1.52 \cdot 10^5$$

МПа, модуль продольной упругости материала трубок

[с.21,прилож. Г, 9]

$$x := (600 \quad 650)^T$$

$$y := (1.52 \cdot 10^5 \quad 1.43 \cdot 10^5)^T$$

$$E_k := \text{linterp}(x, y, t_k) = 2.24 \times 10^5$$

МПа, модуль продольной упругости

материала корпуса

$$\alpha_t := 18 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$$

Коэффициент линейного расширения для материала трубок

$$\alpha_k := 14.3 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$$

Коэффициент линейного расширения для материала труб

$$F_t := 2.3 \text{ м}^2$$

Площадь поперечного сечения всех труб

$$F_k := 0.2 \text{ м}^2$$

Площадь поперечного сечения корпуса

Найдем температурное усилие в конструкции:

$$Q_t := \frac{(\alpha_t \cdot t_t - \alpha_k \cdot t_k) \cdot E_t \cdot F_t \cdot E_k \cdot F_k}{E_t \cdot F_t + E_k \cdot F_k} = 108.014 \text{ МН}$$

Далее определим температурные напряжения в трубах и корпусе:

$$\sigma_t := \frac{Q_t}{F_t} = 46.963 \text{ МПа}$$

$$\sigma_k := \frac{Q_t}{F_k} = 540.072 \text{ МПа}$$

Удлинение материала:

$$\delta_t := \frac{Q_t \cdot L}{E_t \cdot F_t} = 2.163 \times 10^{-3} \text{ м}$$

$$\delta_k := \frac{(Q_t \cdot L)}{(E_k \cdot F_k)} = 0.017 \text{ м}$$

$$\delta_{\text{ww}} := 1000 (\delta_t + \delta_k) = 19.04 \text{ мм}$$

$$\sigma_{t1k} = 105.41 \text{ МПа}$$

$$Usl := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } \sigma_k \leq \sigma_{t1k} \\ \text{"Условия прочности НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Usl = \text{"Условия прочности НЕ выполняются"}$$

Так как уже в одном случае условие прочности не выполняется, то необходима менять вид теплообменника. В данном случае не выполняется условие прочности для материала корпуса аппарата, следовательно, меняем теплообменник на теплообменник с компенсаторами.

Определим температурные усилия в теплообменнике, но уже при установленном компенсаторе.

Поскольку стандартных размеров компенсаторов для нашего теплообменника нет, то принимаем конструктивно диаметр линзового компенсатора, исходя из того, что отношение диаметра аппарата к диаметру линзы должно быть меньше 1:

$$D_{\text{л}} := 6300 \text{ мм}$$

$$L := 7000 \text{ мм, длина трубного пучка}$$

$$F_{\text{л}} := 2270000 \text{ мм}^2$$

Площадь поперечного сечения всех труб

$$F_{\text{к}} := 170000 \text{ мм}^2$$

Площадь поперечного сечения корпуса

Посчитаем отношение диаметра аппарата к диаметру компенсатора:

$$\beta_{\text{д}} := \frac{D}{D_{\text{л}}} = 0.873$$

По посчитанному отношению подбираем коэффициент α : [с.94, табл.15,10]

$$x := (0.86 \quad 0.88)^T$$

$$y := (0.13 \quad 0.09)^T$$

$$\alpha := \text{linterp}(x, y, \beta_{\text{д}}) = 0.104$$

Материал для линзового компенсатора выберем такой же, как и для корпуса аппарата-12X18H10T

$$E_{\text{к}} = 2.24 \times 10^5 \text{ МПа, модуль продольной упругости материала компенсатора}$$

$$p_{\text{и}} = 0.181 \text{ МПа, пробное давление в аппарате.}$$

$$R_{p0.2.20} := 196 \text{ МПа, предел текучести при } 20^{\circ} \text{ стали 12X18H10T согласно}$$

ГОСТ 5949-75

$R_{p0.2.t} := 119$ МПа, предел текучести при 400⁰ стали 12X18H10T [С.14,8]

МПа, предел текучести стали 12X18H10T

при рабочей температуре с учетом

примечания согласно

ГОСТ Р 52857.1-2007

$$R_p := R_{p0.2.t} \cdot \frac{R_{p0.2.20}}{240} = 97.183$$

Определим минимальную толщину стенки компенсатора:

$$S_{\text{min}} := \left[0.21 \cdot (D_{\text{л}} - D) \cdot \sqrt{\frac{1.25 \cdot p_{\text{н}}}{R_p} + c} \right] = 10.108 \text{ мм}$$

Далее найдем коэффициент, определяющий гибкость компенсатора, $\frac{\text{мм}}{\text{Н}}$:

$$y := \frac{0.06 \cdot \alpha \cdot (1 - \beta_{\text{д}}) \cdot D^2}{\pi \cdot E_{\text{к}} \cdot S^3} = 3.297 \times 10^{-5}$$

Предварительно примем число линз, равным 2

$$z := 2 \text{ шт}$$

Определим тепловое усилие в теплообменнике типа ТК:

$$Q_T := \frac{L \cdot (\alpha_t \cdot t_t - \alpha_k \cdot t_k)}{\frac{L}{E_t \cdot F_t} + \frac{L}{E_k \cdot F_k} + y \cdot z} = 2.879 \times 10^5 \text{ Н}$$

$$\sigma_T := \frac{Q_T}{F_t} = 0.127 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{д}} = 110 \text{ МПа}$$

Проверка условия прочности трубок:

$$U_{s1} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } \sigma_T \leq \sigma_{\text{д}} \\ \text{"Условия прочности НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$U_{s1} = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

$$\sigma_{t1k} = 105.41 \text{ МПа}$$

$$\sigma_K := \frac{Q_T}{F_k} = 1.693 \text{ МПа}$$

Проверка условия прочности корпуса:

$$Usl := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } \sigma_K \leq \sigma_{t1k} \\ \text{"Условия прочности НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Usl = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

Определим деформацию одной линзы:

$$\delta_{л} := \text{Ceil}(y \cdot Q_T, 1) = 10 \text{ мм}$$

$$\delta = 19.04 \text{ мм}$$

удлинение корпуса аппарата

$$Usl := \begin{cases} \text{"Удлинение корпуса меньше удлинения линз"} & \text{if } \delta \leq 2\delta_{л} \\ \text{"Удлинение корпуса больше удлинения линз, необходимо добавить еще компенсатор"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Usl = \text{"Удлинение корпуса меньше удлинения линз"}$$

Определим температурные напряжения в компенсаторе:

$$\sigma_{ком} := \frac{40}{3} \cdot \frac{y \cdot Q_T \cdot E_k \cdot S}{D^2 \cdot \alpha} = 91.103 \text{ МПа}$$

Проверка условия прочности в компенсаторе:

$$Usl := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } \sigma_{ком} \leq \sigma_{t1k} \\ \text{"Условия прочности НЕ выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Usl = \text{"Условие прочности выполняется"}$$

8.1 Расчет толщины трубной решетки

Расчет трубной решетки будем производить по методике главы 25[с.636,11].

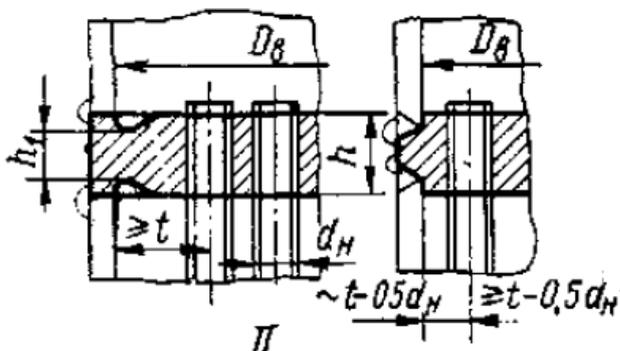
$$N_{общ} := n = 3.28 \times 10^3$$

$$F = 3.86 \times 10^3 \text{ м}^2$$

$$L_t := \frac{L}{1000} = 7 \text{ м}$$

$$D_t := \frac{D}{1000} = 5.5 \text{ м}$$

Согласно параметрам выбранного теплообменника, подбираем параметры трубной решетки. Выбираем трубную решетку ТИПА II.

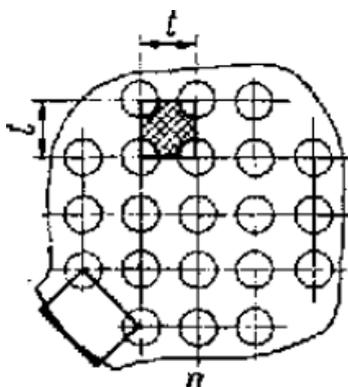


Размещение труб в трубной решетке выбираем по вершинам квадратов, для удобства чистки аппарата.

Рисунок 5

$$z_d = 134$$

число труб на диаметре



$$c := 0.001$$

м, прибавка на коррозию

Материал трубной решетки 30ХГТ. Допускаемое напряжение при изгибе при статической нагрузке:

Рисунок 6

$$\sigma_{ид} := 140 \text{ МПа}$$

Определяем номинальную расчетную высоту решетки снаружи, подобрав значения из табл.25.3 [с.637,11]:

$$K_w := 0.28 \text{ м}$$

$$D_B := D_t = 5.5$$

$$p := 0.02 \text{ МПа}$$

$$h_{1p} := K \cdot D_B \cdot \sqrt{\frac{p}{\sigma_{\text{ид}}}} = 0.018 \text{ м}$$

Определяем коэффициент ослабления решетки:

$$\phi_0 := \frac{D_B - z \cdot 0.025}{D_B} = 0.991$$

Определяем номинальную расчетную высоту решетки посередине, выбрав значения величин из табл.25.3[с.637,11].

$$K_w := 0.47$$

$$D_B := D_t = 5.5 \text{ м}$$

$$p := 0.02 \text{ МПа}$$

$$h_p := K \cdot D_B \cdot \sqrt{\frac{p}{\phi_0 \cdot \sigma_{\text{ид}}}} = 0.031 \text{ м}$$

С целью снижения дополнительных напряжений, вызванных действием краевых моментов, выполним утолщение трубной решетки, а также учтем прибавку на

коррозию:

$$h_{\text{сн}} := 1.4 \cdot h_{1p} + c = 0.027 \text{ м}$$

$$h_{\text{сер}} := 1.4 \cdot h_p + c = 0.044 \text{ м}$$

Вследствие того, что трубы к трубной решетке крепятся развальцовкой, то увеличиваем высоту трубной решетки до 50 мм.

$$h_{\text{реш}} := 50 \text{ мм}$$

8.2 Расчет диаметров патрубков для газа и конденсата

Скорость движения жидкости в патрубках лежит в пределах 0.5-2 м/с, а газа- 10-30 м/с. Поскольку у нас у нас одинаковые объемные расходы газов, то можно рассчитать и подобрать одинаковые патрубки для каждого из них:

Посчитаем диаметр патрубка для газа:

$$\omega_1 := 20 \text{ м/с}$$

$$d_{\Gamma} := \sqrt{\frac{4 \cdot V_1}{\pi \cdot \omega_1}} = 2.394 \text{ м}$$

При теплообмене возможно образование конденсата серной кислоты, вследствие этого, будет размещен патрубок для слива конденсата.

Теплота парообразования серной кислоты:

$$x := (50 \quad 100)^T$$

$$y := (2262600 \quad 2264110)^T$$

$$r := \text{linterp}(x, y, t_{2k}) = 2.272 \times 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Плотность серной кислоты:

$$x := (100 \quad 150)^T$$

$$y := (1434 \quad 1318)^T$$

$$\rho_{\text{кис}} := \text{linterp}(x, y, t_{2k}) = 843.398 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Массовый расход кислоты, $\frac{\text{кг}}{\text{с}}$:

$$G_k := \frac{|Q|}{r} = 0.692 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$$V_k := \frac{G_k}{\rho_{\text{кис}}} = 8.207 \times 10^{-4}$$

Диаметр патрубка конденсата:

$$\omega_2 := 0.5 \text{ м/с}$$

$$d_2 := \sqrt{\frac{4 \cdot V_k}{\pi \cdot \omega_2}} = 0.046 \text{ м}$$

Примем патрубки теплообменника:

Примем патрубок для газа :

$$D_{\text{CM}} := 2.42 \text{ м} \text{ наружный диаметр}$$

$$s_{\text{CM}} := 0.01 \text{ м} \text{ толщина стенки}$$

$$d_{\text{CM}} := 2.4 \text{ м} \text{ внутренний диаметр}$$

$$l_{\text{CM}} := 0.45 \text{ м} \text{ длина патрубка}$$

$$m_{\text{www}} := \pi \cdot (D_{\text{CM}} - s_{\text{CM}}) \cdot s_{\text{CM}} \cdot l_{\text{CM}} \cdot 7800 = 265.75 \text{ кг}$$

К данным патрубкам приваривается диффузор для равномерного распределения газа в теплообменнике так, чтобы охват распределения был практически на всю длину трубного пучка.

