

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа новых производственных технологий
Научно-образовательный центр Н.М. Кижнера
Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в
химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
Профиль Машины и аппараты химических производств

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Модернизация оборудования осушки попутного нефтяного газа

УДК:66.045.1-048.35:665.612.2.074.31

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К41	Герасимчук И.В.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Тихонов В.В.	К. Т. Н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Подопригора И. В	К. Э. Н. доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова О. А			

По разделу «Механический расчет оборудования»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Беляев В.М.	К.Т.Н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Беляев В.М.	К.Т.Н., доцент		

Томск – 2019 г.

Запланированные результаты обучения по ООП 18.03.02 выпуска 2019 г.

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
P1	<i>Применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические и специальные знания в профессиональной деятельности</i>	Требования ФГОС (ОПК-1,2,3; ПК-8,10,11,12; ОК-1,2,3,4), Критерий 5 АИОР (п.1.1)
P2	<i>Применять знания в области энерго-и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии для решения производственных задач</i>	Требования ФГОС (ОПК-1,2; ПК-1,3,,9; ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2)
P3	<i>Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.</i>	Требования ФГОС (ОПК-2; ПК-2,4,5,16; ОК-5,7), Критерий 5 АИОР (пп.1.2)
P4	<i>Проектировать и использовать энерго-и ресурсосберегающее оборудование химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</i>	Требования ФГОС (ОПК – 1; ПК-2,4,5,8,17,18; ОК-3,4), Критерий 5 АИОР (п.1.3)
P5	<i>Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области энерго-и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</i>	Требования ФГОС (ОПК -2,3; ПК-13,14,15; ОК-7), Критерий 5 АИОР (п.1.4)
P6	<i>Осваивать и эксплуатировать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.</i>	Требования ФГОС (ОПК – 3; ПК-1,4,6,7,9,10,11; ОК-9), Критерий 5 АИОР (п.1.5)
Общекультурные компетенции		
P7	<i>Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.</i>	Требования ФГОС (ОК-1,6), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5)
P8	<i>Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.</i>	Требования ФГОС (ОК-7), Критерий 5 АИОР (2.6)
P9	<i>Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.</i>	Требования ФГОС (ОК-5) , Критерий 5 АИОР (п.2.2)
P10	<i>Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.</i>	Требования ФГОС (ОК-4,6,8) , Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3)

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

Школа **Инженерная школа новых производственных технологий**

Отделение школы (НОЦ) **Научно-образовательный центр Н.М.Кижнера**

Направление подготовки **18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**

Профиль **Машины и аппараты химических производств**

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Беляев В.М.

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврская работа

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

Студенту:

Группа	ФИО
32к41	Герасимчук Игорь Васильевич

Тема работы:

Модернизация оборудования осушки попутного нефтяного газа.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	
Срок сдачи студентом выполненной работы:	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лист

2

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Теплообменный аппарат предназначен для нагрева сольвента с температурой $t_n = 30^\circ\text{C}$ до рабочей $t_k = 150^\circ\text{C}$, триэтеленгликолем $T = 214^\circ$ с производительностью сольвента $2.5 \text{ м}^3/\text{ч}$. Сольвент движется по теплообменнику с помощью насоса при давлении $P = 0,138 \text{ МПа}$.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	1 Технологический расчет теплообменного аппарата Тепловые расчеты 2 Описание технологической схемы 3 Конструктивно – механический расчет Подбор и расчет толщины стенки Расчет патрубков 4 Механический расчёт Расчет температурных деформаций Расчет фланцев и их соединения 5 Социальная ответственность 6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения Планирование научно-исследовательских работ
Перечень графического материала	1. Чертёж теплообменника, общий вид 2. Чертёж теплообменника выносные элементы

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

		3. Технологическая схема
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)		
Раздел	Консультант	
Социальная ответственность	Немцова О.А.	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Подопригора И.В.	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:		
Реферат		

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень,	Подпись	Дата

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-2К41	Герасимчук Игорь Васильевич

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	НОЦ им. Н. М. Кижнера
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Машины и аппараты химических производств

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Промышленное химическое предприятие по осушке природного газа АО «ВЧНГ» Город Иркутск. Теплообменник для нагрева сольвента. Расположен в помещении цеха. Пульт управления находится в отдельной операторской.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:

- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;
- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

1. Федеральный закон №426-ФЗ от 28 декабря 2013 года «О специальной оценке условий труда»
2. Федеральный закон №184-ФЗ от 27 декабря 2002 года «О техническом регулировании»
3. Федеральный закон №123-ФЗ от 22 июля 2018 года (в редакции 2012 года) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
4. Федеральный закон №116-ФЗ от 21 июля 1997 года (в редакции 29.07.2018) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»

2. Производственная безопасность:

2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов

При ведении технологического процесса возможно возникновение следующих

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лист

5

<p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>вредных и опасных факторов производственной среды</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Поражение электрическим током 2. Получение термических ожогов 3. Воздействие вредных шумов и вибрации 4. Возможность возникновения пожара и взрыва 5. Нарушение микроклимата производственных помещений
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Мероприятия по устранению выброса в окружающую среду отходов и вредных веществ не требуются – поскольку среды в исследуемой установке обратная захлаженная вода и водяной пар. Но проектированием установки мы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Совершенствуем технологический процесс 2. Снижаем потребляемое количество электроэнергии
<p>4. Безопасность в аварийных и чрезвычайных ситуациях:</p> <p>4.1 Безопасность в аварийных ситуациях</p> <p>4.2 Безопасность в чрезвычайных ситуациях</p>	<p>При эксплуатации установки возможно возникновение пожара и взрыва, при несоблюдении норм взрыво- и пожаро безопасности.</p> <p>Взрывобезопасность должна обеспечиваться мерами взрыво предупреждения и взрывозащиты, осуществлением специальных организационных и организационнотехнических мероприятий в объеме, установленном действующими нормами</p>

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова О. А			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К41	Герасимчук Игорь Васильевич		

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-2К41	Герасимчук Игорь Васильевич

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	НОЦ им. Н. М. Кижнера
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Машины и аппараты химических производств

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования: материально – технических, энергетических финансовых, информационных и человеческих	Расчёт затрат
--	---------------

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.	Анализ конкурентных технических решений. Морфологический анализ.
2. Планирование научно – исследовательских работ и бюджета на их выполнение	Определение структуры работ. Определение трудоёмкости выполнения работ.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчёт общего показателя эффективности научного исследования

Перечень графического материала

--	--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Подопригора И. В	к. э. н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К41	Герасимчук Игорь Васильевич		

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лист

9

Реферат

Выпускная квалификационная работа: Модернизация оборудования осушки попутного нефтяного газа.

Ключевые слова: теплообменник, труба в трубе, осушке газа, поверхность теплообмена, штуцер, фланец, модернизация.

Объектом исследования является теплообменный аппарат типа труба в трубе для нагрева сольвента триэтиленгликолем.

Цель работы – Импорта замещение теплообменника на российский аналог.

В процессе выполнения работы были произведены все необходимые технологические расчеты для подбора соответствующего аппарата, а так же механические расчёты для определения его типа и размеров.

Результатом работы является полный расчет теплообменного аппарата, были подобраны соответствующий материал для изготовления аппарата, рассчитаны опоры, фланцевые соединения.

Степень внедрения: применение в производстве по осушке попутного нефтяного природного газа.

Область применения: химическая промышленность.

В ходе работы было подтверждено, что данный выбранный теплообменник соответствует всем предъявляемым требованиям технологического процесса.

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лист
						10
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата		

Abstract

Final qualifying work: Modernization of equipment for drying oil natural gas.

Keywords: heat exchanger, pipe in pipe, gas drying, heat exchange surface, fitting, flange, modernization.

The object of the study is a tube-in-tube heat exchanger for heating the solvent with triethylene glycol.

The aim of the work is to Replace the heat exchanger with the Russian analogue.

In the course of performance of work all necessary technological calculations for selection of the corresponding device, and also mechanical calculations for definition of its type and the sizes were made.

The result of the work is a complete calculation of the heat exchanger, the appropriate material for the manufacture of the apparatus was selected, supports and flange connections were calculated.

Degree of implementation: application in the production of associated petroleum natural gas drying.

Field of application: chemical industry.

During the work it was confirmed that this selected heat exchanger meets all the requirements of the technological process.

\

					<i>ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ</i>	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата		11

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	14
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	16
1.1 Описание процесса теплообмена	16
1.2 Патентный обзор.....	17
2 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕКТА.....	19
2.1 Описание технологической схемы процесса УПКГ.....	19
2.2 Установка подготовки топливного газа.....	20
3 РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННИКА.....	26
3.1.1. Технологический расчет.....	26
3.1.2. Тепловой расчет.....	26
3.1.3. Расчет ориентировочной площади поверхности и выбор теплообменника.....	27
3.1.4. Расчет скорости потока.....	28
3.1.5. Выбор теплообменника.....	28
3.1.6. Расчет тепловой изоляции.....	28
4. МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ.....	30
4.1. Расчет на прочность наружной трубы теплообменника.....	30
4.2. Проверочный расчёт элементов корпуса от действия внутреннего давления:.....	33
4.3. При гидравлических испытаниях:.....	33
4.4. Расчет фланца.....	34
4.5. Угловая податливость фланцев.....	41
4.6. Проверка прочности болтов (шпилек) и прокладки.....	43
4.7. Расчет фланцев на статическую прочность.....	44
4.8. Расчет на прочность внутренней трубы теплообменника.....	47
4.9. Проверочный расчёт элементов корпуса от действия внутреннего давления:.....	49
4.10. При гидравлических испытаниях:.....	50
5. ВЫБОР КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	52
6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	54
6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:.....	55
6.2. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	56
6.3. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	60
6.4. Экологическая безопасность.....	61
6.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	62
7. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	65
7.1. SWOT-анализ.....	65
7.2. Расчёт производственной мощности.....	66
7.3. Расчет себестоимости готовой продукции по действующему производству.....	68
7.3.1 Расчет численности персонала.....	68

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

7.3.2. Расчет годового фонда заработной платы персонала	70
8.ЗАКЛЮЧЕНИЕ	78
9.СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	79

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ВВЕДЕНИЕ

Верхнечонское нефтегазоконденсатное месторождение находится на территории Катангского рай-на Иркутской обл. в 250 км севернее г. Киренска, в 120 км юго-восточнее п. Ербогачен и в 400 км северо-восточнее г. Усть-Кут.

Месторождение находится в труднодоступной, незаселенной местности. Ближайшим населенным пунктом является п. Преображенка. Транспортная сеть представляет собой зимниками и водяными путями в период паводка и высоким уровнем воды.

Климат в данном районе резкой континентальностью, которая проявляется в очень низких зимних и высоких летних температурах. Минимальная температура достигает до -59°C , максимальная температура $+39^{\circ}\text{C}$. Температура в наиболее холодную неделю может достигать -51°C .

Основным продуктом установки подготовки нефти (УПН-1) на Верхнечонском нефтегазоконденсатном месторождении является нефть 1 группы качества по ГОСТ 51858-2002. Попутная продукция УПН-1- газ углеводородный.

Производственная программа АО «ВЧНГ» по направлению деятельности «Подготовка нефти» предусматривает достижение суммарной производственной мощности существующих и вновь проектируемых объектов 7,5 млн. т/год по товарной нефти.

Для реализации этой программы предусматривается поэтапное введение в эксплуатацию четырех пусковых комплексов, в число которых входит строительство газокompрессорных станций высокого и низкого давления, установки подготовки топливного газа, а также установки осушки газа.

Установка осушки газа гликолем предназначена для удаления воды из природного газа. Гликоль поглощает водяные пары.

Типичные комбинации рабочих температур и давлений, а также требуемые величины остаточного влагосодержания определили широкое распространение триэтиленгликоля как рабочего тела установок осушки. Моно- и диэтилен гликоли также нашли свое применение в процессах подготовки газа, но, в основном, в качестве ингибиторов гидратообразования.

Преимущество данных установок гликолевой осушке в том, данная установка более дешевая по сравнению с адсорбционными системами, а также имеет более простую технологическую схему.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

Также в таких установках минимальный перепад давлений и обусловлен исключительно гидравлическим сопротивлением колонны-контактора (абсорбера). Одна из области применения данных установок- подготовка природного газа для транспортировки по трубопроводам, а также в качестве предварительной ступени перед установками адсорбционной осушки. Осушка потока углекислоты также может быть реализована на данных установках.

Основные преимущества:

- 1.Отсутствие циклических колебаний
2. Теплообменник насыщенного и истощенного гликоля с маленьким температурным напором
3. Непрерывный процесс, поглощение воды триэтиленгликолем
- 4.Циклические колебания отсутствуют
- 5.Система контроля пламени и газа автоматическая и независимая.
6. Высокая отказоустойчивость, обеспеченная дублированием насоса циркуляции гликоля и основных управляющих элементов.
7. Автоматическая пусковая байпасная линия циркуляционных насосов.

Объектом исследования является теплообменный аппарат сольвент/тэг, который применяется при осушке природного газа на предприятии АО «ВЧНГ» Город Иркутск. Данный теплообменный аппарат предназначен для нагрева сольвента, который улучшает регенерацию триэтиленгликоля.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Описание процесса теплообмена

В любой отрасли промышленности, будь то пищевая, металлургическая или нефтехимическая, процессы теплообмена имеют большое значение.

Сложный процесс передачи тепла через разделяющую перегородку от одной среды к другой принято представлять в виде суммы трех простейших видов теплообмена: теплового излучения, конвекции и теплопроводности. Все эти процессы на практике не разделяются и протекают одновременно.

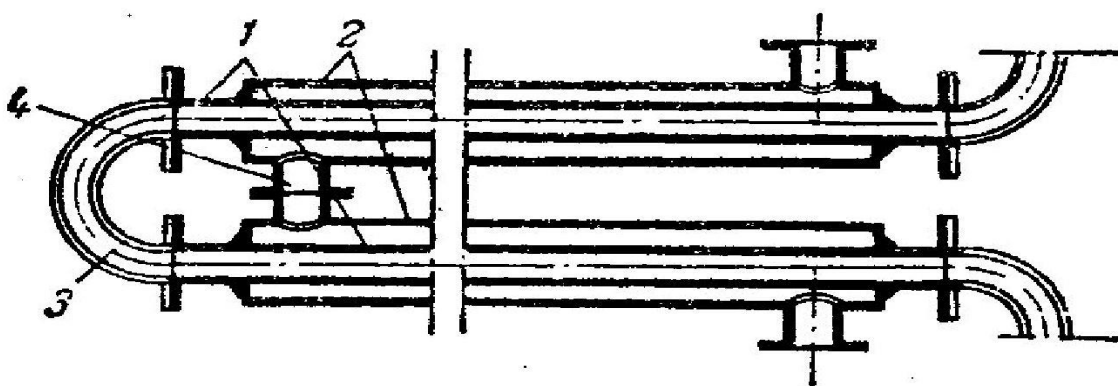


Рис. VIII-16. Двухтрубчатый теплообменник:
1 — внутренние трубы; 2 — наружные трубы; 3 — ка-
лач; 4 — патрубок.

Рисунок 1.

Теплообменниками называют аппараты для передачи тепла от одних веществ к другим. Вещества, которые непосредственно участвующие в процессе теплообмена, называются теплоносителями. Теплоносители с более высокой температурой относительно нагреваемой среды, отдающие тепло, называются нагревающими агентами. Теплоносители с более низкой температурой, чем среда, от которой они воспринимают тепло, - охлаждающими агентами.

Теплообменный аппарат— техническое устройство, хорошо известное даже далеким от техники людям. В самом деле, в каждой квартире под подоконником установлены батареи (радиаторы) отопления — массивные, ошетилившиеся ребрами чугунные трубы, или более современные алюминиевые радиаторы, более изящные их аналоги. Это теплообменники, в которых теплоноситель — горячая вода — отдаёт через чугунную стенку тепло воздуху в наши квартиры. Радиаторы отопления — самые распространённые и самые

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

известные, но, пожалуй, не самые ответственные теплообменники. В конце концов, если они по какой-то причине и откажут, день-другой вполне можно перебиться: включить электрические обогреватели или, в крайнем случае, потеплее одеться. Но вот в промышленности производство не может обойтись без надежно работающего теплообменника. Только в химической промышленности теплообменные устройства составляют больше трети массы и стоимости всего оборудования. Химические процессы идут при определенной температуре; от температуры зависит скорость процессов, активность катализаторов, полнота превращений, чистота продуктов. В одном случае потоки необходимо нагревать, в другом – охлаждать, в третьем – утилизировать неиспользованное тепло. И везде требуются теплообменные аппараты – разных размеров, разных конструкций и видов. Они необходимы не только в нефтехимии и нефтепереработке, но и в тепловой и атомной энергетике, в металлургии, пищевой промышленности. И хотя в теплообменных аппаратах не происходят превращения веществ, эти аппараты относят к основным – к тем, что составляют фундамент аппаратного оформления технологии. Так же теплообменные аппараты используются в обычном обиходе — это транспорт. Любой автомобиль – автомобиль, трактор, морское судно, самолет, космический корабль – немислимо без теплообменника (радиаторов). Громоздкий теплообменник – это лишний вес и объем, перерасход дефицитных материалов. Плохо организованный теплообмен приводит к перегреву двигателей, и даже и к серьезным авариям. Если в химии от теплообменников зависят скорость и полнота протекания процессов, то на транспорте – надежность, долговечность, экономичность двигателей. Великое множество придуманных за сто лет теплообменных аппаратов можно свести к двум основным конструкциям: теплообменники, в которых теплопередающая поверхность образована трубами (трубчатые); теплообменники, в которых теплопередающая поверхность образована листовой поверхностью (пластинчатые, спиральные и др.). Среди теплообменников с трубчатой поверхностью очень часто, особенно в нефтепереработке, применяются двух трубчатые теплообменники или, как их называют более часто, теплообменники «труба в трубе». Упрощённая схема такого аппарата показана на рис. 1.