Примем патрубок для выхода конденсата :

$$D_{\text{K}} := 0.057 \text{ м} \text{ наружный диаметр}$$

$$s_{\text{K}} := 0.0035 \text{ м} \text{ толщина стенки}$$

$$d_{\text{K}} := 0.05 \text{ м} \text{ внутренний диаметр}$$

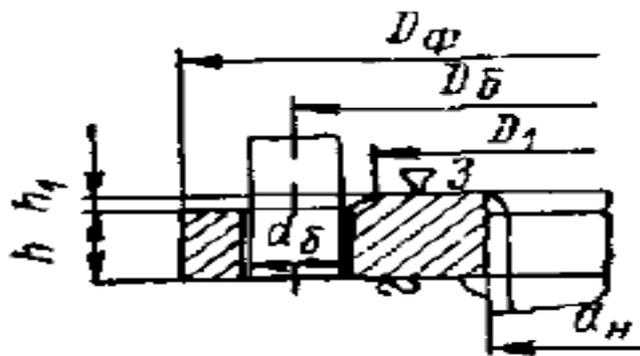
$$l_{\text{K}} := 0.5 \text{ м} \text{ длина патрубка}$$

$$m_{\text{K}} := 2.3 \text{ кг} \text{ масса патрубка}$$

Подберем фланцы для патрубков газа и конденсата:

Подбираем фланцы к штуцерам из стали по табл.21.9 [с.547,11]

Фланец на патрубок для конденсата, 1 исполнение при давлении 1 МПа (рис.4):



Тип 1

$$D_{\text{н.к}} := 0.057 \text{ м}$$

$$D_{\text{ф.к}} := 0.160 \text{ м}$$

$$D_{\text{б.к}} := 0.125 \text{ м}$$

$$D_{\text{1.к}} := 0.102 \text{ м}$$

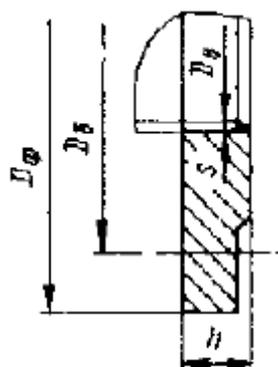
$$d_{\text{б}} - \text{M16}$$

$$n_{\text{к}} := 4 \text{ шт}$$

$$m_{\text{ф.к}} := 2 \text{ кг}$$

$$h_{\text{г.к}} := 0.015 \text{ м}$$

Рисунок 4



Тип 1

Подбираем фланец к патрубку газа табл.21.12, тип 1.[с.554,11]:

$$D_{\text{ф}} := 2.55 \text{ м}$$

$$D_{\text{б}} := 2.51 \text{ м}$$

$$s_{\text{min}} := 0.012 \text{ м}$$

$$h_{\text{об}} := 0.102 \text{ м}$$

M20

$$n_{\text{об}} := 88 \text{ шт}$$

кг

$$m_{\text{флан}} := 394$$

8.3 Определение толщины тепловой изоляции [с.177,5]

Толщину тепловой изоляции находят из равенства удельных тепловых потоков

через слой изоляции от поверхности изоляции в окружающую среду:

$$t_{\text{ст2}} := 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

температура изоляции со стороны окружающей среды, для аппаратов, работающих в помещении выбирают в интервале 35-45 градусов

$$t_{\text{ст1}} := t_{\text{IH}} = 130 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

- температура изоляции со стороны аппарата.

$$t_{\text{в}} := 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

- температура окружающей среды

$$\lambda_{\text{H}} := 0.098 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

- коэффициент теплопроводности теплоизоляционного материала, в качестве материала для тепловой изоляции выберем совелит

$$\alpha_{\text{в}} := 9.3 + 0.058 \cdot t_{\text{ст2}} = 11.62 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

- коэффициент теплопередачи от внешней поверхности изоляционного материала в окружающую среду

$$\delta_H := \frac{\lambda_H \cdot (t_{CT1} - t_{CT2})}{\alpha_B \cdot (t_{CT2} - t_B)} = 0.038 \text{ м}$$

Примем толщину тепловой изоляции 40 мм.

9 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

$$R_0 := 0.160 \text{ м}$$

радиус изгиба трубопровода

$$h_{\text{ПОД}} := 8 \text{ м}$$

высота подъема

$$\eta := 0.85$$

кпд насоса

$$L := 10 \text{ м}$$

длина трубопровода

Далее производим гидравлический расчет по примеру 1.26 [с.41, 12]

Площадь поперечного сечения:

$$S := \pi \cdot \frac{D_{\text{CM}}^2}{4} = 4.6 \text{ м}^2$$

Скорость газа:

$$\omega_{\text{CM}} := \frac{V_1}{S} = 19.567 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Критерий Рейнольдса:

$$Re := \frac{\omega_{\text{CM}} \cdot D_{\text{CM}} \cdot \rho_1}{\mu_1} = 1.56 \times 10^7$$

Определяем коэффициент трения. По табл. XII [с.22,12] шероховатость стальных труб

с коррозией $e=0.2$ мм. По рисунку 1.5 [с.519,9] находим λ .

$$e := 0.0002 \text{ м}$$

$$\lambda := 0.011$$

$$\frac{D_{\text{см}}}{e} = 1.21 \times 10^4$$

Коэффициенты местных сопротивлений из табл. XIII [с.520,12]:

$$\zeta_1 := 0.5$$

вход газа из бака в трубопровод с острыми краями

$$\zeta_3 := 2 \cdot 0.15 = 0.3$$

затвор при условном проходе больше 300 мм.

$$\frac{R_0}{D_{\text{см}}} = 0.066$$

$$A_\zeta := 1$$

т.к. 90°

$$x := (1 \quad 2)^T$$

$$y := (0.21 \quad 0.15)^T$$

$$B_\zeta := \left(\text{linterp} \left(x, y, \frac{R_0}{D_{\text{см}}} \right) \right) = 0.266$$

$$\zeta_4 := A_\zeta \cdot B_\zeta = 0.266$$

$$\text{отвод при } 90^\circ \text{ и } \frac{R_0}{D_{\text{см}}} = 0.066$$

$$\zeta := \zeta_1 + \zeta_3 + \zeta_4 = 1.066$$

$$g := 9.81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Общее сопротивление трубы (сети):

$$\Delta p := \rho_1 \cdot \left[\frac{\omega_1^2 \left(1 + \zeta + \lambda \cdot \frac{L}{D_{\text{см}}} \right)}{2} \right] + \rho_1 \cdot g \cdot h_{\text{под}} + P_{\text{см}} \cdot g = 5.385 \times 10^3 \text{ Па}$$

Потребляемая насосом мощность по уравнению:

$$N_{\text{см}} := \frac{V_1 \cdot \Delta p}{1000 \cdot \eta} = 570.205 \text{ кВт}$$

По табл.3 приложения 1.1 (с.38,5) подбираем наиболее подходящий двигатель:

Центробежный многоступенчатый секционный насос марки ЦНС 300-600, для которого при оптимальных условиях работы $Q=8.4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}$, $H=600 \text{ м}$, $\eta=0.76$, номинальной мощностью $N_n=660 \text{ кВт}$. Частота вращения вала $n=25 \text{ с}^{-1}$

Так как теплообменник имеет достаточно большие габариты и массу, то он будет установлен на двутавры, расположенные в помещении.

10 АВТОМАТИЗАЦИЯ И КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА

10.1 Методы контроля и метрологическое обеспечение производства

Описание методов контроля

Контроль технологического процесса производства серной кислоты ведется с помощью контрольно-измерительных приборов с периодической или непрерывной регистрацией параметров, а также с помощью периодического отбора проб с последующим химическим анализом.

Контролируются следующие параметры: температура кислот и газа, объёмные и массовые доли основных компонентов в газах и кислотах, отходящих газах и стоках, манометрический режим, степень абсорбции и контактирования, перечень приборов автоматического контроля, частота отбора проб и методы химического анализа приведены в таблице №

Для проверки качества товарной кислоты отбираются пробы один раз в смену. При отгрузке кислоты на сторону выполняется полный анализ кислоты в соответствии с требованиями ГОСТ 2184-77.

Количество отгружаемой кислоты в цистернах определяется согласно градуировочным таблицам на каждый тип цистерн и показаниям измерительной рейки.

Количество отгружаемой кислоты по кислотопроводу на ОАО «Аммофос» определяется по градуировочным таблицам ёмкостей склада кислоты, а также по показаниям уровнемеров и расходомеров, установленных на кислотопроводе.

Перечень систем автоматического регулирования, сигнализации и блокировок

1. Автоматическое регулирование уровня в сборниках (поз.209, 2П, 213) промывной кислоты.
2. Автоматическое регулирование уровня в сборниках (поз.262, 256, 272) сушильно-абсорбционного отделения.
3. Автоматическое регулирование массовой доли моногидрата в циклах орошения абсорбционной и сушильной башен.
4. Дистанционное регулирование температуры газа перед слоями контактного аппарата.
5. Автоматическое регулирование уровня в промежуточной ёмкости (поз.454) склада кислоты.

6. Сигнализация максимального уровня в сборниках сушильно-абсорбционного отделения и промывного отделения.
7. Сигнализация наличия жидкости (перелив) в напорных баках промывного и сушильно-абсорбционного отделений.
8. Сигнализация снижения рН оборотной воды после теплообменников.
9. Сигнализация повышения температуры подшипников нагнетателя.
10. Сигнализация понижения давления масла в системе смазки нагнетателя.
11. Сигнализация верхнего уровня в хранилищах и промежуточных ёмкостях склада кислоты.
12. Дистанционное управление задвижками и заслонками контактного узла.

Таблица 4

Аналитический контроль производства

Контактно-компрессорное отделение						
1.	Газ перед фильтром-брызгоуловителем (поз.302)	Объёмная доля влаги Массовая доля мышьяка Массовая доля тумана серной кислоты	1 раз в смену 1 раз в смену 1 раз в смену	Не более 0,01% Не более 0,005 мг/м ³ Не более 0,005 г/м ³	1 0338.44.005/1 – РИ 38.44.005./1 – 01 МИ 0338.44.005. – 01	лаборант
2.	Газ на выходе из 5-го слоя контактного аппарата	Степень контактирования	1 раз в смену	Не менее 97,0 %	МИ 0338.44.005. – 01	лаборант

10.2 Перечень приборов автоматического контроля, регулирования, сигнализации и блокировок

Таблица 5

<i>Контактно-компрессорное отделение</i>						
1.	Расход сернистого газа (F-501) перед нагнетателем (поз.301)	газоход	м ³ /ч	10000-13000	± 2000,0	Прибор регистрирующий по ГОСТ 7164, входной сигнал 4÷20 мА, шкала 0÷20000 м ³ /ч, кл.т. 0,5 в комплекте с преобразователем разности давлений, выходной сигнал 4÷20 мА, предел измерения - 0÷20000м ³ /ч5.0, δ _к - 5,0%, Δ = (±1000) м ³ /ч,
2.	Температура газа (Т-548)	газоход	°С	50÷75	± 6,0	Прибор показывающий ГОСТ 12997, многоточечный, шкала 0÷800°С, гр. ХК, кл.т. 0,5 в комплекте с термопреобразователем термоэлектрическим L-1000 мм, ГОСТ 6616, δ _к - 0,6 %, Δ = (±4,8)°С
3.	Расход газа (F-502) после фильтра брызгоуловителя (поз.302) к сушильной башне	газоход	м ³ /ч	40000-70000	± 3200	Прибор регистрирующий по ГОСТ 7164, входной сигнал 4÷20 мА, шкала 0÷80000 м ³ /ч, кл.т. 0,5 в комплекте с преобразователем разности давлений, выходной сигнал 4÷20 мА, предел измерения - 0÷80000м ³ /ч, диафрагма бескамерная, кл.т. 0.5, δ _к -2%, Δ = (±1600) м ³ /ч,
4.	Температура газа (Т-505) после филь-тра брызгоуловителя (поз.302)	газоход	°С	50÷70	± 10	Прибор показывающий ГОСТ 12997, многоточечный, шкала 0÷800°С, гр. ХА, кл.т. 0,5 в комплекте с

						термопреобразователем термоэлектрическим L-800 мм, ГОСТ 6616, δ_k -0,6 %, $\Delta = (\pm 4,2)^{\circ}\text{C}$
5.	Давление газа (P-503) после фильтра брызгоуловителя (поз.302)	газоход	кПа	24÷30	$\pm 1,0$	Прибор регистрирующий по ГОСТ 7164, входной сигнал 4÷20 мА, шкала 0÷40 кПа, кл.т. 1,0 в комплекте с преобразователем давления, ГОСТ 18140 перепад 40 кПа, Кл.т. 0,5 δ_k -1,1%, $\Delta = (\pm 0,4)$ кПа,
6.	Объёмная доля диоксида серы (Q-501)	газоход	% SO ₂	4÷10	Не норм.	Прибор регистрирующий по ГОСТ 7164, входной сигнал 0÷5 мА, кл.т. 1,0 в комплекте с преобразователем диск – 107 ТУ 75, выходной сигнал 0÷5 мА, шкала - 0÷10% SO ₂ , кл.т. 1,0, предел измерений 0÷10 % SO ₂ , индикатор
7.	Температура газа (Т-521) после теплообменника (поз.303, 309) до смешения с газом по байпасному газоходу	газоход	$^{\circ}\text{C}$	120÷160	± 10	Прибор показывающий ГОСТ 12997, многоточечный, шкала 0÷800 $^{\circ}\text{C}$, гр. ХК, кл.т. 0,5 в комплекте с термопреобразователем термоэлектрическим L-1250 мм, ГОСТ 6616, кл.т. 0,5, δ_k -0,7%, $\Delta = (\pm 5,6)^{\circ}\text{C}$
8.	Температура газа (Т-529) после теплообменника (поз.310 к поз. 307)	газоход	$^{\circ}\text{C}$	250÷290	± 10	Прибор показывающий ГОСТ 12997, многоточечный, шкала 0÷800 $^{\circ}\text{C}$, гр. ХК, кл.т. 0,5 в комплекте с термопреобразователем термоэлектрическим L-1250 мм, ГОСТ 6616, кл.т. 0,5, δ_k - 0,7%, $\Delta = (\pm 5,6)^{\circ}\text{C}$
9.	Температура газа (Т-524) после теп-	газоход	$^{\circ}\text{C}$	370÷410	± 10	Прибор показывающий ГОСТ 12997,