1.2 Патентный обзор

Недостатком таких теплообменников является незначительное повышение турбулизации с опережающим ростом гидравлического сопротивления.

Известны, также, теплообменные аппараты, на внутреннюю трубы которых установлены, например, на сварке, винтообразные ребра, высота которых почти равна расстоянию от внутренней трубы до наружной. Такие ребра в большей степени повышают

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата		17

турбулентность среды в межтрубном пространстве по сравнению с намоткой проволоки. Кроме того, они увеличивают площадь контакта стенки внутренней трубы со средой межтрубного пространства, т. е. повышают эффективность теплообмена.

Недостатками таких теплообменников являются следующие:

- не вся среда в межтрубной полости вовлекается в винтовое движение - часть ее протекает сквозь кольцевой зазор между винтовыми ребрами и наружной трубой;

- увеличение скорости среды, ее турбулизации происходит всего на несколько процентов, в крайнем случае, на несколько десятков процентов, поскольку угол подъема винтовой линии ребер невелик, а с увеличением угла подъема гидравлическое сопротивление возрастает значительно быстрее роста турбулизации и все большее количество среды начинает протекать сквозь кольцевой зазор;

- теплоотдача от среды во внутренней трубе к ее стенке остается на прежнем, сравнительно низком уровне, а оно и определяет эффективность теплопередачи в целом.

Цель данной работы заключается импорта замещение данного теплообменного аппарата на российский аналог.

2 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕКТА

2.1 Описание технологической схемы процесса УПКГ

Технологическая схема представлена в Приложении 1.

Технологический процесс подготовки газа предназначен для сбора и доведения попутного нефтяного газа (ПНГ) до требований, необходимых для обратной закачки его в пласт с отбором части подготовленного газа на собственные нужды. В процессе подготовки попутный нефтяной газ компримируется, из него удаляются тяжелые углеводороды, механические примеси и вода. Удаление углеводородов C₅+ происходит в результате повышения давления. Обезвоживание (осушка) осуществляется абсорбционным методом с использованием в качестве абсорбента триэтиленгликоля (ТЭГ).

Технология подготовки ПНГ по проектной документации полномасштабной разработки включает следующие стадии:

1. Компрессорная установка низкого давления

1.1 предварительное компримирование попутного нефтяного газа низкого давления, поступающего с сепараторов первой и второй ступени подготовки нефти и из дегазатора углеводородного конденсата;

2. Компрессорная установка высокого давления

2.1 Трехступенчатое сжатие газа, поступающего от блока подготовки газа

2.2 Подачу подготовленного газа на закачку в пласт; сепараторов первой ступени ОРН, от входных сооружений и компрессора низкого давления

3. Установка осушки газа и регенерации ТЭГа.

3.1 Абсорбционную осушку газа после второй ступени сжатия;

4. Компрессорная установка топливного газа

4.1 Индивидуальную подготовку низконапорного попутного нефтяного газа, используемого для собственных нужд.

Установка подготовки топливного газа и дожимная компрессорная установка с блоком подготовки газа входит в состав цеха подготовки и компримирования газа. Установка подготовки и дожимная компрессорная установка предназначены для очистки газа от механических примесей и капельной жидкости, компримирования попутного

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

нефтяного газа до требуемых параметров с дальнейшим обеспечением продуктом энергогенерирующих газотурбинных агрегатов электростанции собственных нужд и других потребителей.

Установка подготовки топливного газа состоит из:

- сепаратора входного с технологической обвязкой и приборами КИП и А;
- компрессорного модуля с вспомогательным оборудованием, технологической обвязкой, приборами КИП и А;
- блок-бокса с устройствами плавного пуска;
- межблочной технологической обвязки;
- системы автоматизации верхнего уровня с автоматизированными рабочими местами.

2.2 Установка подготовки топливного газа.

Попутный нефтяной газ из трубопровода от линии поз. 280-03-01 с температурой 0..12 °С и давлением 0,4...0,7 МПа поступает в входной сепаратор- пробкоуловитель С-1, где происходит отделение капельной жидкости и механических примесей на внутренних контактных устройствах аппарата. Контроль технологических параметров в С-1 осуществляется по показаниям манометра PG101, термометра TG101, датчика давления PISA101 с верхней предупредительной сигнализацией 0,7 МПа, температуры ТП101, ТП102. Контроль уровня жидкости в С-1 осуществляется по показаниям уровнемерной колонки LG101, по показаниям LICA101 посредством срабатывания соленоидного клапана XV-103 осуществляется отвод жидкости (при достижении 90 % уровня по LICA101 осуществляется открытие клапана XV-103, при достижении 46 % уровня по LICA101 клапан XV-103 закрывается). На С-1 также предусмотрен контроль уровня по LIZA101 с сигнализацией верхних и нижних аварийных уровней (1215 мм и 465 мм соответственно). При срабатывании верхнего или нижнего аварийного сигнала по LIZA101 с задержкой 180 сек. инициируется алгоритм аварийного останова АО, сопровождающийся остановом компрессорных станций КУ-1, КУ-2, закрытием арматуры XV-101, XV-104, открытием арматуры сброса газа на факел XV-102. На сепараторе предусмотрены датчики загазованности АЕ2.01 и АЕ2.02 с предупредительной сигнализацией по первому порогу загазованности (20 % НКПР) и аварийной сигнализацией по второму порогу загазованности (50 % НКПР), с инициацией алгоритма аварийного останова А1, сопровождающимся остановом компрессорных станций КУ-1, КУ-2, закрытием арматуры XV-101, XV-104,

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лист
						20
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата		

открытием арматуры сброса газа на факел XV-102. Отсепарированный газ направляется в компрессорные установки КУ-1, КУ-2. Технологической схемой предусмотрена возможность работы как одной из компрессорных установок, так и 2-х одновременно. Ввод/вывод из работы одной из компрессорных установок осуществляется в автоматическом режиме по предусмотренным производителем компрессорных установок алгоритмам. Подача и прекращение подачи газа в компрессорную установку КУ-1 осуществляется посредством срабатывания арматуры XV-105, XV-106, в КУ-2 - посредством срабатывания XV-107, XV-108. Поступая в компрессорную установку КУ-1, газ проходит через фильтр - обратный клапан F101.03, после чего направляется на прием компрессора K101.04. На входе в компрессор предусмотрен контроль давления по показаниям манометра PG111.02, датчика давления PIRSA111.01 с предупредительной нижней (0,35 МПа (изб.)), верхней (0,705 МПа (изб.)), аварийной нижней (0,3 МПа (изб.)) и верхней (0,85 МПа (изб.)) сигнализацией. При срабатывании сигнализации по LL или НН в ЛСУ КУ-1 поступает команда запрета на пуск компрессора. На входе в компрессор также предусмотрен контроль температуры газа по показаниям TIRSA111.06 с предупредительной и аварийной сигнализацией. При срабатывании LL или НН поступает команда запрета пуска компрессора. В компрессоре происходит сжатие газа до 3,0 МПа, после чего газомаслянная смесь направляется в маслоотделитель S101.06. На линии выхода газа из компрессора K101.04 предусмотрены:

- датчик температуры с предупредительной и аварийной сигнализацией;
- датчик давления с верхней аварийной сигнализацией.
- На компрессоре K101.04 предусмотрены датчики:
 - контроля температуры подшипников;
 - датчики контроля вибрации с предупредительной и аварийной сигнализацией по верхнему уровню;
 - датчики контроля вибрации электродвигателя с предупредительной и аварийной сигнализацией по верхнему уровню;
 - температуры электродвигателя с предупредительной и аварийной сигнализацией по верхнему уровню;
 - температура электродвигателя с сигнализацией верхнего аварийного уровня;
 - датчик положения золотника производительности компрессора;
 - датчики положения соленоидов управления золотником компрессора.

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лист
						21
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата		

На линии нагнетания газа из компрессора предусмотрен разгрузочный клапан Y101.08. Газомасляная смесь после компрессора поступает в маслоотделитель S101.06, где происходит отделение масла от с компримированного газа. Газ уходит с верха маслоотделителя и направляется на охлаждение в рекуперативный теплообменник НЮ 1.09. Масло с низа маслоотделителя поступает на охлаждение в теплообменник масло-гликоль Н102.05. На маслоотделителе предусмотрены:

- манометр;
- датчик давления PIRCSA111.14 с верхней аварийной и предупредительной сигнализацией. По сигналу от датчика PIRCSA111.14 осуществляется регулировка производительности компрессора;
- датчик температуры масла TIRCSA111.21 с предупредительной верхней сигнализацией. По сигналу от датчика TIRCSA111.21 осуществляется включение ТЭНа подогрева масла в предпусковой период;
- уровнемер LG111.10;
- датчик уровня LIRA111.09 с предупредительной и аварийной сигнализацией
- датчик уровня LRSA111.09 с аварийной сигнализацией нижнего уровня.

Газ, пройдя теплообменник Н101.09 охлаждается до температуры 60...90 оС, после чего направляется на отделение остаточной капельной жидкости в сепаратор S101.13, откуда уходит в общий сборный коллектор. На теплообменнике предусмотрены следующие приборы КИП;

- манометр
- датчик расхода
- датчик температуры

Охлаждение газа и масляного контура в теплообменниках Н101.09 и Н102.05 осуществляется посредством циркуляции гликоля по замкнутому контуру: P103.07-Н101.09- Н102.05-Н103.01. Перекачка гликоля по контуру осуществляется насосом P103.07. Охлаждение нагретого гликоля осуществляется в аппарате воздушного охлаждения Н 103.01. Регулирование температуры гликоля предусматривается также перепускным клапаном Y103.19, срабатывающим по показаниям TIRCA111.60. Кроме того, по датчику TIRCA111.60 осуществляется регулирование частоты вращения вентиляторов АВО Н103.01. На контуре циркуляции гликоля предусмотрены:

манометр PG111.62;

датчик давления PIRA111.61 с предупредительной сигнализацией;

датчик температуры TIRCA111.60 с предупредительной сигнализацией.

Циркуляция масла осуществляется по замкнутому контуру S101.07-H102.05-F102.12- P102.18-F102.22/F102.27-K 101.04. На контуре циркуляции масла предусмотрены:

манометры PG111.34, PG111.39, PG111.44;

датчик давления PIRA111.33 с аварийной и предупредительной сигнализацией;

датчик перепада давления PDIRSA111.38 с предупредительной и аварийной сигнализацией;

датчик давления PDIRS A111.43 с аварийной и предупредительной сигнализацией;

датчик температуры TIRSA111.48 с аварийной и предупредительной сигнализацией.

Схемой также предусмотрен контроль:

1. температуры обмотки электродвигателя TIRS 101.05с аварийной и предупредительной сигнализацией;
2. температуры обмотки электродвигателя насоса масла TRSA102.18 с предупредительной сигнализацией;
3. температуры обмоток электродвигателей ABO TRSA103.1-M1, TRSA103.1-M2, TRSA103.1-M3, TRSA103.1-M4 с предупредительной сигнализацией;
4. температура обмотки электродвигателя гликоля TRSA 103.07 с предупредительной сигнализацией;
5. температура обмотки электродвигателя TRSA105.08 с предупредительной сигнализацией;
6. температура обмотки электродвигателя системы вентиляции TRSA105.09, TRSA105.10 с предупредительной сигнализацией;
 - a. пожара в модуле ARCSA1.1, ARCSA1.2, ARCSA1.3;
 - b. загазованности ARCSA1, ARCSA2с предупредительной сигнализацией по первому порогу срабатывания (10 % НКПР) при срабатывании одного из 2-х датчиков, аварийной сигнализацией и остановом компрессорной при срабатывании либо 2-х датчиков одновременно по 1-му порогу (10 % НКПР),

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

либо при срабатывании одного из датчиков по 2му порогу срабатывания (40 % НКПР).

КУ-1 имеет возможность ручного и автоматического сброса газа в факельную систему посредством вентиля VI 04.08 и соленоидного клапана Y104.09 соответственно. Также установка имеет возможность ручного и автоматического сброса газа на свечу рассеивания посредством вентиля V104.03 и соленоидного клапана Y104.22 соответственно.

Сброс газа с блока предохранительных клапанов VI 04.07 осуществляется в факельную систему. Поступая в компрессорную установку КУ-2, газ проходит через фильтр-обратный клапан F201.03, после чего направляется на прием компрессора K201.04. На входе в компрессор предусмотрен контроль давления по показаниям манометра PG211.02, датчика давления PIRSA211.01. На входе в компрессор также предусмотрен контроль температуры газа по показаниям TIRSA211.06 с предупредительной и аварийной сигнализацией (LL минус 2 оС, L минус 1 оС, Н 13 оС, НН 14 оС). При срабатывании LL или НН поступает команда запрета пуска компрессора. В компрессоре происходит сжатие газа до 3,0 МПа, после чего газомаслянная смесь направляется в маслоотделитель S201.07.

На линии выхода газа из компрессора K201.04 предусмотрены:

датчик температуры TIRCSA211/07 с предупредительной и аварийной сигнализацией верхнего уровня;

датчик давления PRSA211.08. Газ, пройдя теплообменник H201.09 охлаждается до температуры 60...90 оС, после чего направляется на отделение остаточной капельной жидкости в сепаратор S201.14, откуда уходит в общий сборный коллектор.

Охлаждение газа и масляного контура в теплообменниках H201.09 и H202.05 осуществляется посредством циркуляции гликоля по замкнутому контуру: P203.07- H201.09- H202.05- H203.01. Перекачка гликоля по контуру осуществляется насосом P203.07. Охлаждение нагретого гликоля осуществляется в аппарате воздушного охлаждения H203.01. Регулирование температуры гликоля предусматривается также перепускным клапаном Y203.18, срабатывающим по показаниям TIRCA211.60. Кроме того, по датчику TIRCA211.60 осуществляется регулирование частоты вращения вентиляторов АВО H203.01.

Циркуляция масла осуществляется по замкнутому контуру S201.07- H202.05- F202.12- P202.18- F202.22/ F202.27- K201.04. Также установка имеет возможность ручного и автоматического сброса газа на свечу рассеивания посредством вентиля V204.03 и

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

соленоидного клапана Y204.22 соответственно. Сброс газа с блока предохранительных клапанов V204.07 осуществляется в факельную систему. Газ из выкидных трубопроводов КУ-1 и КУ-2 собирается в общий коллектор и направляется в трубопровод подачи топливного газа на ЭСН-3 (в линию 430-05-02). Жидкость из С-1 и концевых сепараторов КУ-1 и КУ-2 направляется в дренажную систему (в линию 280-06-02). Продувка азотом оборудования осуществляется через съемные участки трубопровода азота, подключаемые к сепаратору С-1, компрессорной установке КУ-1 через вентили V104.01 и V104.03, компрессорной установке КУ-2 через вентили V204.01 и Y204.03. Газ продувки оборудования направляется на местные свечи.

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лист
						25
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата		

3 РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННИКА

3.1.1. Технологический расчет

Целью технологического расчета аппарата является определение его геометрических параметров, а именно его высоты и диаметра.

Проектируемый теплообменник показан в схеме на рисунке 1, предназначен для нагрева сольвента с температурой $t_n = 30^\circ\text{C}$ до рабочей $t_k = 150^\circ\text{C}$, триэтиленгликолем $T = 214$. Сольвент движется по теплообменнику с помощью насоса при давлении $P = 0,07$ МПа с производительностью $W = 2.5$ м³/ч.

3.1.2. Тепловой расчет

Количество тепла, передаваемого, от горячего теплоносителя (Триэтиленгликоль) к холодному (толуол) через разделяющую их стенку, определяется уравнением теплопередачи:

Тепловой расчет теплообменника.

$$T_{11} = 30^\circ\text{C};$$

$$t_{12} = 150^\circ\text{C};$$

$$T = 214 \text{ C};$$

$$W_1 = 2.5 \text{ м}^3/\text{ч};$$

Теплоемкость толуола

$$c_1 = 1603 \text{ Дж/кг}\cdot\text{K}$$

Плотность толуола

$$\rho_1 = 733 \text{ кг/м}^3$$

Массовый расход толуола:

$$G_1 = W_1 \cdot \rho_1 / 3600 = 0.509 \text{ кг/с}$$

Тепловой поток равен [10]:

$$Q_1 = G_1 \cdot c_1 (t_{12} - t_{11}) = 9.792 \cdot 10^4 \text{ Дж/с (Вт)}$$

Для расчета расхода горячего теплоносителя воспользуемся формулой теплового баланса, на потери тепла отнесем 5%:

Количество тепла, передаваемое горячим теплоносителем холодному за 1 с:

$$Q_2 = 1.05 \cdot Q_1 = 102800 \text{ Дж/с (Вт)}$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

Принимаем по максимально возможному значению температуры горячего теплоносителя, указанного в регламенте:

$$T_{21}=214\text{C}$$

Принимаем по минимально возможному значению температуры горячего теплоносителя, указанного в регламенте:

$$T_{22}=190\text{ C}$$

Теплоемкость триэтиленгликоля:

$$c_2=2400\text{ Дж /кг*К}$$

Плотность триэтиленгликоля:

$$\rho_2=1085\text{ кг/м}^3$$

Отсюда следует, что расход горячего теплоносителя будет равен [10]:

$$G_2=Q_2/c_2*(T_{22}-T_{21})=1.785\text{ кг/с.}$$

3.1.3. Расчет ориентировочной площади поверхности и выбор теплообменника

Далее находим ориентировочную поверхность теплообмена, используя уравнение теплопередачи.