	лообменника (поз.307) до смешения с газом по байпасному газоходу					многоточечный, шкала 0÷800 ⁰ С, гр. ХК, кл.т. 0,5 в комплекте с термопреобразователем термоэлектрическим L-1250 мм, ГОСТ 6616, кл.т. 0,5, δ _к -0,7%, Δ =(±5,6) ⁰ С
10.	Температура газа (Т-511) в газоходе перед теплообменником (поз.309 от поз.308) после смешения с газом по байпасному газоходу	газоход	⁰ С	130÷170	± 10	Прибор показывающий ГОСТ 12997, многоточечный, шкала 0÷800 ⁰ С, гр. ХК, кл.т. 0,5 в комплекте с термопреобразователем термоэлектрическим L-1250 мм, ГОСТ 6616 , кл.т. 0,5, δ _к - 0,7%, Δ =(±5,6) ⁰ С
11.	Температура газа (Т-522) в газоходе теплообменника(поз.309) до смешивания с газом по байпасному газоходу	газоход	⁰ С	190÷230	± 10	Прибор показывающий ГОСТ 12997, многоточечный, шкала 0÷800 ⁰ С, гр. ХК, кл.т. 0,5 в комплекте с термопреобразователем термоэлектрическим L-1250 мм, ГОСТ 6616 , кл.т. 0,5, δ _к - 0,7%, Δ =(±5,6) ⁰ С
12.	Температура газа (Т-527) перед теплообменником (поз.310) после смешения от поз. 309	газоход	⁰ С	190÷230	± 102	Прибор показывающий ГОСТ 12997, многоточечный, шкала 0÷800 ⁰ С, гр. ХК, кл.т. 0,5 в комплекте с термопреобразователем термоэлектрическим L-1250 мм, ГОСТ 6616 , кл.т. 0,5, δ _к - 0,7%, Δ =(±5,6) ⁰ С
13.	Температура газа (Т-518) в газоходе на выходе из межтрубного пространства теплообменника(поз.303)	газоход	⁰ С	370÷410	± 10	Прибор показывающий ГОСТ 12997, многоточечный, шкала 0÷800 ⁰ С, гр. ХК, кл.т. 0,5 в комплекте с термопреобразователем термоэлектрическим L-1250 мм, ГОСТ 6616, кл.т. 0,5, δ _к -0,7%, Δ =(±5,6) ⁰ С

14.	Температура газа (Т-508) в газоходе после теплообменника (поз.305 к поз. 306)	газоход	$^{\circ}\text{C}$	390÷440	± 10	Потенциометр показывающий ГОСТ 7164, многоточечный, шкала 0÷800 $^{\circ}\text{C}$, гр. ХК, кл.т. 0,5 в комплекте с термопреобразователем термоэлектрическим L-1250 mm, ГОСТ 6616, кл.т. 0,5, δ_k -0,7%, $\Delta = (\pm 5,6)^{\circ}\text{C}$
15.	Температура газа (Т-509) в газоходе перед контактными аппаратом (поз.306) на первый слой	газоход	$^{\circ}\text{C}$	390÷440	± 10	Прибор регистрирующий по ГОСТ 7164, многоточечный, шкала 0÷600 $^{\circ}\text{C}$, гр. ХК, кл.т. 0,5 в комплекте с термопреобразователем термоэлектрическим L-1250 мм, кл.т. 0,5, δ_k -0,7%, ГОСТ 6616. $\Delta = (\pm 4,2)^{\circ}\text{C}$
16.	Температура газа (Т-509) в газоходе перед контактными аппаратом (поз.306) на первый слой	газоход	$^{\circ}\text{C}$	$\pm 10,0$ от заданного значения	Не нормируется	Пневматический датчик ГОСТ 13053, дроссельная заслонка поз. 514, регулирующий с исполнительным механизмом пневматическим на байпасном газоходе теплообменника поз.309.
17	Температура газа (Т-510) в газоходе на второй слой контактного аппарата	Газоход контактного аппарата	$^{\circ}\text{C}$	450÷490	± 10	Прибор регистрирующий по ГОСТ 7164, многоточечный, шкала 0÷600 $^{\circ}\text{C}$, гр. ХК, кл.т. 0,5 в комплекте с термопреобразователем термоэлектрическим L-1250 мм, ГОСТ 6616 кл.т. 0,5, δ_k -0,7%, $\Delta = (\pm 4,2)^{\circ}\text{C}$
18.	Температура газа (Т-512) в газоходе на третий слой контактного аппарата	Газоход контактного аппарата	$^{\circ}\text{C}$	420÷440	± 10	Прибор регистрирующий по ГОСТ 7164, многоточечный, шкала 0÷600 $^{\circ}\text{C}$, гр. ХК, кл.т. 0,5 в комплекте с термопреобразовате-

						лем термоэлектрическим L-1250 мм, ГОСТ 6616 кл.т. 0,5, δ_k -0,7%, $\Delta = (\pm 4,2)^{\circ}\text{C}$
19.	Температура газа (Т-514) в газоходе на четвертый слой контактного аппарата	Газоход контактного аппарата	$^{\circ}\text{C}$	420÷430	± 10	Прибор регистрирующий по ГОСТ 7164, многоточечный, шкала 0÷600 $^{\circ}\text{C}$, гр. ХК, кл.т. 0,5 в комплекте с термопреобразователем термоэлектрическим L-1250 мм, ГОСТ 6616 δ_k кл.т. 0,5, -0,7%, $\Delta = (\pm 4,2)^{\circ}\text{C}$
20.	Температура газа (Т-513) в газоходе на пятый слой контактного аппарата	Газоход контактного аппарата	$^{\circ}\text{C}$	425÷435	$\pm 10,0$	Потенциометр регистрирующий по ГОСТ 7164, многоточечный, шкала 0÷600 $^{\circ}\text{C}$, гр. ХК, кл.т. 0,5 в комплекте с термопреобразователем термоэлектрическим L-1250 мм, ГОСТ 6616 кл.т. 0,5, δ_k -0,7%, $\Delta = (\pm 4,2)^{\circ}\text{C}$
21.	Температура газа (Т-525) в газоходе на выходе из межтрубного пространства теплообменника (поз.311)	газоход	$^{\circ}\text{C}$	400÷420	$\pm 10,0$	Потенциометр показывающий ГОСТ 12997, многоточечный, шкала 0÷800 $^{\circ}\text{C}$, гр. ХК, кл.т. 0,5 в комплекте с термопреобразователем термоэлектрическим L-1250 мм, ГОСТ 6616, кл.т. 0,5, δ_k -0,7%, $\Delta = (\pm 4,2)^{\circ}\text{C}$
22.	Температура газа (Т-515) в газоходе на выходе из первого слоя контактного аппарата	газоход	$^{\circ}\text{C}$	550÷600	$\pm 10,0$	Прибор показывающий ГОСТ 12997, многоточечный, шкала 0÷800 $^{\circ}\text{C}$, гр. ХК, кл.т. 0,5 в комплекте с термопреобразователем термоэлектрическим L-1250 мм, ГОСТ 6616, кл.т. 0,5, δ_k -0,7%, $\Delta = (\pm 5,6)^{\circ}\text{C}$

23.	Температура газа (Т-526) в газоходе на выходе из второго слоя контактного аппарата	газоход	$^{\circ}\text{C}$	510÷550	$\pm 10,0$	Прибор показывающий ГОСТ 12997, многоточечный, шкала 0÷800 $^{\circ}\text{C}$, гр. ХК, кл.т. 0,5 в комплекте с термопреобразователем термоэлектрическим L-1250 мм, ГОСТ 6616, кл.т. 0,5, $\delta_{\text{к}}$ -0,7%, $\Delta = (\pm 5,6)^{\circ}\text{C}$
24.	Температура газа (Т-517) в газоходе на выходе из третьего слоя контактного аппарата	газоход	$^{\circ}\text{C}$	425÷450	$\pm 10,0$	Прибор показывающий ГОСТ 12997, многоточечный, шкала 0÷800 $^{\circ}\text{C}$, гр. ХК, кл.т. 0,5 в комплекте с термопреобразователем термоэлектрическим L-1250 мм, ГОСТ 6616, кл.т. 0,5, $\delta_{\text{к}}$ -0,7%, $\Delta = (\pm 5,6)^{\circ}\text{C}$
25.	Температура газа (Т-528) в газоходе на выходе из четвертого слоя контактного аппарата	газоход	$^{\circ}\text{C}$	425÷435	$\pm 10,0$	Прибор показывающий ГОСТ 12997, многоточечный, шкала 0÷800 $^{\circ}\text{C}$, гр. ХК, кл.т. 0,5 в комплекте с термопреобразователем термоэлектрическим L-1250 мм, ГОСТ 6616, кл.т. 0,5, $\delta_{\text{к}}$ -0,7%, $\Delta = (\pm 5,6)^{\circ}\text{C}$
26.	Температура газа (Т-530) в газоходе на выходе из пятого слоя контактного аппарата	газоход	$^{\circ}\text{C}$	427÷437	$\pm 10,0$	Прибор показывающий ГОСТ 12997, многоточечный, шкала 0÷800 $^{\circ}\text{C}$, гр. ХК, кл.т. 0,5 в комплекте с термопреобразователем термоэлектрическим L-1250 мм, ГОСТ 6616, кл.т. 0,5, $\delta_{\text{к}}$ -0,7%, $\Delta = (\pm 5,6)^{\circ}\text{C}$
27.	Температура газа (Т-537,547,538,539,540,541,542,543,544,545,548) перед 1,3,4,5 слоями контактной массы, газ после 1,2,3,4,5 слоев контактной массы в контактном	Контактный аппарат	$^{\circ}\text{C}$	550÷600 510÷550 425÷450 425÷435 427÷437	$\pm 10,0$	Прибор регистрирующий по ГОСТ 7164, многоточечный, шкала 0÷800 $^{\circ}\text{C}$, гр. ХА, кл.т. 0,5 в комплекте с преобразователем термоэлектрическим, ГОСТ 6616 $\delta_{\text{к}}$ -0,7%, $\Delta = (\pm 5,7)^{\circ}\text{C}$

	аппарате(поз.306)					
28.	Температура газа (Т-531) после теплообменника (поз.310 к поз.309) после контактного аппарата	газоход	⁰ С	320÷360	± 10,0	Прибор показывающий ГОСТ 12997, многоточечный, шкала 0÷800 ⁰ С, гр. ХК, кл.т. 0,5 в комплекте с термопреобразователем термоэлектрическим L-1250 mm , ГОСТ 6616 , δ _к -0,7%, Δ=(±5,5) ⁰ С
29.	Температура газа (Т-549) после теплообменника (поз.309) к ангидриднему холодильнику (поз.303)	газоход	⁰ С	170÷200	± 10,0	Прибор показывающий ГОСТ 12997, многоточечный, шкала 0÷800 ⁰ С, гр. ХК, кл.т. 0,5 в комплекте с термопреобразователем термоэлектрическим L-1250 mm , ГОСТ 6616, δ _к -0,7%, Δ=(±5,5) ⁰ С
35.	Давление газа (Р-1, Р-2, Р-3, Р-4, Р-5, Р-6) на входе в 1,2,3,4,5 слои контактного аппарата (поз.306) и на выходе из пятого слоя	слои контактного аппарата	кРа	0÷40 8÷10 6÷7,5 4÷5,5 3÷4,5 2,5÷3,5	± 2 ±1,2 ±1 ±0,5 ± 0,3 ± 0,15	Прибор измерительный по ГОСТ 2405. Кл.т. 2,5 Предел измерений: Р-1 - 0÷40 кРа; Р-2 - 0÷25 кРа; Р-3 - 0÷16 кРа; Р-4 - 0÷10 кРа; Р-5 - 0÷6,3 кРа; Р-6 - 0÷6 кРа;

11 ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Для составления маршрутной карты изготовления фланца необходимо знать следующие размеры фланца:

Внутренний диаметр

$$D_H := 0.82 M$$

$$D_\phi := 0.975 M$$

Диаметр наружный

Диаметр болтовой окружности

$$D_6 := 0.92 \text{ М}$$

Диаметр для втулки

$$D_1 := 0.88 \text{ М}$$

Диаметр для болтов

$$d_6 := 0.027 \text{ М}$$

M27

Фланец изготовлен из высоколегированной стали 12Х18Н10Т. Для изготовления фланца необходимо проделать две операции: токарную и вертикально-сверильную.

Необходимое оборудование и приспособления: карусельный станок VLC 1000 АТС/АТС+С и сверильный станок ПРОМА Е-2020F/400.

В качестве измерительного инструмента выбираем штангенциркуль ШЦ II Schut DIN 862.