Определим ориентировочно значение площади поверхности теплообмена, приняв $K_{op}=200\text{ Вт / (м}^2*\text{К)}$ по, при теплообмене от жидкости к жидкости для (углеводородов и масел): по [9, с.172 табл.4.8]:

$$K_{op}=200\text{ Вт / (м}^2*\text{К)}$$

Средняя разность температур для процесса нагрева сольвента в сосуде [8]:

$$\Delta t_{cp.} = (t_k - t_n) / 2.3 * \text{Log} * ((T - t_n) / (T - t_k)) = (150-30)/2.3 * \text{Log} * ((214-30)/(214-150)) = 113.758\text{ C}$$

Вычисляем ориентировочную площадь поверхности теплообмена:

$$F_{op}=Q_1/K_{op} * \Delta t_{cp.}=97920/200 * 113.758=4.304\text{ м}^2$$

Так как, ориентировочная площадь поверхности теплообмена совпадает с площадью заменяемого теплообменника, выбираем теплообменник.

По ТУ 3612 – 014- 00220302-99 выбираем теплообменник «Труба в трубе» ТТОН – 1-25/57 – 1.6/1.6 – 3 –Г –М1 –У.

3.1.4. Расчет скорости потока

Определим скорость и критерий Рейнольдса для толуола

Для обеспечения интенсивного теплообмена режим течения, выбираем турбулентный (Re больше или равно 10000), диаметр трубок выбираем $d_n 57 \times 4$ мм

3.1.5. Выбор теплообменника

Диаметр трубы наружной

$$d = 0.057 \text{ м}$$

Вязкость толуола

$$\mu_T = 0.003 \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Внутренний диаметр трубы

$$d_{вн} = 0.049 \text{ м}$$

$$\omega = Re \cdot \mu_T / d_{вн} \cdot \rho = 0.564 \text{ м/с}$$

Вычислим площадь поверхности теплообмена одного элемента 3 м:

Дли одной трубы $L = 3$ м

$$F_1 = \pi \cdot d \cdot L = 3.14 \cdot 0.025 \cdot 3 = 0.537 \text{ м}^2$$

Отсюда выбираем количество теплообменных труб

$$Z = F_{оп} / F_1 = 19 \text{ шт} = 20 \text{ шт}$$

Тогда площадь теплообмена равна

$$F = 4.7 \text{ м}^2$$

Из этого следует, что проектируемый теплообменный аппарат по ТУ 3612 – 014-00220302-99 «Труба в трубе» ТТОН – 1-25/57 – 1.6/1.6 – 3 –Г –М1 –У. Длину теплообменных труб выбираем 3 метров, в количестве 9 штук.

3.1.6. Расчет тепловой изоляции

Допустимая температура поверхности изоляции:

$$t_{из} = 45 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Температура окружающего воздуха:

$$t_g = 20 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

Коэф-т теплоотдачи от поверхности изоляции к воздуху:

$$\alpha = 9,47 + 0,07 \cdot (t_{из} - t_в) = 9,47 + 0,07 \cdot (45 - 20) = 11,22 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

Наружная поверхность теплообмена:

$$F_{п} = \pi \cdot D_k \cdot H + D_k^2 / 2 = 3.14 \cdot 0.57 \cdot 3 + 3.14 \cdot 0.57^2 / 2 = 5.882 \text{ м}^2$$

Потери тепла в окружающую среду:

$$Q_{пот.} = \alpha \cdot F_{п} \cdot (t_{из} - t_в) = 11.22 \cdot 2.53 \cdot (45 - 20) = 1650 \text{ Вт.}$$

Коэф-т теплопроводности изоляционного материала (асбест):

$$\lambda_{из} = 0,157 \frac{Вт}{м \cdot К}$$

Толщина изоляционного слоя $\delta_{из}$:

$$\delta_{из} = \lambda_{из} / F_{п} \cdot (t_{ср} - t_{из}) = 0.157 / 1650 \cdot 5.9 \cdot (214 - 45) = 0.016 \text{ м.}$$

Принимаем толщину изоляции 20мм.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

4. МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

Задачей механического расчета является обеспечение механической надежности работы проектируемого оборудования. Показателями механической надежности данного аппарата являются прочность, устойчивость, герметичность фланцевых соединений. Все эти критерии должны обеспечить сохранение во времени механических свойств деталей в установленных пределах значений всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортировки. Расчетная модель аппарата представлена на рис. 2.

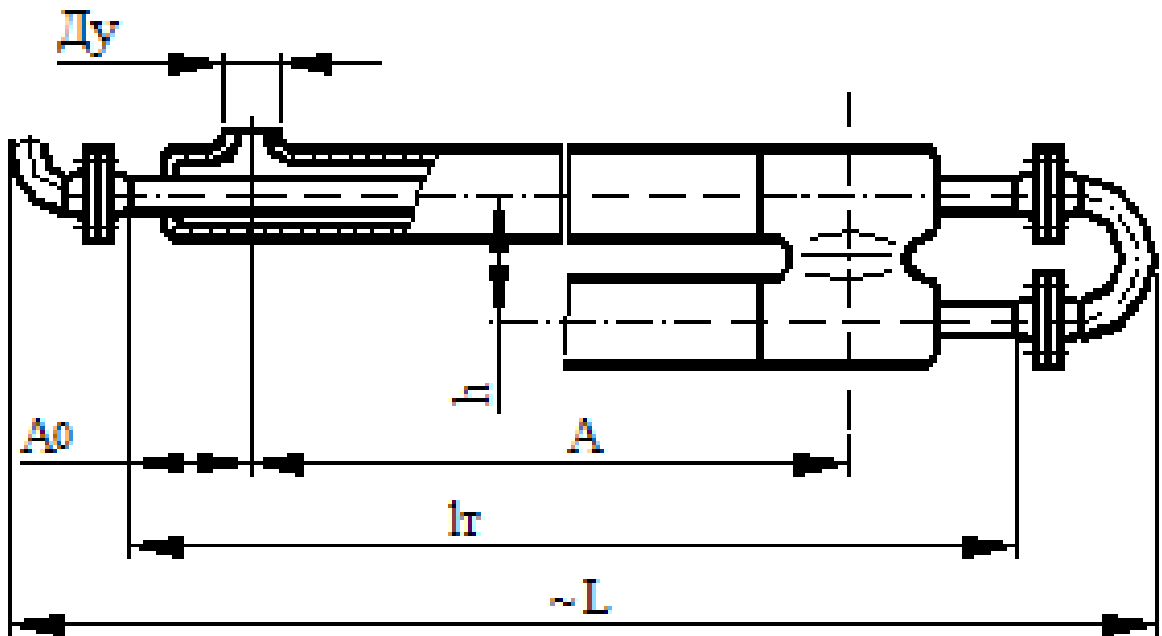


Рисунок 2.

4.1. Расчет на прочность наружной трубы теплообменника

Исходные данные:

Внутренний диаметр (мм)

$D: =0.49$

Высота цилиндрической части (м)

$Hц: =0.49$

Рабочее давление (МПа)

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лист

30

$$P=0.126$$

Температура среды (°C)

$$t_c=214$$

Плотность среды (кг/м³)

$$\rho_C := 1085$$

Скорость коррозии ($\frac{\text{ММ}}{\text{ГОД}}$)

$$П=0.01$$

Срок эксплуатации (лет)

$$T= 8$$

Примем что рабочее давление будет равняться расчетному $P=0.6$ МПа

Коэффициент прочности ϕ_1 для продольных сварных швов труб, при условии, что стыковые швы выполняются автоматической сваркой с односторонним сплошным проваром по длине контролируемых швов 100%, принимаем [1]:

$$\phi_1 := 1$$

Согласно имеющимся исходным и справочным данным, ведём расчёты согласно формулам ГОСТ 34233.1-2017[3]

Аппарат выплнен из стали 17ГС

Допускаемое напряжение согласно ГОСТ 34233.1-2017таблица А.1 [3]:

$$t := \begin{pmatrix} 200 \\ 214 \end{pmatrix}$$

$$\sigma := \begin{pmatrix} 148 \\ 148.84 \end{pmatrix}$$

$$t_p := 214^{\circ}\text{C}$$

$$\sigma_D := \text{Floor}(\text{linterp}(t, \sigma, t_p), 0.5)$$

$$\sigma_D = 148.5 \text{ МПа}$$

Предел текучести согласно ГОСТ 52857.1-2017таблица Б.1 [1]

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

$$\sigma_{T20} := 280 \text{ МПа}$$

Прибавка на коррозию

$$c1 := P \cdot \tau$$

Полная прибавка:

$$C := c1$$

$$C = 0.08 \text{ мм}$$

Выбираем вид испытаний - гидравлический, как наиболее безопасный и наиболее распространённый.

$$n := 1.1$$

для сталей, согласно ГОСТ [3] для условий гидравлических испытаний

Определим допускаемое напряжение для условий испытания:

$$\sigma_{И} := \frac{\sigma_{T20}}{n}$$

$$\sigma_{И} = 254.545 \text{ МПа}$$

Определяем значение пробного давления при рабочем давлении P , заданном изначально:

$$P_{И} := 1.25 \cdot P \cdot \left(\frac{\sigma_{И}}{\sigma_{Д}} \right)$$

$$P_{И} = 1.285 \text{ МПа} (13)$$

Давление столба жидкости определим по формуле:

$$P_{Г} := \frac{(\rho \cdot 9.81 \cdot H_{ц})}{10^6}$$

$$P_{Г} = 5.215 \times 10^{-3} \text{ МПа}$$

Определяем значение пробного давления при рабочем давлении P , заданном изначально:

$$P_{И} := 1.25 \cdot P \cdot \left(\frac{\sigma_{И}}{\sigma_{Д}} \right)$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

$$P_{И} = 0.27 \text{ МПа}$$

Давление столба жидкости определим по формуле:

$$P_{Г} := \frac{(\rho \cdot 9.81 \cdot H_{ц})}{10^6}$$

$$P_{Г} = 5.215 \times 10^{-3} \text{ МПа}$$

4.2. Проверочный расчёт элементов корпуса от действия внутреннего давления:

$$P_{р} := P + P_{Г}$$

$$P_{р} = 0.605 \text{ МПа}$$

$$P_{И} := 1.25 \cdot P \cdot \left(\frac{\sigma_{И}}{\sigma_{Д}} \right)$$

$$P_{И} = 0.27 \text{ МПа}$$

Расчётную и исполнительную толшины стенки цилиндрической части трубы рассчитаем по формуле:

$$Sp1 := \max \left(\frac{P_{р} \cdot D}{2 \cdot \phi_1 \cdot \sigma_{Д} - P}, \frac{P_{И} \cdot D}{2 \cdot \phi_1 \cdot \sigma_{И} - P_{И}} \right)$$

$$S1 := \text{Ceil}(Sp1 + C, 1)$$

$$S1 = 1 \text{ мм}$$

$$Sp1 = 0.026 \text{ мм}$$

Проверка условия использования формулы для расчёта значения Sp1:

$$Us1 := \begin{cases} \text{"Условие применимости формул выполняется"} & \text{if } \frac{S1 - C}{D} \leq 0.3 \\ \text{"Условие применимости формул НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

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

4.3. При гидравлических испытаниях:

$$P_{И1} := 2 \cdot \phi_1 \cdot \sigma_{И} \cdot \frac{(S1 - C)}{D + (S1 - C)}$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

$$P_{И1} = 9.381 \text{ МПа}$$

$$U_{sl} := \begin{cases} \text{"Условие прочности выполняется"} & \text{if } P_{И} \leq P_{И1} \\ \text{"Условие прочности НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

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

4.4. Расчет фланца

По внутренней трубе аппарата подбираем по ГОСТ54432 - 2011 фланец и рассчитываем его на прочность. [8]

Исходные данные:

$$D := 20 \text{ мм}$$

$$h := 12 \text{ мм}$$

$$P := 0.6 \text{ МПа}$$

$$D_H := 90 \text{ мм}$$

$$h_{II} := 2 \text{ мм}$$

$$M := 0 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$D_{\sigma} := 65 \text{ мм}$$

$$S_0 := 2.5 \text{ мм}$$

$$F := 0 \text{ Н}$$

$$D_{сП} := 40 \text{ мм}$$

$$d := 11 \text{ мм}$$

$$c_o := 1 \text{ мм}$$

$$b_{II} := 10 \text{ мм}$$

$$n := 4$$

$$t := 214 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

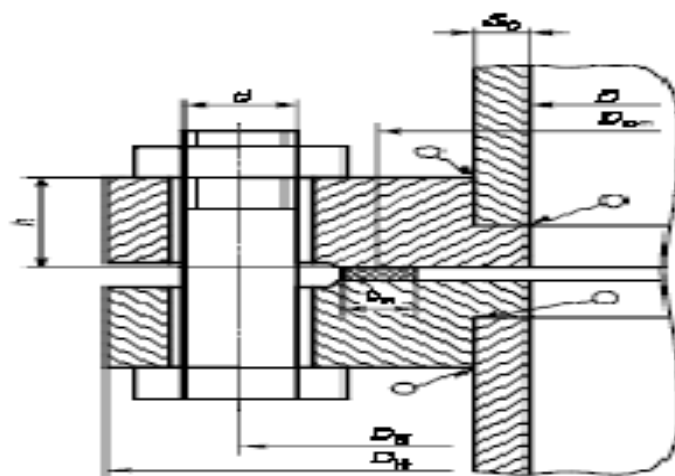
Материал обечаяк и фланцев - сталь 17Гс

Материал болтов - сталь 20

Материал прокладки - паронит ПОН.

Фланцы плоские, неизолированные (см. рис. 3.)

Фланцы с гладкой уплотнительной поверхностью рекомендуется применять для условных давлений среды до 1,6 МПа.



а — Фланцевое соединение с гладкой уплотнительной поверхностью

Рисунок 2, лист 1 — Фланцевое к

Рисунок 3.

Выбор крепежных элементов:

$bs := 1$ (болтовое)

Определение расчетных параметров

Расчетные температуры

Расчетная температура неизолированных плоских фланцев

$$t_{\phi} = 0,96 \cdot t$$

$$t_{\phi} = 205.44$$

Расчетная температура болтов

$$t_{\text{б}} := 0.85 \cdot t$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

$$t_{\text{б}} = 181.9$$

Допускаемые напряжения для болтов из стали 20 ГОСТ 34233.1-2017таблица А.1[3]

В рабочем состоянии

$$t_{\text{в}} := \begin{pmatrix} 20 \\ 214 \end{pmatrix}$$

$$\sigma := \begin{pmatrix} 147 \\ 135 \end{pmatrix}$$

$$\sigma_{\text{дб}} := \text{Floor}(\text{linterp}(t, \sigma, t_{\text{б}}), 0.5)$$

$$\sigma_{\text{дб}} = 136.5 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для болтов при рабочей температуре ГОСТ 34233.1-2017таблица В.1 [3]

$$E_{\text{б}} := 1.86 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для болтов при $t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ГОСТ 34233.1-2017таблица А.1[3]

$$\sigma_{20\text{б}} := 147 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для болтов при температуре испытания $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ГОСТ 34233.1-2017таблица В.1 [3]

$$E_{\text{б}} := 1.86 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Коэффициент линейного расширения стали 20 при $t = 20-200 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ГОСТ 34233.1-2017таблица Г.1[3]

$$\alpha_{20\text{б}} := 147 \text{ } 1/\text{К}$$

Модуль упругости для болтов при температуре испытания $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ГОСТ 52857.1-2007таблица В.1 [4]

$$E_{20\text{б}} := 2.18 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Коэффициент линейного расширения стали 20 при $t = 20-200 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ГОСТ 52857.1-2007таблица Г.1[2]

$$\alpha_{\text{б}} := 12.28 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/\text{К}$$

Допускаемые напряжения для фланцев и обечаек стали 17ГС ГОСТ 34233.1-2017таблица А.1 [3]

$$t := \begin{pmatrix} 20 \\ 150 \end{pmatrix}$$

$$\sigma := \begin{pmatrix} 183 \\ 154 \end{pmatrix}$$

$$\sigma := \text{Floor}(\text{linterp}(t, \sigma, t_{\text{ф}}), 0.5)$$

$$\sigma = 141.5 \text{ МПа}$$

Так как фланцы изготавливается из листового проката

$$\eta := 1$$

$$\sigma_{\text{д.ф}} := \eta \cdot \sigma$$

$$\sigma_{\text{д.ф}} = 141.5 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для стали 17ГС при рабочей температуре ГОСТ 34233.1-2017таблица В.1 [4]

$$E := 1.86 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение для стали 17гс при $t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ГОСТ 34233.1-2017таблица А.1 [3]

$$\sigma_{20} := 183 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{д}20} := \eta \cdot \sigma_{20}$$

$$\sigma_{\text{д}20} = 183 \text{ МПа}$$

Модуль упругости для стали 17гс при температуре испытания $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ГОСТ 34233.1-2017таблица В.1 [3]

$$E_{20} := 2.0 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Коэффициент линейного расширения стали 17гс при $t = 20 - 214 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ГОСТ 34233.1-2017таблица Г.1[3]

$$\alpha_{\text{ф}} := 12.58 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/\text{K}$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