Режущие инструменты выбираем по табл.3.1[1, с.71]:

-резцы токарные проходные упорные с пластинами из твердого сплава (ГОСТ 18880-73), применяемые для точения деталей;

-резцы токарные расточные с пластинами из твердого сплава (ГОСТ 18883-73), применяемых для растачивания глухих отверстий диаметром от 10 до 110 мм;

-Сверло 27 мм, по металлу, к/х, с/с (I-170, L-291, KM3) с ТС пластиной BK8, Россия

Технические характеристики сверлильного станка PROMA E-2020F/400

Название	Значение
Напряжение питания, В	400
Потребляемая мощность, Вт	1500
Патрон, мм	5-20
Максимальный диаметр сверления, мм	32
Конус шпинделя, Mk	IV
Максимальное расстояние между шпинделем и столом (h), мм	595
Максимальное расстояние между шпинделем и основанием (H), мм	1100
Размер стола (ахб), мм	425x475
Диаметр колонны (D), мм	92
Число скоростей, ст.	12
Диапазон оборотов, мин.-1	120/200, 250/360, 400/450, 950/1280, 1520/1840, 2440/3480
Т-образный паз:	16
Общая высота (V), мм	1730
Вылет шпинделя (X), мм	260
Ход шпинделя, мм	120
Размер основания (АхВ), мм	580x450
Вес нетто/брутто, кг	144/150
Упаковка размер картонного ящика (ДхШхВ), мм	1450x653x333

Технические данные	-	VLC 1000 ATC/ATC+C
Диаметр планшайбы	мм	1000
Макимальный диаметр заготовки	мм	1350
Макимальный диаметр точения	мм	1100
Максимальная высота заготовки	мм	700
Максимальная масса заготовки	кг	4000
Ход по оси X	мм	-100, +720
Ход по оси Z (выдвижение ползуна)	мм	800
Ход траверсы	мм	700
Сечение ползуна	мм	180x180
Мощность привода планшайбы S1/S6-40%	кВт	37/51
Максимальный крутящий момент привода планшайбы	Нм	8800
Макс. обороты планшайбы	мин -1	600
Программируемый инкремент оси С	°	0,001
Макс. обороты инструментального шпинделя	мин -1	2400
Мощность инструментального шпинделя S1/S6-	кВт	5,5/7,5 (15/18,5)





Токарная операция 010, переход 1

Поддачи при чистовом точении выбираем в зависимости от требуемых параметров шероховатости обработанной поверхности по табл.14

[2, с.268]

$$R_a := 1.25 \text{ мкм}$$

параметр шероховатости поверхности

Глубина резания:

$$t := 0.4 \text{ мм, в зависимости от шероховатости поверхности}$$

подача:

$$s_m := 1.2 \frac{\text{мм}}{\text{об}} [2, \text{с.266}]$$

11.1 Расчет режима обработки

Среднее значение стойкости при одноинструментальной обработке принимается:

$$T_m := 30 \text{ мин}$$

По таб.17 [2, с.269] принимаем значение коэффициента C_v и показателей степени x, y, m :

$$C_v := 292$$

$$x := 0.3$$

$$y := 0.15$$

$$m_{\text{vw}} := 0.18$$

Определим коэффициент K_{Γ} и показатель степени n_v по табл.2 [2, с.262] для стали 12X18H10T и резцов токарных проходных с пластинами из твердой поверхности::

$$K_{\Gamma} := 1$$

$$n_v := 1$$

$$\sigma_B := 540 \text{ МПа, предел прочности стали 12X18H10T}$$

Коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки:

$$K_{mv} := K_{\Gamma} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1.389$$

Коэффициент, учитывающий состояние поверхности определяем по табл.5 [2, с.263]:

$$K_{nv} := 1$$

Коэффициент, учитывающий состояние материала инструмента определяем по табл.6 [2, с.263]:

$$K_{uv} := 1.4$$

Определяем коэффициент:

$$K_v := K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = 1.944$$

Найдем скорость резания:

$$v := \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} = 394.277 \frac{\text{М}}{\text{МИН}}$$

Частота определяется по формуле:

$$n := \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_{\phi} \cdot 1000} = 128.72 \frac{\text{об}}{\text{МИН}}$$

11.2 Расчет нормы времени

$$l_{\text{vw}} := 0.5 \cdot 1000 \cdot \left(D_{\phi} - D_{\sigma} - \frac{d_{\sigma}}{2} \right) - 2 = 18.75$$

мм, величина обрабатываемой поверхности

$$l_1 := 4$$

мм, величина врезания инструмента

$$l_2 := 1.5$$

мм, величина перебега инструмента

Расчетная длина рабочего хода инструмента:

$$L := l + l_1 + l_2 = 24.25$$

$$i := 1$$

число проходов инструмента

Основное (технологическое) время:

$$T_0 := \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = 0.157 \text{ мин}$$

Коэффициент для точения при определении $T_{шт}$:

$$\phi_K := 2.14$$

$$T_{шт} := \phi_K \cdot T_0 = 0.336 \text{ мин}$$

Так как производство единичное:

$$T_{шт.к} := T_{шт} = 0.336 \text{ мин}$$

Токарная операция 010, переход 2

Поддачи при чистовом точении выбираем в зависимости от требуемых параметров шероховатости обработанной поверхности по табл.14 [2, с.268]

$$R_{\text{макс}} := 1.25 \text{ мкм}$$

параметр шероховатости поверхности

Глубина резания:

$$t := 0.4 \text{ мм, в зависимости от шероховатости поверхности}$$

подача:

$$s_{\text{н}} := 1.2 \frac{\text{мм}}{\text{об}} [2, \text{с.266}]$$

11.3 Расчет режима обработки

Среднее значение стойкости при одноинструментальной обработке принимается:

$$T := 30 \text{ мин}$$

По таб.17 [2, с.269] принимаем значение коэффициента C_v и показателей степени x, y, m :

$$C_{\text{н}} := 292$$

$$x := 0.3$$

$$y := 0.15$$

$$m := 0.18$$

Определим коэффициент K_g и показатель степени n_v по табл.2 [2, с.262] для стали 12Х18Н10Т и резцов токарных проходных с пластинами из твердой поверхности::

$$K_{\text{г}} := 1$$

$$n_{\text{н}} := 1$$

$$\sigma_{\text{в}} := 540$$

МПа, предел прочности стали 12Х18Н10Т

Коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки:

$$K_{\text{мат}} := K_{\text{г}} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_{\text{в}}} \right)^{n_v} = 1.389$$

Коэффициент, учитывающий состояние поверхности определяем по табл.5 [2, с.263]:

$$K_{\text{пов}} := 1$$

Коэффициент, учитывающий состояние материала инструмента определяем по табл.6 [2, с.263]:

$$K_{\text{mv}} := 1.4$$

Определяем коэффициент:

$$K_{\text{uv}} := K_{\text{mv}} \cdot K_{\text{nv}} \cdot K_{\text{uv}} = 1.944$$

Найдем скорость резания:

$$v := \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} = 394.277 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Частота определяется по формуле:

$$n := \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot (D_1 \cdot 1000 - 4)} = 143.267 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

11.4 Расчет нормы времени

$$l := 0.5 \cdot (D_\phi - D_1) \cdot 1000 - 4 = 43.5$$

мм, величина обрабатываемой поверхности

$$l_1 := 4$$

мм, величина врезания инструмента

$$l_2 := 1.5$$

мм, величина перебега инструмента

Расчетная длина рабочего хода инструмента:

$$L := l + l_1 + l_2 = 49$$

$$i := 1$$

число проходов инструмента

Основное (технологическое) время:

$$T_{\text{шт}} := \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = 0.285 \text{ мин}$$

$$\phi := 2.14$$

Коэффициент для точения при определении Тшт:

$$T_{\text{шт}} := \phi_K \cdot T_0 = 0.61 \text{ мин}$$

Так как производство единичное:

$$T_{\text{шт}} := T_{\text{шт}} = 0.61 \text{ мин}$$

Токарная операция 010, переход 3

Поддачи при чистовом точении выбираем в зависимости от требуемых параметров шероховатости обработанной поверхности по табл.14 [2, с.268]

$$R_a := 1.25 \text{ мкм}$$

параметр шероховатости поверхности

Глубина резания:

$$t := 0.4$$

мм, в зависимости от шероховатости
поверхности

подача:

$$s := 1.1 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

[2, с.266]

11.5 Расчет режима обработки

Среднее значение стойкости при одноинструментальной обработке принимается:

$$T := 30 \text{ мин}$$

По таб.17 [2, с.269] принимаем значение коэффициента C_v и показателей степени x, y, m :

$$C := 292$$

$$x := 0.3$$

$$y := 0.15$$

$$m := 0.18$$

Определим коэффициент K_Γ и показатель степени n_v по табл.2 [2, с.262]

для стали 12Х18Н10Т и резцов токарных проходных с пластинами из твердой поверхности::

$$K_\Gamma := 1$$

$$n_v := 1$$

$$\sigma_B := 540$$

МПа, предел прочности стали 12Х18Н10Т

Коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки:

$$K_{\Gamma} := K_\Gamma \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1.389$$

Коэффициент, учитывающий состояние поверхности определяем по табл.5 [2, с.263]:

$$K_{\text{поверхности}} := 1$$

Коэффициент, учитывающий состояние материала инструмента

определяем по табл.6 [2, с.263]:

$$K_{\text{инструмента}} := 1.4$$

Определяем коэффициент:

$$K := K_{m_v} \cdot K_{n_v} \cdot K_{u_v} = 1.944$$

Найдем скорость резания:

$$v := \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} = 399.457 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Частота определяется по формуле:

$$n := \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot (D_H \cdot 1000)} = 155.062 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

11.6 Расчет нормы времени

мм, величина обрабатываемой

поверхности

$$l_w := 0.5 \cdot (D_1 - D_H) \cdot 1000 = 30$$

$$l_{1w} := 4$$

мм, величина врезания инструмента

$$l_{2w} := 1.5$$

мм, величина перебега инструмента

Расчетная длина рабочего хода инструмента:

$$L_w := l + l_1 + l_2 = 35.5$$

$$i_w := 1$$

число проходов инструмента

Основное (технологическое) время:

$$T_{0w} := \frac{L \cdot i}{n \cdot s} = 0.208 \text{ мин}$$

Коэффициент для точения при определении Tшт:

$$\phi_{kw} := 2.14$$

$$T_{шт} := \phi_k \cdot T_0 = 0.445 \text{ мин}$$

Так как производство единичное:

$$T_{шт} := T_{шт} = 0.445 \text{ мин}$$

Вертикально-сверильная операция

Глубина резания при сверлении:

$$t_w := 0.5 \cdot d_{\sigma} = 0.014 \text{ мм}$$

При сверлении отверстий без ограничивающих факторов выбираем по таб. 25 [2, с.277]:

$$s_w := 0.36 \frac{\text{мм}}{\text{об}} \text{ подача}$$

11.7 Расчет режима обработки:

Значение периода стойкости определяем по табл.30 [2, с.279]:

$$T := 20 \text{ мин}$$

Значение коэффициента C_v и показателей степени q, y, m определяем по табл.28 [2, с.279]:

$$C_v := 3.5$$

$$q := 0.5$$

$$y := 0.45$$

$$m := 0.12$$

Коэффициент K_Γ и n_v определяем по табл.2 [2, с.262]:

$$K_\Gamma := 1$$

$$n_v := 1$$

Коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки:

$$K_{mv} := K_\Gamma \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1.389$$

Коэффициент, учитывающий глубину сверления определяем по табл.5 [2, с.262]:

$$K_{lv} := 1$$

Коэффициент, учитывающий состояние материала инструмента по табл.6 [2,с.263]:

$$K_{uv} := 1.4$$

$$K_{mv} := K_{mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{uv} = 1.944$$

Определяем скорость резания:

$$v := \frac{C_v \cdot d_\sigma^q \cdot K_v}{T^m \cdot s^y} = 1.236 \frac{\text{м}}{\text{мин}}$$

Частота определяется по формуле:

$$n := \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d_\sigma \cdot 1000} = 14.574 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$$

11.8 Расчет нормы времени

$$l := 27$$

мм, величина обрабатываемой поверхности

$$l_1 := 5$$

мм, величина врезания инструмента

86

Расчетная длина рабочего хода инструмента:

$$L := l + l_1 = 32 \text{ мм}$$

Основное (технологическое) время:

$$T_0 := \frac{L}{n \cdot s} = 6.099 \text{ мин}$$

Коэффициент для точения при определении Tшт:

$$\phi := 1.72$$

$$T_{шт} := \phi \cdot T_0 = 10.491 \text{ мин}$$

Так как производство единичное:

$$T_{шт} := T_{шт} = 10.491 \text{ мин}$$

12 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В данной дипломной работе производился расчет теплообменного аппарата для подогрева газа SO_2 и охлаждения газа SO_3 . Основные размеры сконструированного теплообменного аппарата: высота – 13800 м, диаметр – 5520 м.

Процесс окисления диоксида серы до триоксида производится в пяти-слойном контактном аппарате (поз.306). в центре аппарата расположена опорная труба. По высоте аппарата слои разделены выпуклыми перегородками. Между корпусом и опорной трубой смонтированы радиальные балки, на которые укладываются колосниковые решетки. На колосниковых решетках натянута стальная сетка, на которую уложена контактная масса.

Снаружи контактный аппарат теплоизолирован минераловатными матами и алюминиевыми листами , с целью уменьшения потерь тепла в окружающую среду.

Окисление диоксида серы (SO_2) до триоксида (SO_3) происходит в присутствии ванадиевого катализатора по реакции:



12.1. Производственная безопасность

Таблица 6

Опасные и вредные факторы при выполнении работ по оценке технического состояния контактно-компрессорного отделения по ГОСТ 12.0.003-74

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
<p>1. Пуск и обслуживание топки</p> <p>2. Работа с ванадиевой контактной</p> <p>3. Обеспечение на всех возможных режимах плотность аппаратов и коммуникаций.</p> <p>4. Установка и снятие заглушек на пожаро- и взрывоопасных линиях</p> <p>5. Управления работой и обеспечения нормальных условий эксплуатации сосудов, работающих под давлением</p>	<p>1. Наличие шума в рабочих помещениях.</p> <p>2. Токсичность диоксида серы и природного газа.</p> <p>3. Токсичность пыли ванадиевой контактной массы.</p>	<p>1. Опасность поражения электрическим током.</p> <p>2. Опасность термических ожогов.</p> <p>3. Опасность взрыва и пожара.</p>	<p>1. Параметры шума в рабочих помещениях устанавливаются СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки.</p> <p>2. Токсичность диоксида серы и природного газа устанавливается - РИ 0338.44.005/1 – 03 «Рабочая инструкция по отбору проб и определению сернистого ангидрида в технологическом газе сернокислотного цеха» - определение диоксида серы в газе.</p> <p>3. Опасность взрыва и пожара регулируется ВНТП 3-85, ПБ 08-624-03 «Общие Правила противопожарного режима в Российской Федерации».</p> <p>4. Опасность поражения электрическим током регулируется ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.</p>

Нами выявлено 3 вредных фактора, такие как:

1. Наличие шума в рабочих помещениях.
2. Токсичность диоксида серы и природного газа.

3. Токсичность пыли ванадиевой контактной массы.

Описание данных вредных факторов представлено в таблице 2.