Эффективная ширина плоской прокладки

$$b_{\text{п}} := 10 \text{ мм}$$

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

$$b_0 = 10 \text{ мм}$$

Характеристики прокладки по таблице 4.6

$$m := 2.5$$

$$q_{\text{обж}} := 20 \text{ МПа}$$

$$q_d := 130 \text{ МПа}$$

$$K_{\text{обж}} := 0.9$$

$$E_{\text{п}} := 200 \text{ МПа}$$

Усилие, необходимое для смятия прокладки при затяжке:

$$R_{\text{обж}} := 0.5 \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_0 \cdot m \cdot |P|$$

$$R_{\text{обж}} = 942.478 \text{ Н}$$

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

$$R_{\text{п}} := \begin{cases} \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_0 \cdot m \cdot P & \text{if } P \geq 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$R_{\text{п}} = 1.885 \times 10^3 \text{ Н}$$

Площадь поперечного сечений болтов (шпилек) по ГОСТ 12414-94 из таблицы 1.[38]

$$f_{\text{б}} := 153 \text{ мм}^2$$

Суммарная площадь сечения болтов (шпилек) по внутреннему диаметру резьбы или нагруженному сечению наименьшего диаметра

$$A_{\text{б}} := n \cdot f_{\text{б}}$$

$$A_{\text{б}} = 612 \text{ мм}^2$$

Равнодействующая нагрузка от давления

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

$$Q_d := \frac{\pi}{4} \cdot (D_{сп})^2 \cdot P$$

$$Q_d = 753.982 \text{ Н}$$

Приведенная нагрузка, вызванная воздействием внешней силы и изгибающего момента:

$$Q_{FM} := \max\left(\left|F + \frac{4 \cdot |M|}{D_{сп}}\right|, \left|F - \frac{4 \cdot |M|}{D_{сп}}\right|\right)$$

$$Q_{FM} = 0 \text{ Н}$$

Податливость прокладки

$$u_{п} := \frac{h_{п} \cdot K_{обж}}{E_{п} \cdot \pi \cdot D_{сп} \cdot b_{п}}$$

$$u_{п} = 7.162 \times 10^{-6} \text{ мм/Н}$$

Расстояние между опорными поверхностями гайки и головки болта или опорными поверхностями гаек:

$$L_{б0} := 40 \text{ мм}$$

Эффективная длина болта (шпильки) при определении податливости:

$$L_{б} := \begin{cases} L_{б0} + 0.28 \cdot d & \text{if } b_s = 1 \\ L_{б0} + 0.56 \cdot d & \text{if } b_s = 2 \end{cases}$$

$$L_{б} = 43.08 \text{ мм}$$

Податливость болтов:

$$u_{б} := \frac{L_{б}}{E_{20б} \cdot A_{б}}$$

$$u_{б} = 3.229 \times 10^{-7} \text{ мм/Н}$$

Расчетные параметры фланцев:

- параметр длины обечайки

$$l_0 := \sqrt{D \cdot S_0}$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

$10 = 7.071$ мм- отношение наружного диаметра тарелки фланца к внутреннему диаметру

$$K := \frac{D_H}{D}$$

$K = 4.5$ - коэффициенты, зависящие от соотношения размеров тарелки фланца:

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

$$\beta_T = 0.935$$

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

$$\beta_U = 1.444$$

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

$$\beta_Y = 1.32$$

$$\beta_Z := \frac{K^2 + 1}{K^2 - 1}$$

$$\beta_Z = 1.104$$

$N=15$ - коэффициенты для фланцевых соединений с приварными встык фланцами с прямой втулкой, плоскими фланцами и свободными фланцами

$$\beta_F := 0.91$$

$$\beta_V := 0.55$$

$$f := 1$$

- коэффициент λ

$$\lambda := \frac{\beta_F \cdot h + 10}{\beta_T \cdot 10} + \frac{\beta_V \cdot h^3}{\beta_U \cdot 10 \cdot (S_0)^2}$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

$$\lambda = 32.214$$

4.5. Угловая податливость фланцев

Угловая податливость фланца при затяжке

$$y_{\phi} := \frac{0.91 \cdot \beta V}{E20 \cdot \lambda \cdot 10 \cdot (S0)^2}$$

$$y_{\phi} = 1.758 \times 10^{-9}$$

Угловая податливость фланца, нагруженного внешним изгибающим моментом:

$$y_{\phi H} := \left(\frac{\pi}{4} \right)^3 \cdot \frac{D_{\phi}}{E20 \cdot h^3 \cdot D_H}$$

$$y_{\phi H} = 5.184 \times 10^{-10}$$

Коэффициент, учитывающий изгиб тарелки фланца между шпильками (болтами):

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

$$CF = 1$$

Приведенный диаметр плоского фланца

$$D_{\text{пр}} := D$$

Плечо действия усилий в болтах (шпильках) для приварных встык и плоских фланцев

$$b := 0.5(D_{\phi} - D_{\text{сп}})$$

$$b = 12.5$$

Плечо усилия от действия давления на фланец для всех типов фланцев

$$e := 0.5 \cdot (D_{\text{сп}} - D - S0)$$

$$e = 8.75$$

Эквивалентная толщина втулки плоских фланцев

$$S_{\text{э}} := S0$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

Коэффициент жесткости фланцевого соединения для приварных встык и плоских фланцев

$$\gamma := \frac{1}{у_{п} + у_{б} \cdot \frac{E_{20б}}{E_{б}} + 2 \cdot b^2 \cdot у_{ф} \cdot \frac{E_{20}}{E}}$$

$$\gamma = 1.23 \times 10^5$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внешним изгибающим моментом давлением или внешней осевой силой для приварных встык и плоских фланцев с плоскими прокладками

$$\alpha := 1 - \frac{у_{п} - 2 \cdot e \cdot у_{ф} \cdot b}{у_{п} + у_{б} + 2 \cdot b^2 \cdot у_{ф}}$$

$$\alpha = 0.156$$

Коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внешним изгибающим моментом

$$\alpha_M := \frac{у_{б} + 2 \cdot у_{фн} \cdot b \cdot \left(b + e - \frac{e^2}{D_{сп}} \right)}{у_{б} + у_{п} \cdot \left(\frac{D_{б}}{D_{сп}} \right)^2 + 2 \cdot у_{фн} \cdot b^2}$$

$$\alpha_M = 0.03$$

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

$$Q_t := \gamma \cdot [2\alpha_{ф} \cdot h \cdot (t_{ф} - 20) - 2\alpha_{б} \cdot h \cdot (t_{б} - 20)]$$

$$Q_t = 1.272 \times 10^3 \text{ Н}$$

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

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

$$P_{б1} := \max \left[\begin{array}{l} \alpha \cdot (Q_d + F) + R_{\Pi} + \frac{4 \cdot \alpha \cdot M \cdot |M|}{D_{сп}} \\ \alpha \cdot (Q_d + F) + R_{\Pi} + \frac{4 \cdot \alpha \cdot M \cdot |M|}{D_{сп}} - Q_t \end{array} \right]$$

$$P_{б1} = 2.003 \times 10^3 \text{ Н}$$

Расчетная нагрузка на болты (шпильки) при затяжке, необходимая для обеспечения обжатия прокладки и минимального начального натяжения болтов (шпилек)

$$P_{б2} := \max(P_{обж}, 0.4 \cdot A_b \cdot \sigma_{20б})$$

$$P_{обж} = 942.478 \text{ Н}$$

$$P_{б2} = 3.599 \times 10^4 \text{ Н}$$

Расчетная нагрузка на болты (шпильки) фланцевых соединений при затяжке фланцевого соединения:

$$P_{бм} := \max(P_{б1}, P_{б2})$$

$$P_{бм} = 3.599 \times 10^4 \text{ Н}$$

Расчетная нагрузка на болты (шпильки) фланцевых соединений в рабочих условиях

$$P_{бр} := P_{бм} + (1 - \alpha) \cdot (Q_d + F) + Q_t + \frac{4 \cdot (1 - \alpha) \cdot M \cdot |M|}{D_{сп}}$$

$$P_{бр} = 3.789 \times 10^4 \text{ Н}$$

4.6. Проверка прочности болтов (шпилек) и прокладки

Расчетные напряжения в болтах (шпильках)

- при затяжке

$$\sigma_{б1} := \frac{P_{бм}}{A_b}$$

$$\sigma_{б1} = 58.8 \text{ МПа}$$

- в рабочих условиях

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

$$\sigma_{б2} := \frac{P_{бр}}{A_{б}}$$

$$\sigma_{б2} = 61.917 \text{ МПа}$$

Проверка условий прочности болтов (шпилек) при затяжке и в рабочих условиях

$$Usl_1 := \begin{cases} \text{"Условия прочности в при затяжке НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{б1} > \sigma_{20б} \\ \text{"Условия прочности в рабочих условиях НЕ выполняются"} & \text{if } \sigma_{б2} > \sigma_{дб} \\ \text{"Условия прочности выполняются"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Usl_1 = \text{"Условия прочности выполняются"}$$

$$\sigma_{б1} = 58.8 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{б2} = 61.917 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{20б} = 147 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{дб} = 136.5 \text{ МПа}$$