Таблица 7

Описание вредных веществ, источники возникновения, воздействие на человека и предлагаемые средства защиты

№ п/п	Наименование вещества	Источники возникновения	Воздействие на организм	Средства защиты
1.	Токсичность диоксида серы (SO ₂)	<u>получение диоксида серы</u> в результате сжигания в топке <u>сероводородного газа</u> в <u>производстве серной кислоты</u> .	Токсичен, вызывает раздражение кожи, слизистых оболочек глаз, верхних дыхательных путей. Длительное вдыхание приводит к хроническим заболеваниям дыхательных путей, анемии, поражению печени.	Фильтрующий промышленный противогаз с фильтром. Защитные маски для глаз, специальная одежда для защиты кожи.
2.	Наличие шума в рабочих помещениях	Источниками шума на производстве является транспорт, технологическое оборудование, системы вентиляции, пневмо- и гидроагрегаты	Шум звукового диапазона замедляет <u>реакцию человека</u> на поступающие от технических устройств сигналы, это приводит к снижению внимания и увеличению ошибок при выполнении различных видов работ. Шум угнетает <u>центральную нервную систему (ЦНС)</u> , вызывает изменения скорости дыхания и пульса, способствует нарушению обмена веществ, возникновению сердечно-сосудистых заболеваний, гипертонической болезни.	Изменение направленности излучения шума; рациональная планировка предприятий и производственных помещений, акустическая обработка помещений, применение звукоизоляции

3.	Токсичность пыли ванадиевой контактной массы	к смеси щелочного раствора пятиокиси ванадия и жидкого стекла добавляется хлористый калий, из расчета 4 моля хлористого калия на 1 моль пятиокиси ванадия. Смешивание компонентов производится в барабанах, затем массу формуют и сушат обычным образом. Получается выброс токсичной пыли.	Ядовита, вызывает изменения в кроветворной системе и органах дыхания, конъюнктивы глаз, дермативы кожи.	Защитные маски для органов дыхания, респираторы, спец одежда
----	--	--	---	--

Характеристика вредных веществ (диоксид серы (SO₂); ванадиевая контактная масса) на производстве: меры защиты и профилактики представлена в таблице 8 [3].

Характеристика вредных веществ

№ п/п	Наименование вещества	Свойства вещества	Воздействие на организм	ПДК мг/м ³	Марка защитных средств	Первая помощь
1.	Диоксид серы (SO ₂)	Бесцветный газ с резким запахом. Плотность при н.у. 2,93 кг/м ³ . В водных растворах имеет кислую реакцию.	Токсичен, вызывает раздражение кожи, слизистых оболочек глаз, верхних дыхательных путей. Длительное вдыхание приводит к хроническим заболеваниям дыхательных путей, анемии, поражению печени.	10,0	Противогаз «БКФ», «М»	Свежий воздух, промывание глаз, носа, рта 5% раствором соды, тепло на область шеи, теплое молоко с содой. При сильном отравлении делать искусственное дыхание, немедленно вызвать врача.
2.	Ванадиевая контактная масса	Сыпучая масса в виде гранул, серовато-желтого цвета, на-сыпная масса 0,5÷1,0 кг/дм ³	Ядовита, вызывает изменения в кроветворной системе и органах дыхания, конъюнктивы глаз, дермативы кожи.	0,5	Респиратор РУ-60 «Лепесток», очки, спец-одежда	При отравлении пить молоко, обратиться к врачу.

Таблица 9

Характеристика опасных факторов

№ п/п	Наименование вещества	Источники возникновения	Свойства вещества	Воздействие на организм	Допустимые нормы	Средства защиты
1	Опасность поражения электрическим током	поражать органы дыхания, пищеварения, систему кровообращения и нервную систему, а также вызывать воспалительные и аллергические заболевания кожи.	направленное движение электрически заряженных частиц под воздействием электрического поля. Такими частицами могут являться: в проводниках – электроны, в электролитах – ионы (катионы и анионы), в полупроводниках – электроны и, так называемые, "дырки" ("электронно-дырочная проводимость").	судорожное сокращение мышц без потери сознания; судорожное сокращение мышц с потерей сознания, но с сохранившимся дыханием и работой сердца; потеря сознания и нарушение сердечной деятельности или дыхания (или того и другого); состояние клинической смерти.	1 мА	недоступностью токоведущих частей; надлежащей, а в отдельных случаях повышенной (двойной) изоляцией; заземлением или занулением корпусов электрооборудования и элементов электроустановок, могущих оказаться под напряжением; надежным и быстродействующим автоматическим защитным отключением;
2	Опасность термических ожогов	Возникают в результате воздействия высоких температур	характерное повреждение тканей человеческого организма.	Покраснение кожи, возникновение пузырей, повреждение слое эпидермиса	1-я степень повреждения	Противоожоговые средства, мази, повязки
3	Опасность взрыва и пожара	взрывы резервуаров с горючими веществами и аварийно химически опасными веществами, обрушение элементов строительных конструкций, замыкание электрических сетей.	открытое пламя, искра, электрические дуги, нагретые поверхности и др.	Потеря видимости вследствие задымления, пониженная концентрация кислорода	0.000001 ОФП	<u>Электропроводку</u> во избежание возникновения <u>короткого замыкания</u> , способного привести к пожару, <u>изолируют</u> . Изолируют от влаги <u>розетки</u> , расположенные в санузлах и на внешних стенах. Устанавливают <u>УЗО</u> и автоматические <u>предохранители</u> . Теплоизолируют газовые и электрические плиты от <u>деревянной</u> мебели. Для тушения <u>окурков</u> используют пепельницы, а <u>свечи</u> зажигают в подсвечниках.

12.2 Экологическая безопасность

В результате деятельности производство по переработке серной кислоты оказывает воздействие на атмосферу в виде сернистого ангидрида, но до состояния атмосферы города до уровней ПДК в связи со строительством нового сернокислотного цеха и новой плавильной печи;

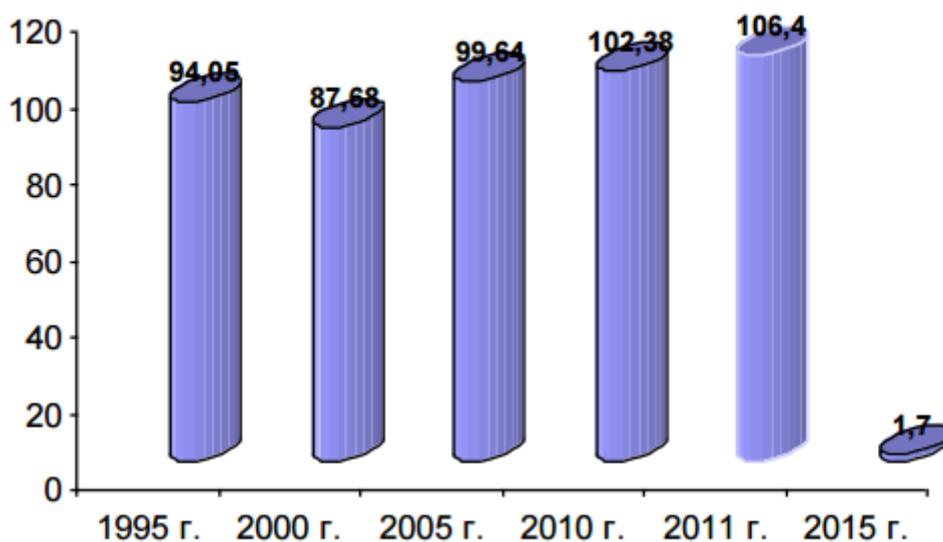


Рис. 1 Динамика выбросов сернистого ангидрида после строительства нового сернокислотного цеха и новой плавильной печи

на литосферу оказывает воздействие в виде нарушения земель в связи с обработкой карьеров, шахт, складирование пустых пород, забалансовых руд, хвостов переработки обогатительных фабрик, шлаков и клинкеров заводов, представляющих собой техногенные образования;

на гидросферу оказывает воздействие в виде сбросов загрязняющих веществ в водоемы и на рельеф местности с карьерными и шахтными водами.

В таблице 4 представлена экологическая безопасность производства согласно Технологического регламента «Производство серной кислоты СК-3» [3].

Таблица 10

Характеристика отходов производства, сточных вод и газовых выбросов

Наименование отходов	Краткая характеристика	Нормируемое кол-во	Массовая доля вредных примесей, %		Примечание
			норма	Факт	
Кислые стоки: конденсат от электрофильтров, от промывки отходящих газов, оборудования.	Содержание, концентрация, г/дм ³ : H ₂ SO ₄ -серная кислота Cu - медь Fe - железо As - мышьяк Sb - сурьма Bi - висмут Mn - марганец Pb - свинец F - фтор Zn - цинк Re - рений	360 м ³ /сутки	H ₂ SO ₄ Не более 40 г/л Cu 0.1 – 3.0 г/л Fe 0.1 – 2,0 г/л As 0,1 – 1,5 г/л Sb 0,1 – 0,6 г/л Bi -0,05 – 0,1 г/л Mn 0,01 – 0,03 г/л Pb 1,0 – 20,2 мг/л F - 0,01 – 2,0 г/л Zn 0,1 – 1,5 г/л Re - 0,002 – 0,4 мг/л	21,5 г/л 0,7 г/л 0,55 г/л 0,5 г/л 0,2 г/л 0,05 г/л 4,3 мг/л 0,05 г/л 0,6 г/л 0,03мг/л	Выводится на очистные сооружения и нейтрализуется раствором карбонатных пород (известковым молоком).
Шлам свинцово-висмутовый	Массовая доля: Pb - свинец Bi - висмут	2500÷5000 т/год	Pb - 40÷60% Bi - 0.1÷0.5%	46,1% 0,23%	Складировается на территории очистных сооружений
Выхлопные газы	SO ₂ - сернистый ангидрид SO ₃ - серный ангидрид	120000 м ³ /ч СК-3 60000 м ³ /ч СК-2	Массовая доля: в соответствии с технологической инструкцией SO ₂ не более 0,3% SO ₃ не более 0,0035 %	0,40% 0,0065%	Выбрасываются через выхлопную трубу Н – 180 м в атмосферу.

			В соответствии с томом ПДВ: SO ₂ - 25,725т/г. SO ₃ - 11,432 т/г.		
--	--	--	--	--	--

Примечание: Контроль за отходами ведется лабораторией комбината (ЦЭАЛ) согласно графика и цеховой лабораторией согласно режимных карт.

12.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Правила аварийной остановки производства, возможные аварийные состояния производства, способы их предупреждения и устранения

Неполадки и аварийные состояния производства могут возникнуть при:

- прекращение подача электроэнергии;
- прекращение подачи сернистого газа из металлургического цеха;
- прекращение подачи воды водооборотного цикла;
- разрушение коммуникаций, аппаратуры, ёмкостей;
- возникновение пожара, грозящего безопасности обслуживающего

персонала, выводу из строя действующего оборудования.

Во всех аварийных ситуациях обслуживающий персонал обязан действовать согласно «Плана локализации аварийных ситуаций» и инструкций по рабочим местам с незамедлительным уведомлением диспетчера завода и начальника цеха.

В таблице 6 изложены возможные причины, которые могут привести к возникновению аварийных ситуаций на сооружениях промьсла, причины их возникновения и способы устранения. [3]

Таблица 11

Возможные виды аварийного состояния производства и
способы их устранения

<i>Контактно-компрессорное отделение</i>			
1.	Резкое увеличение давления в системе контактирования	1.1 Закрытие одного из дросселей на газоходах контактного узла	1.1.1 Проверить положение дросселей и отрегулировать давление в системе .
2.	Увеличение сопротивления слоев контактной массы в контактном аппарате.	2.1 Засорение контактной массы, механическое разрушение, спекание	2.1.1 Во время капитального ремонта контактную массу просеять, дополнить новой или заменить полностью.
3.	Повышение температуры на выходе из 1-го слоя контактного аппарата выше 600°C	3.1 Повышение температуры газа перед контактным аппаратом. 3.2 Повышение объемной доли SO ₂ в газе перед контактным аппаратом 3.3 Снижение нагрузки по газу на контактный аппарат.	3.1.1 Отрегулировать температуру газа перед контактным аппаратом. 3.2.1 Отрегулировать объемную долю SO ₂ в газе дросселированием воздуха перед отдувочной башней. 3.3.1 Проверить работу нагнетателя и отрегулировать нагрузку по газу.
4.	Понижение температуры газа на выходе из 1-го слоя контактного аппарата ниже 550°C	4.1 Понижение температуры газа перед контактным аппаратом. 4.2 Понижение объемной доли SO ₂ в газе перед контактным аппаратом 4.3 Повышение нагрузки по газу на контактный аппарат.	4.1.1 Отрегулировать температуру газа перед контактным аппаратом. 4.1.2 При необходимости запустить в работу пусковую установку 4.2.1 Отрегулировать объемную долю SO ₂ в газе дросселированием воздуха перед отдувочной башней. 4.3.1 Проверить работу нагнетателя и отрегулировать нагрузку по газу.
5.	Высокая температура газа на выходе из 2-го слоя контактного аппарата выше 550°C	5.1 Повышение температуры газа на входе во 2-ой слой. 5.2 Снижение степени контактирования, активности катализатора 1-го слоя.	5.1.1 Проверить работу теплообменника поз.305 и отрегулировать температуру. 5.2.1 Подобрать оптимальный температурный режим для данных условий. 5.2.2 Во время капитального ремонта контактную массу просеять, дополнить новой или заменить полностью на 1-м слое.

6.	Повышение температуры вкладышей подшипников выше 60°C	<p>6.1 Повышение температуры масла, подаваемого во вкладыши.</p> <p>6.2 Падение давления масла в системе.</p> <p>6.3 Повышение температуры воды, охлаждающей масло.</p> <p>6.4 Нарушение рабочего режима нагнетателя.</p> <p>6.5 Загрязнение смазочного масла.</p> <p>6.6 Накопление грязи в муфте и её заклинивание.</p>	<p>6.1.1 Увеличить расход воды в маслоохладитель.</p> <p>6.1.2 Проверить загрязненность пучков маслоохладителя, провести очистку.</p> <p>6.2.1 Проверить и отрегулировать работу редукционного клапана.</p> <p>6.3.1 Увеличить расход воды в маслоохладитель.</p> <p>6.3.2 Связаться с аппаратчиком водооборотного цикла.</p> <p>6.4.1 Отрегулировать рабочий режим нагнетателя в соответствии с паспортными характеристиками.</p> <p>6.5.1 Произвести анализ масла, при необходимости заменить.</p> <p>6.5.2 Произвести очистку фильтров.</p> <p>6.6.1 Остановить нагнетатель, перейти на резервный агрегат.</p> <p>6.6.2 Очистить муфту от грязи и проверить поступление масла.</p>
7.	Помпаж	<p>7.1 Закрытие дроссельной заслонки на всасывающем газоходе или самопроизвольное закрытие задвижек на газоходе</p>	<p>7.1.1 Открыть полностью дроссельную задвижку, при необходимости агрегат остановить.</p> <p>7.1.2 Устранить причины отказа в работе запорной арматуры.</p>

Если неполадки не приводят к расширению зоны аварийной ситуации, нарушению техники безопасности, то их необходимо устранять вахтовым персоналом. При необходимости временного изменения технологического режима решение принимает начальник смены, доложив об этом начальнику промысла.

Если возникшие неполадки вызывают повышенную опасность, то принимается решение к остановке техпроцесса до устранения неполадок.

Пожарная безопасность

Пожарная безопасность объекта обеспечивается рядом противопожарных мероприятий, предусмотренных в соответствии с Федеральным законом Российской Федерации от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" [4]

Работники, обслуживающие промысел, обязаны пройти противопожарный инструктаж и занятия по пожарно-техническому минимуму.

При работе на взрыво- пожароопасном производстве безопасность работающего персонала должна обеспечиваться:

- конструктивно-планировочным решением помещений, гарантирующим возможность осуществления быстрой эвакуации людей и ограничивающим распространение пожара;
- постоянным содержанием в надлежащем состоянии специального оборудования, способствующего успешной эвакуации людей в случае пожара (системы экстренного оповещения, аварийное освещение, знаки безопасности);
- ознакомлением всех работающих с основными требованиями пожарной безопасности и мерами личной предосторожности, которые необходимо соблюдать при возникновении пожара, а также планом эвакуации людей из помещения;
- установлением со стороны администрации систематического контроля за строжайшим соблюдением мер предосторожности при ремонтных рабо-

тах, эксплуатации электроприборов, электроустановок и отопительных систем.

Для локализации и ликвидации пожара должны использоваться стационарные средства пожаротушения.

Размещение оборудования противопожарного водоснабжения и пожаротушения на площадке цеха выполнено согласно требованиям Федерального закона № 384-ФЗ от 30.12.2009, Федерального закона № 123-ФЗ от 22.07.2008, с учетом ГОСТ 31385-2008.

Расстановка противопожарных резервуаров $V=700 \text{ м}^3$ (2 шт.), водозаборного колодца на водопроводной сети, блок-боксапожаринвентаря и мотопомп, первичных средств пожаротушения обеспечивает пожаротушение любого обслуживаемого здания, сооружения, Энергоблока.

На объекте предусмотрено применение оборудования пенного и порошкового пожаротушения, а также первичных средств пожаротушения.

Противопожарное водоснабжение

Противопожарное водоснабжение цеха включает в себя два РВС $V=700 \text{ м}^3$ с тупиковым водопроводом ($d=219 \times 6 \text{ мм}$, $L=43 \text{ м}$) и водозаборным колодцем. Запроектированные резервуары противопожарного запаса воды $V=700 \text{ м}^3$ удовлетворяют потребность в запасе воды. Радиус обслуживания резервуарами – 150 м. Для увеличения радиуса обслуживания резервуарами предусмотрен тупиковый трубопровод длиной 43 м и диаметром 219 мм для заполнения водозаборного колодца. Контроль не снижаемого противопожарного уровня запаса воды осуществляется датчиками уровня. При снижении уровня воды в резервуарах до нижнего на артезианских скважинах, расположенных на площадке водозабора, запускаются погружные электронасосные агрегаты ЭЦВ6-6,3-85. [15]

Пенное пожаротушение

Для пожаротушения резервуаров РВС $V=400 \text{ м}^3$ предусматривается установка пеногенераторов ГПСС-600, подключаемых по сухотрубной системе пожарными рукавами к передвижным средствам пожаротушения.

Пожаротушение осуществляется передвижной пожарной техникой. Для этих целей предусмотрены мотопомпы типа «Гейзер-1600» $Q=20$ л/сек, $H=190$ м. Мотопомпы укомплектованы установками комбинированного тушения пожара УКТП «Пурга-10.10.20» (производительностью 20 л/сек, дальность подачи струи – 35 м).

Первичные средства пожаротушения, немеханизированный пожарный инструмент и инвентарь

К первичным средствам пожаротушения относятся:

- огнетушители, песок (в ящике), вода (объемом $0,2$ м³ и/или $0,02$ м³);
- асбестовое полотно, грубошерстная ткань или войлок (кошма, покрывало из негорючего материала).

К немеханизированному пожарному инструменту и инвентарю относятся:

- комплект для резки электропроводов (ножницы, диэлектрические боты);
- лом, багор, крюк с деревянной ручкой, ведро, лопаты.

Определение необходимого количества первичных средств пожаротушения для защиты зданий и сооружений выполнено по Приложению 6 Правил противопожарного режима в Российской Федерации, с учетом данных Приложений А и Б СП 9.13130.2009 «Техника пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации». [6]

12.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Правила работы с веществами, применяемыми в производстве, средства защиты работающих

Газо-, взрыво- и пожароопасность, опасность термических и химических ожогов, отравлений в производстве серной кислоты определяется наличием горячих газов (диоксида и триоксида серы), серной кислоты, ванадиевой контактной массы, возможностью образования взрывоопасных концентраций природного газа, водорода. [13]

При работе с этими веществами необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

1. Постоянно иметь при себе фильтрующий противогаз марки «БКФ» или «В», которыми пользоваться во всех случаях загазованности и при работе, где возможны выделения вредных газов и жидкостей.

2. На рабочем месте находиться только в спецодежде: суконный костюм, резиновые сапоги, суконные рукавицы, резиновые перчатки, респиратор, защитные очки в соответствии с нормами.

3. Поддерживать в герметичном состоянии все фланцевые соединения на аппаратах и трубопроводах, пропуски газов и жидкостей немедленно устранять.

4. Работа над баками, резервуарами, сборниками, наполненными серной кислотой, производится только при наличии на них надежных крышек, предохраняющих от попадания каких-либо предметов в кислоту.

5. Вся тара, предназначенная для серной кислоты, должна быть чисто вымыта, пропарена, просушена.

6. При смешении серной кислоты с водой в открытых сосудах нужно кислоту лить в воду, а не наоборот, во избежание разбрызгивания кислоты.

7. Перед ремонтом аппараты и трубопроводы должны быть нейтрализованы, промыты и продуты.

8. При отборе проб необходимо надевать резиновые перчатки и защитные очки, пользоваться для отбора проб специальными пробоотборниками.

9. Осмотр кислотопроводов, а также аппаратов и ёмкостей с кислотой необходимо выполнять в защитных очках и резиновых перчатках.

10. Проливы кислот должна быть немедленно нейтрализованы известью или содой, насухо подсушены опилками, после чего все нужно убрать лопатой.

11. При термическом ожоге пострадавший должен немедленно обратиться в медпункт, запрещается отдирать от кожи пригоревшие остатки одежды, обрезать обгоревшую кожу, прокалывать ожоговые волдыри и промывать водой пораженные участки кожи.

12. Во избежание несчастных случаев необходимо соблюдение требований общецеховой инструкции по технике безопасности.

13 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Экономическая часть

Производственная мощность серно-кислотного цеха контактно-компрессорного отделения определяется по ведущему оборудованию (контактный аппарат), которое составляет техническую основу производственного процесса.

Режим работы производства - непрерывный. Работа осуществляется в 4 смены по 12 часов каждая.

Под эффективным временем оборудования понимается максимально – возможное время, которое может отработать оборудование за вычетом времени на проведение планово – предупредительных ремонтов. В общем виде величина эффективного времени работы оборудования находится по формуле:

$$T_{эф.об} = T_{кал} - T_{ппр}, \text{ часа где}$$

$T_{кал}$ – годовой фонд времени работы оборудования при непрерывном режиме производства, $T_{кал} = 365 \cdot 24 = 8760$ часов;

$T_{ппр}$ – время, необходимое для проведения технических осмотров и ремонтов цементных мельниц в год (согласно графику ТО и Р оборудования).

Таблица 12

Годовой график ТО и ремонта оборудования серно-кислотного цеха

Оборудование	В том числе по месяцам											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Контактный аппарат	ПТ О-8		Т ₁ -4	ПТО-8		Т ₁ -4	ПТО-8	ПТО-8	Т ₁ -4		ПТО-8	ПТО-8
Теплообменный аппарат Поверхность теплообмена 3860 м ³	ПТ О-8	ПТ О-8	ПТО-8	ПТО-8	Т ₁ -4	ПТО-8		ПТО-8	ПТО-8	Т	ПТО-8	
Теплообменный аппарат. Поверхность теплообмена 1100 м ³		Т ₁ -4	ПТО-8		ПТО-8	Т ₁ -4	ПТО-8	ПТО-8	Т ₁ -4	ПТО-8		Т ₁ -4
Насос центробежный сборный. Тип Х8/18/2-Е-СД	ПТ О-8		ПТО-8	ПТО-8	Т ₁ -4	ПТО-8	ПТО-8		ПТО-8	ПТО-8	ПТО-8	ПТО-8
Вентилятор сборный. Тип ВДН-15	Т ₁ -4	ПТ О-8		Т ₁ -4	ПТО-8		ПТО-8	ПТО-8	Т ₁ -4		ПТО-8	

По данным действующего производства $T_{ппр}$ в среднем составляет 900 часов в год.

$$T_{эф.об.} = 8760 - 922 = 7860 \text{ часов}$$

Производственная мощность для непрерывного характера действия оборудования:

$$M = K \cdot P_{техн} \cdot T_{эф.об.} \cdot K_{и}, \text{ час}$$

где K – количество работающего оборудования, шт;

$P_{техн}$ – техническая (максимально возможная) норма производительности;

$K_{и}$ – коэффициент использования оборудования по времени,

$$K_{и} = \frac{T_{эф.об.}}{T_{кал.}}$$

$$K_{и} = \frac{7860}{8760} = 0,9$$

Производственная программа характеризует объем производства продукции в конкретных условиях. Производственная программа разрабатывается на основе производственной мощности и связь между ними выражается следующей формулой:

$$N_{год} = K_{м} \cdot M,$$

где $N_{год}$ – производственная программа (годовой объем производства);

$K_{м}$ – коэффициент мощности;

M – производственная мощность.

$$K_{м} = K_{экт} \cdot K_{инт},$$

где $K_{экт}$ – коэффициент экстенсивного использования оборудования,

$$K_{экт} = \frac{K_p \cdot T_{кал.}}{K_{уст} \cdot T_{эф.об.}}$$

$$K_{инт} = \frac{П}{П_{техн}},$$

При этом K_p – количество работающего оборудования;

$K_{уст}$ – количество установленного оборудования;

$T_{эф.об.}$ – действительное время работы оборудования;

$P_{\text{техн}}$ - техническая, максимально возможная часовая производительность оборудования;

P – соответственно, действительная производительность.

До введения новой технологии:

$$K_{\text{и}} = 7852/8760 = 0,9$$

$$K_{\text{экт}} = \frac{5 \cdot 7852}{5 \cdot 8760} = 0,9$$

$$K_{\text{инт}} = \frac{35}{35} = 1$$

$$M = 35 \cdot 7860 \cdot 5 = 1375500 \text{ т/год.}$$

$$N_{\text{год}} = 1 \cdot 1375500 = 1375500 \text{ т/год.}$$

После введения новой технологии:

$$K_{\text{и}} = 7860/8760 = 0,9$$

$$K_{\text{экт}} = \frac{5 \cdot 7852}{5 \cdot 8760} = 0,9$$

$$K_{\text{инт}} = \frac{40}{40} = 1$$

$$K_{\text{исп.м.}} = 0,875$$

$$M = 40 \cdot 7860 \cdot 5 = 1572000 \text{ т/год.}$$

$$N = 0,875 \cdot 1572000 = 1375500 \text{ т/год.}$$

13.1 Расчет материальных затрат

Потребность в материалах рассчитывается на основании технологической схемы, исходя из планового объема и норм расхода.

13.2 Расчет количества и стоимости электроэнергии на производственные нужды

Электроэнергия в проектируемом цехе расходуется на:

- двигательные цели (для приведения в действие основного и вспомогательного оборудования);
- осветительные цели.

Годовой расход электроэнергии на двигательные цели определяется по формуле:

$$P_{\text{год}} = C \cdot \mathcal{E}_{\text{дв.}}$$

Где C – цена за 1 кВт/ч, руб (1,37руб);

$\mathcal{E}_{\text{дв}}$ – действительно потребляемое количество электроэнергии в год для двигательных целей кВт.

Действительное количество электроэнергии в год на двигательные цели определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{дв}} = \frac{Q_{\text{дв}} \cdot K_{\text{спр}}}{\text{КПД}_{\text{кв}} \cdot \text{КПД}_{\text{дв}}},$$

где $Q_{\text{дв}}$ – суммарное количество электроэнергии в год;

$K_{\text{спр}}$ – коэффициент спроса, учитывающий нагрузку;

$\text{КПД}_{\text{кв}}$ – коэффициент полезного действия кабельной сети, $\text{КПД}_{\text{кв}}=0,98$;

$\text{КПД}_{\text{дв}}$ – коэффициент полезного действия двигателей, $\text{КПД}_{\text{дв}}=0,99$.

Расчет количества электроэнергии приведен в таблице 13.

Таблица 13

Расчет количества электроэнергии

Марка двигателя	Паспортная мощность двигателя, кВт	Число электродвигателей, шт.	Суммарная мощность электродвигателей кВт	Среднее количество часов работы в год	Суммарное потребляемое количество электроэнергии в год, кВт
Х8/18/2-Е-СД	1000	2	2000	6798	13596000
ВДН-15	1200	2	2400	6770	16248000
Итого:					29844000

$$\mathcal{E}_{\text{дв}} = \frac{29844000 \cdot 0,98}{0,98 \cdot 0,99} = 30145454,5 \text{ кВт.}$$

$$P_{\text{год}} = 1,37 \cdot 30145454,5 = 41299272,7 \text{ руб.}$$

Осветительная энергия цеха принимается в размере 20% от затрат на энергию для основного и вспомогательного оборудования.

$$P_{\text{осв}} = 41299272,7 \cdot 0,137 = 5658000,36 \text{ руб.}$$

Сводная таблица расчета расхода электроэнергии и ее стоимости

Наименование	Расход кВт,	Стоимость, руб
Электроэнергия на двигательные цели	29844000	5658000,36
Электроэнергия на осветительные цели		8540801

13.3 Расчет стоимости основных фондов и амортизационных отчислений

Годовая сумма амортизационных отчислений по конкретной позиции основных фондов определяется по формуле:

$$A = \frac{H_A \cdot C_{т.п.}}{100}, \text{ руб.}, \text{ где}$$

H_A – норма амортизации, %, $C_{т.п.}$ – стоимость, руб.

Расчет основных фондов и амортизационных отчислений приводится в виде таблицы 15.

Таблица 15

Расчет стоимости основных фондов и амортизационных отчислений

Наименование основных средств	Стоимость, тыс.руб.	Норма амортизации, %	Годовые амортизационные отчисления, тыс.руб
1. Здания, сооружения производственного назначения	130000000	2	26000000
2. Оборудование			
2.1. Нагнетатель сборный	180000	6	108000
2.2. Фильтр - брызгоулавливатель	50000	6	30000
2.3. Теплообменник. Поверхность теплообмена 3860 м ³	80000000	6	48000000
2.4. Теплообменник. Поверхность теплообмена 1100 м ³	70000000	6	42000000
2.5. Аппарат контактный	78000000	5	39000000

2.6 Пусковой подогреватель	60000	5	30000
2.7. Циклон - отделитель	75000	6	45000
2.8. Рукавный фильтр. Тип ФРУ П-15	45000	6	27000
2.9 Насос центробежный сборный. Тип Х8/18/2-Е-СД	20000000	6	12000000
3.0 Кран мостовой	120000000	6	72000000
3.1 Вентилятор сборный. Тип ВДН-15	35000000	6	21000000
Итого:	463210000		217040000

Отчисления в ремонтный фонд на основные фонды составляет 5% от суммарной стоимости.

$$217040000 \cdot 0,05 = 10852000 \text{ руб.}$$

13.4 Организация и планирование труда и заработной платы

Режим работы действующего производства – непрерывный. Работа осуществляется в четыре смены по 12 часов. График сменности представлен в табл. 16

Таблица 16

График сменности основных производственных рабочих

смена	Числа месяца																																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				
1	А	Б			А	Б			А	Б			А	Б			А	Б			А	Б			А	Б			А	Б					
2		А	Б			А	Б			А	Б			А	Б			А	Б			А	Б			А	Б			А	Б				
3			А	Б			А	Б			А	Б			А	Б			А	Б			А	Б			А	Б			А	Б			
4	Б			А	Б			А	Б			А	Б			А	Б			А	Б			А	Б			А	Б			А	Б		

А – часы работы с 20 до 8 часов

Б– часы работы с 8 до 20 часов

Таблица 17

Ориентировочный баланс рабочего времени одного среднесписочного
рабочего смены

№	Показатели	При 12-ти часовом рабочем дне и 4-х сменном графике
1	Календарный фонд рабочего времени	365
2	Нерабочие дни: -выходные -праздничные	182 -
3	Номинальный фонд рабочего времени, дни	183
4	Планируемые невыходы: -очередные и дополнительные отпуска -невыходы по болезни и декретные отпуска -выполнение общественных обязанностей -отпуска в связи с учебой без отрыва от производства	28 12 1 1
5	Эффективный фонд рабочего времени, дни	141
6	Эффективный фонд рабочего времени, в часах	1692

Таблица 18

Баланс рабочего времени ИТР

№	Показатели	При 8 - ми часовом рабочем дне
1	Календарный фонд рабочего времени	365
2	Нерабочие дни: -выходные -праздничные	96 9
3	Номинальный фонд рабочего времени, дни	260
4	Планируемые невыходы: -очередные и дополнительные отпуска -невыходы по болезни и декретные отпуска -выполнение общественных обязанностей -отпуска в связи с учебой без отрыва от производства	28 12 1 1
5	Эффективный фонд рабочего времени, дни	218
6	Эффективный фонд рабочего времени, в часах	1744

Штатное расписание по серно-кислотному цеху предусматривает 28 человек, в том числе производственных рабочих – 21 человек, вспомогательных рабочих - 2 человек, руководителей -5 человек. Годовой фонд заработной платы любой категории работающих равен:

$$З_{год} = З_{осн} + З_{доп},$$

Основной фонд заработной платы рабочих, оплачиваемых по временно - премиальной системе равен:

$$З_{осн} = З_{тар} + Д,$$

где $З_{тар}$ – тарифный фонд заработной платы;

$Д$ – доплаты основного фонда.

Для работников, находящихся на окладной системе оплаты труда (управленческий персонал цеха, некоторые вспомогательные рабочие цеха) основной фонд заработной платы рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = Т_{окл} + Д,$$

Где: где $Т_{окл}$ – штатный месячный оклад, руб.

Доплаты основного фонда включают в себя доплаты за работу в ночное время (40%), премии (30%), районный коэффициент (30%). Фонд дополнительной заработной платы рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{доп} = \frac{З_{осн} \cdot (t_{отп} + t_{ооб} + t_{бол} + t_{уч})}{T_{эф. раб}},$$

где $t_{отп}$ – продолжительность отпуска, дни;

$t_{ооб}$ – время на выполнение общественных заданий, дни;

$t_{бол}$ – невыходы по болезни, дни;

$t_{уч}$ – отпуск в связи с учебой, без отрыва от производства, дни;

$T_{эф. раб}$ – эффективный фонд рабочего времени, дни.

Таблица 19

Расчет фонда заработной платы управленческого персонала
серно-кислотного цеха

Долж-ность	Шта-т.и сл.	Основной фонд заработной платы (ФЗП), руб.						Доп-ый ФЗП, руб.		Год-ой ФЗП, руб.
		оклад, руб.	Допл.зано-чное врем-я	Премия 40% от оклада	Район коэф., (30%)	Итого за месяц с уче-том числ.	Итого за год	месяц	год	
1	2	3	4	$5=0,4 \times (3+4)$	$6=(3+4+5) \times 0,3$	$7=(3+4+5+6)$	$8=7 \times 12$	9	0	$1=8+10$
Началь-ник цеха		30000		12000	12600	54600	655200	11200	34400	89600
Зам. нач.		22000		8800	9240	40040	480480			

цеха								213	8560	79040
Аппа- ратчик		21000		8400	8820	38220	458640	840	4080	52720
Меха- ник.		21000		8400	8820	38220	458640	840	4080	52720
Техно- лог		18000	1500	7800	8190	141960	1703520	9120	49440	052960
Итого		-		-	-	351260	4215120	2053	64640	527040

Таблица 20

Расчет фонда заработной платы технологического персонала

Профес- сия	Штат. Числ.	Разр.	Час. Став- ка, руб	Тэф., ч/год	Основной фонд заработной платы, руб.					Доп. ФЗП, руб.	Год. ФЗП, руб.
					З _{тар}	ночные	Премия (40%) %	Район. коэф. (60%)	итого		
1	2	3	4	5	$6=4 \times 5 \times 2$	7	$8=(6+7) \times 0,4$	$9=(6+7+8) \times 0,3$	$10=6+7+8+9$	11	$12=10+11$
Сварщик	5	5	64	1640	524800	209920	293888	617164,8	1645772,8	57602,048	1703374,8
Машинист ГДМ	4	3	49	1640	401800	160720	225008	472516,8	1260044,8	44101,568	1304146,4
Электрик	4	5	64	1640	524800	209920	293888	617164,8	1645772,8	57602,048	1703374,8
Слесарь	5	5	64	1640	524800	209920	293888	617164,8	1645772,8	57602,048	1703374,8
Оператор	3	3	49	1640	80360	32144	45001,6	94503,36	252008,96	8820,3136	260829,27
Итого	21								6449372	225728	6674800

Таблица 21

Показатели по труду и заработной плате

Наименование	Ед.измерения	Показатели
	человек	
Численность всего		28
Персонала цеха из них		
-руководители и специалисты		5
-основные рабочие		21
	Руб.	тыс.руб
Годовой фонд заработной платы:		11198840
-руководящего состав		4527040
-основных рабочих		6674800

Отчисления на социальные нужды производятся в размере 34% соответственно по категориям:

-руководящий состав:

$4527040 \cdot 0,34 = 1539193$ руб.

- основные рабочие:

$6674800 \cdot 0,34 = 2269432$ руб.

13.5 Расчет себестоимости

Учитывая представленные статьи затрат, составляем калькуляцию себестоимости при работе всего оборудования цеха с учетом специфики производства и введением новой технологии в процесс переработки серной кислоты. Данная технология позволит уменьшить затраты на электроэнергию примерно на 20% и увеличить годовой выпуск серной кислоты на 10%.

**Калькуляция и анализ базовой себестоимости на объем производства Q
= 1375500 тонн**

	Наименование затрат	Ед. изм.	Цена, тыс.руб	Расход, т		Затраты, тыс.руб	
				на 1 т.	на весь Q	на 1 т.	на весь Q
1.	Сырье						
1.1.	Сера	тн	3	0,013	15 675	0,039	47025
1.2.	Серный колчедан	тн	2	0,004	5766	0,008	11532
1.3.	Оксид ванадия	тн	0,4755	0,011	38254	0,00523	7 993,58
	Итого:			0,028	38514	0,05223	71842,4
2.	Энергия						
2.1.	Энергия на технологические нужды	кВт*ч	0,00137	33,56	51 293 440	0,0460	70 272,01
	Итого:					0,09823	135115,36
3.	ЗП						
3.1.1.	ЗП Основных рабочих					0,0058	7978,25
3.1.2.	Отчисление на соц.нужды	30%				0,0017	2393,4
	Итого:					0,0075	10371,65
3.2.1.	ЗП ИТР и служащих	7				0,0030	4123,9
3.2.2.	Отчисление на соц.нужды	30%				0,0009	1236,9
	Итого:					0,0040	5360,8
	Итого					0,0111	13103,43
4.1.	Амортизация	6,00%				0,0028	3865,8
4.2.	Ремонт	5,00%				0,0023	3 144,90
	Итого:					0,0051	7010,7
5	Цеховая себестоимость					0,123	169186,5
6	Издержки условно переменные					0,09823	133816,5
7	Издержки условно постоянные					0,0257	35370,0

**Калькуляция и анализ базовой себестоимости на объем производства
Q = 1572000 тонн**

	Наименование затрат	Ед. изм.	Цена, тыс.руб	Расход, т		Затраты, тыс.руб	
				на 1 т.	на весь Q	на 1 т.	на весь Q
	Сырье						
1.1.	Сера	тн	3	0,013	17 968	0,039	53904
1.2.	Серный колчедан	тн	0,68	0,004	6 897	0,008	12576
1.3.	Оксид ванадия	тн	0,4755	0,011	17 968	0,00523	8543,78
	Итого:			0,028	44016	0,05223	82215,6
2.	Энергия						
2.1.	Энергия на технологические нужды	кВт*ч	0,00137	33,56	51 293 440	0,0460	72312,0
	Итого:					0,09823	154417,56
3.	ЗП						
3.1.1.	ЗП Основных рабочих					0,0051	7978,25
3.1.2.	Отчисление на соц.нужды	30%				0,0015	2393,4
	Итого:					0,0070	10371,65
3.2.1.	ЗП ИТР и служащих	7				0,0026	4123,9
3.2.2.	Отчисление на соц.нужды	30%				0,0008	1236,9
	Итого:					0,0034	5360,8
	Итого					0,0111	13103,43
4.1.	Амортизация	6,00%				0,0024	3865,8
4.2.	Ремонт	5,00%				0,002	3 144,90
	Итого:					0,0044	7010,7
5	Цеховая себестоимость					0,121	190212,0
6	Издержки условно переменные					0,09823	154842,0
7	Издержки условно постоянные					0,0225	35370,0

13.6 Расчет цены продукта

Цену продукта определяем по формуле:

$$Ц = C \times (1 + P/100),$$

Где C – полная себестоимость единицы готовой продукции, руб;

P – рентабельность продукции (принимаем 25 %).

Таким образом, цена производимой сырьевой смеси составит:

$$C = 0,123 \times (1 + 25/100) = 0,154 \text{ тыс.руб.}$$

Для большей прибыльности предприятия решено не снижать цену на продукт.

13.7 Анализ безубыточности

Цель анализа – определение точки безубыточности, т.е. минимального объема продаж, начиная с которого предприятие несет убытки. Это значит, что выручка от реализации продукции должна быть равна общим затратам на производство и реализацию продукции.

1. Находим аналитическим способом точку безубыточности сернокислотного цеха контактно-компрессорного отделения медеплавильного завода

-при Q = 1375500 тонн:

Для этого сведем в общую таблицу необходимые данные для расчета.

Выручка от реализации произведенной продукции		309578,38	тыс. руб
Издержки переменные		215763,4	тыс. руб
Издержки условно постоянные		33814,98	тыс. руб
Сумма издержек		249578,38	тыс. руб

$$Q_{кр} = \frac{\text{Изд}_{\text{пост}}}{C - \text{Изд}_{\text{пер}}} = \frac{35370}{0,154 - 0,09823} = 634212 \text{ т.}$$

-при Q = 1572000 тонн:

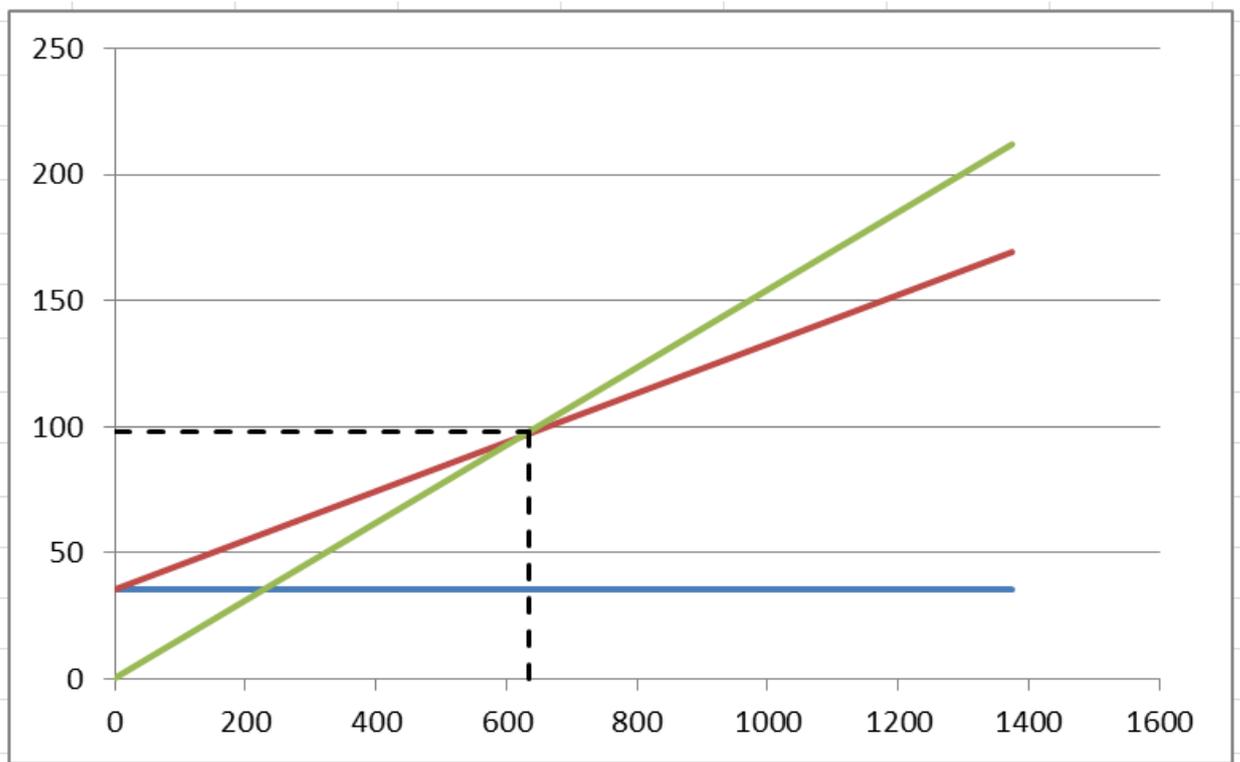
Для этого сведем в общую таблицу необходимые данные для расчета.

Выручка от реализации произведенной продукции		365568,38	тыс. руб
Издержки переменные		245775,4	тыс. руб
Издержки условно постоянные		33812,98	тыс. руб
Сумма издержек		279568,38	тыс. руб

$$Q_{кр} = \frac{\text{Изд}_{\text{пост}}}{\text{Ц} - \text{Изд}_{\text{пер}}} = \frac{35370}{0,154 - 0,09823} = 634212\text{т.}$$

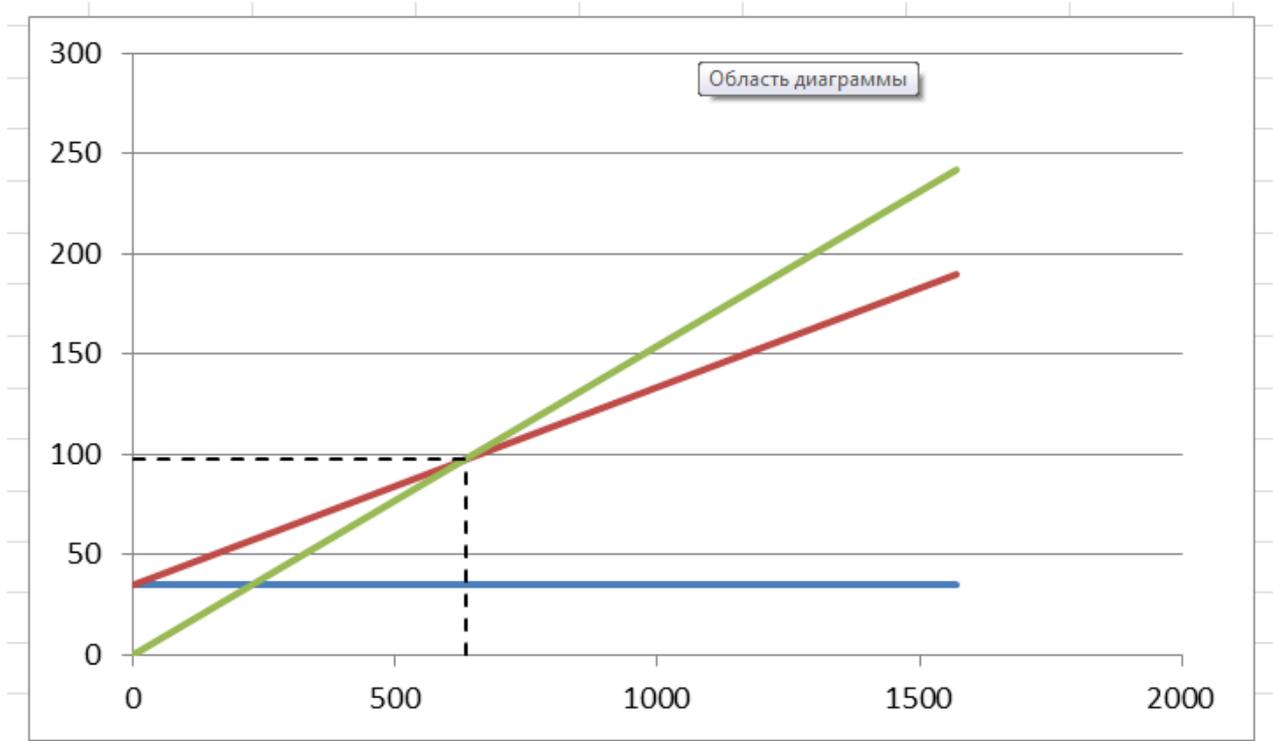
2. Находим точку безубыточности серно-кислотного цеха контактно-компрессорного отделения графическим способом:

Рисунок 1. График безубыточности при: Q = 1375500 тонн



$Q_{кр} = 634,212$ тыс.тон

Рисунок 2. График безубыточности технологии при $Q = 1572000$ тонн:



$Q_{кр} = 634,212$ тыс.тон

13.8 Анализ экономической эффективности применения новой технологии в процессе приготовления сырьевой смеси.

Введение новой технологии позволит:

1. Снизить энерго затраты на технологические нужды примерно на 20%.
2. Снизить себестоимость 1 тонны сырьевой смеси на 7руб.
3. Получить дополнительную прибыль.

Прибыль предприятия рассчитывается по формуле:

$$П = (Ц - С) \times N, \text{ где}$$

Ц – цена реализации 1 тонны продукта;

С – себестоимость производства 1 тонны продукта;

N – годовая производительность.

Прибыль действующего предприятия:

$$\Pi = (186,0 - 149,0) \times 1375500 = 55020000 \text{ руб.}$$

Прибыль после введения новой технологии:

$$\Pi = (186,0 - 142,0) \times 1572000 = 69168000 \text{ руб.}$$

Расчет прибыли действующей технологии и после введения новой показывает, что введение катализатора оксида ванадия позволит получить дополнительную прибыль в год:

$$69168000 - 55020000 = 14148000 \text{ руб.}$$

13.9 Техничко-экономические показатели проекта

В заключении всех расчетов приводим сводные технико-экономические данные по анализируемому производству.

Таблица 22

Техничко-экономические показатели

	Наименование показателя	ед.изм	Q1	Q2
1	Объем производства	тыс.тонн	1375,5	1572
2	Объем продаж	тыс.тонн	1375,500	1572
3	Цена	тыс.руб	0,154	0,154
4	Выручка от реализации продукции (2*3)	тыс.руб	211827	242088
5	Суммарные издержки	тыс.руб	169186,5	190212,0
5.1	Издержки переменные	тыс.руб	133816,5	154842,0
5.2	Издержки постоянные	тыс.руб	35370,0	35370,0
6	Операционная прибыль (4-5)	тыс.руб	42640,5	51876
7	Налог на прибыль (6*20%)	тыс.руб	11086,53	13487,76
8	Чистая прибыль (6-7)	тыс.руб	31553,97	38388,24
9	Себестоимость одной тонны	тыс.руб	0,149	0,142
10	Стоимость основных средств	тыс.руб	46321	46321
11	Численность основных рабочих	чел.	21	21
12	Фондовооруженность (10/11)	тыс.руб/чел	2205	2205
13	Фондоотдача (4/10)	руб./руб.	4,57	5,22
14	Фондоемкость (10/5)	руб./руб.	0,273	0,273
15	Производительность труда (5/11)	тыс.руб/чел	8056,5	9057,7
16	Рентабельность производства (8/5*100%)	%	18,650%	20,181%
17	Рентабельность продаж (8/4*100%)	%	14,89%	15,85%
18	Критический объем продаж	тыс.тонн	634,212	634,212
19	Критический объем продаж	тыс.руб.	97668,648	97668,648

В результате введения новой технологии получили следующий экономический эффект:

1. Снижение себестоимости на 1 тонну с 149,0 руб. до 0,142 руб. (на 6,5%)
2. Увеличение выручки от реализации с 211827 руб. до 242088 (на 13,1 %)
3. Увеличение чистой прибыли с 31553,97 тыс.руб. до 38388,24 тыс.руб. (на 38,4 %)

4. Увеличение выплат по налогам с 11086,53 тыс.руб. до 13487,76 тыс.руб. (на 38,5 %)
5. Увеличение производительности труда с 8056,5 тыс.руб/чел до 9057,7руб. тыс.руб/чел (на 4,9%)
6. Увеличение рентабельности производства с 18,650 % до 20,181%(на 33,9%)
7. Увеличение рентабельности продаж с 14,89 % до 15,85% (на 10,64%)

14 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы были проведены технологический расчет, целью которого явилось определение поверхности теплообмена, а также подбор штуцеров. Конструктивно-механический расчет, где мы рассчитали на прочность цилиндрическую обечайку и эллиптические днища, был произведен расчет укрепления отверстий, выяснили, что укрепление отверстий не требуется. была проведена проверка фланцевых соединений на прочность и герметичность и подобраны опоры.

Выбрана и рассчитана изоляция теплообменника. Произведен гидравлический расчет данного теплообменника.

В разделе социальная ответственность были рассмотрены производственная безопасность, экологическая безопасность, безопасность в чрезвычайных ситуациях и правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

В разделе финансовый менеджмент, ресурсо-эффективность и ресурсосбережение мы провели расчет с учетом производительности на 10%.

15 СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чиркин В.С. Теплофизические свойства материалов ядерной техники/1967 год.
2. Справочник химика. Том 1. Общие сведения, строение вещества, свойства важнейших веществ, лабораторная техника. / Под ред. Б.П. Никольского — М.-Л.: Химия, 1966 — 1071 с.
3. Н.Б. Варгафтик, Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей, Москва, 1972 г.
4. Б.П. Никольский, Справочник химика/ Том 1/ Общие сведения, строение вещества, свойства важнейших веществ, лабораторная техника/ Ленинград, Москва, 1966 год.
5. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию - 5-е изд., стереотипное. - М.: ООО ИД «Альянс», 2010. 496 с.
6. О.К. Семакина. Машины и аппараты химических производств. Учебное пособие/часть 1/ Томск 2003.
7. ГОСТ 8732-78. Трубы стальные бесшовные горячедеформированные.
8. ГОСТ Р 52857.1-2007 Общие требования.
9. ГОСТ Р 52857.2-2007. Нормы и методы расчета. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек.
10. Генкин А.Э./Оборудование химических заводов: учебник для техникумов, 3-е изд. перераб. и доп.-е/Москва 1978 год
11. Лашинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. М.: ООО ИД «Альянс», 2008. 752 с.
12. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов 14-е изд., стереотипное. - М.: ООО ИД «Альянс», 2007. 576 с.
13. Справочник конструктора-инструментальщика под ред. к.т.н. В.И. Баранчиковой/Москва/Машиностроение/1994 г.
14. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х томах С74 Т.2/ Под ред.

А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова.-4-е изд., перераб. и доп.-М.: Машиностроение,1985, 496 с.,ил.

15. Социальная ответственность организации. Требования: Международный стандарт IC CSR 26000 : 2011

16.Кукин П.П., Лапин В.Л. и др. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств: учеб. пособие.- М.: Высшая школа, 1999. – 318с.

17. Технологический регламент «Производство серной кислоты СК-3»

18. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности"

19. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация».

20. ВНТП 3-85, ПБ 08-624-03 «Общие Правила противопожарного режима в Российской Федерации».

21. ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация».

22. № 384-ФЗ от 30.12.2009 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

23. ГОСТ 12.4.220-2002 «Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты».

24. ГОСТ Р 12.4.218-99 «Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная. Общие технические требования».

25. ГОСТ 12.4.183-91 «Перчатки резиновые диэлектрические бесшовные».

26. ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

27. ГОСТ 4204-77 «Реактивы. Кислота серная. Технические условия»

28. ГОСТ Р 22.0.01-94. Безопасность в ЧС. Основные положения.