Удельное давление на прокладку

$$q := \frac{\max(P_{бм}, P_{бр})}{\pi \cdot D_{сп} \cdot b_{п}}$$

$$q = 30.155 \text{ МПа}$$

Условие прочности прокладки (проверяется для мягких прокладок)

$$Usl_2 := \begin{cases} \text{"Условие прочности прокладки НЕ выполняется"} & \text{if } q > q_d \\ \text{"Условие прочности прокладки выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Usl_2 = \text{"Условие прочности прокладки выполняется"}$$

$$q = 30.155 \text{ МПа}$$

$$q_d = 130 \text{ МПа}$$

4.7. Расчет фланцев на статическую прочность

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

$$M_m := CF \cdot P_{бм} \cdot b$$

$$M_M = 4.498 \times 10^5 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Расчетный изгибающий момент, действующий на фланец в рабочих условиях

$$M_p := CF \cdot \max[P_{бр} \cdot b + (Q_d + Q_{FM}) \cdot e, |Q_d + Q_{FM}| \cdot e]$$

$$M_p = 4.803 \times 10^5 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Расчетные напряжения во фланце при затяжке:

- меридиональное изгибное напряжение во втулке приварного встык фланца, обечайке плоского фланца

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

$$\sigma_{0M} = 310.299 \text{ МПа}$$

- напряжения в тарелке приварного встык фланца или плоского фланца в условиях затяжки:

- радиальное напряжение

$$\sigma_{RM} := \frac{1.33 \cdot \beta F \cdot h + 10}{\lambda \cdot h^2 \cdot 10 \cdot D} \cdot M_M$$

$$\sigma_{RM} = 11.07 \text{ МПа}$$

- окружное напряжение

$$\sigma_{TM} := \frac{\beta Y \cdot M_M}{h^2 \cdot D} - \beta Z \cdot \sigma_{RM}$$

$$\sigma_{TM} = 119.741 \text{ МПа}$$

Расчетные напряжения во фланце в рабочих условиях:

- меридиональные изгибные напряжения для приварных встык фланцев с прямой втулкой и плоских фланцев

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

$$\sigma_{0p} = 331.302 \text{ МПа}$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

- максимальные меридиональные мембранные напряжения в обечайке плоского фланца

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

$$\sigma_{0mp} = 7.111 \text{ МПа}$$

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

- радиальное напряжение

$$\sigma_{Rp} := \frac{1.33 \cdot \beta F \cdot h + 10}{\lambda \cdot h^2 \cdot 10 \cdot D} \cdot M_p$$

$$\sigma_{Rp} = 11.819 \text{ МПа}$$

- окружное напряжение

$$\sigma_{Tp} := \frac{\beta Y \cdot M_p}{h^2 \cdot D} - \beta Z \cdot \sigma_{Rp}$$

$$\sigma_{Tp} = 127.845 \text{ МПа}$$

Проверка условий статической прочности фланцев

$$\sigma_{pmax} := \max \left(\left(\left(\left| \sigma_{0p} - \sigma_{0mp} + \sigma_{Tp} \right| \right) \right), \left(\left(\left| \sigma_{0p} - \sigma_{0mp} + \sigma_{Rp} \right| \right) \right), \left(\left| \sigma_{0p} + \sigma_{0mp} \right| \right) \right)$$

$$\sigma_{3max} := \max(\left| \sigma_{0M} + \sigma_{RM} \right|, \left| \sigma_{0M} + \sigma_{TM} \right|)$$

PR_1 := "Условия статической прочности при затяжке и в рабочих условиях выполняются"

PR_3 := "Условия статической прочности НЕ выполняются"

KT = 1.3 при расчете с учетом стесненности температурных деформаций. При расчете без учета стесненности температурных деформаций KT = 1.

$$K_T := 1.3$$

$$Usl_3 := \begin{cases} PR_1 & \text{if } \sigma_{TM} < \sigma_{206} \wedge \sigma_{Tp} < \sigma_{df} \\ PR_3 & \text{otherwise} \end{cases}$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

Usl 3="Условия статической прочности при затяжке в рабочих условиях выполняются".

$$\sigma_{206} = 147 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{ТМ} = 119.741 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{Тр} = 127.845 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{дф} = 141.5 \text{ МПа}$$

Проверка углов поворота фланцев

Угол поворота приварного встык фланца, плоского фланца

$$\Theta := M_p \cdot u_f \cdot \frac{E_{20}}{E}$$

$$\Theta = 9.077 \times 10^{-4}$$

Допустимый угол поворота плоского фланца

$$\Theta_{д} := 0.013$$

Usl_P := $\left\{ \begin{array}{l} \text{"Условие при испытаниях НЕ выполняется"} \text{ if } \Theta > 1.3 \cdot \Theta_{д} \\ \text{"Условие в рабочих условиях НЕ выполняется"} \text{ if } \Theta > \Theta_{д} \\ \text{"Условие поворота плоского фланца выполняется"} \text{ otherwise} \end{array} \right.$

Usl_P = "Условие поворота плоского фланца выполняется"

4.8. Расчет на прочность внутренней трубы теплообменника

Исходные данные:

$$D := 20$$

Внутренний диаметр (мм)

$$H_{ц} := 0.020$$

Высота цилиндрической части (м)

$$P := 0.138$$

Рабочее давление (МПа)

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

$$t_c := 150$$

Температура среды (°C)

$$\rho_c := 733$$

Плотность среды (кг/м³)

$$P := 0.01$$

Скорость коррозии ($\frac{\text{мм}}{\text{ГОД}}$)

$$\tau := 8$$

Срок эксплуатации (лет)

Коэффициент прочности ϕ_1 для продольных сварных швов труб, при условии, что стыковые швы выполняются автоматической сваркой с односторонним сплошным проваром по длине контролируемых швов 100%, принимаем [1]:

$$\phi_1 := 1$$

Согласно имеющимся исходным и справочным данным, ведём расчёты согласно формулам ГОСТ 52857.1-2007:[1]

Аппарат выплонен из стали 17ГС

Допускаемое напряжение согласно ГОСТ 52857.1-2007 таблица А.1 :

$$t := \begin{pmatrix} 100 \\ 150 \end{pmatrix}$$

$$\sigma := \begin{pmatrix} 160 \\ 154 \end{pmatrix}$$

$$t_p := 214$$

$$\sigma_d := \text{Floor}(\text{linterp}(t, \sigma, t_p), 0.5)$$

$$\sigma_d = 146 \text{ МПа}$$

Предел текучести согласно ГОСТ 52857.1-2007 таблица Б.1 [1]

$$\sigma_{T20} := 280 \text{ МПа}$$

Прибавка на коррозию

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

$$c1 := P \cdot \tau$$

Полная прибавка:

$$C := c1$$

$$C = 0.08 \text{ мм}$$

Выбираем вид испытаний - гидравлический, как наиболее безопасный и наиболее распространённый.

$$n := 1.1$$

для сталей, согласно ГОСТ [3] для условий гидравлических испытаний

Определим допускаемое напряжение для условий испытания:

$$\sigma_{И} := \frac{\sigma_{T20}}{n}$$

$$\sigma_{И} = 254.545 \text{ МПа}$$

Согласно ГОСТ, округляем и получаем значение σ :

$$\sigma_{И} := \text{Floor}(\sigma_{И}, 0.5)$$

$$\sigma_{И} = 254.5 \text{ МПа}$$

Определяем значение пробного давления при рабочем давлении P , заданном изначально:

$$P_{И} := 1.25 \cdot P \cdot \left(\frac{\sigma_{И}}{\sigma_{Д}} \right)$$

$$P_{И} = 0.301 \text{ МПа}$$

Давление столба жидкости определим по формуле:

$$P_{Г} := \frac{(\rho \cdot 9.81 \cdot H_{ц})}{10^6}$$

$$P_{Г} = 1.438 \times 10^{-4} \text{ МПа}$$

4.9. Проверочный расчёт элементов корпуса от действия внутреннего давления:

$$P_{р} := P + P_{Г}$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лист
						49

$$P_p = 0.138 \text{ МПа}$$

$$P_{\text{и}} := 1.25 \cdot P \cdot \left(\frac{\sigma_{\text{и}}}{\sigma_{\text{д}}} \right)$$

$$P_{\text{и}} = 0.301 \text{ МПа}$$

Расчётную и исполнительную толщину стенки цилиндрической части трубы рассчитаем по формуле:

$$Sp1 := \max \left(\frac{P_p \cdot D}{2 \cdot \phi_1 \cdot \sigma_{\text{д}} - P}, \frac{P_{\text{и}} \cdot D}{2 \cdot \phi_1 \cdot \sigma_{\text{и}} - P_{\text{и}}} \right)$$

$$Sp1 = 0.012 \text{ мм}$$

$$S1 := \text{Ceil}(Sp1 + C, 1)$$

$$S1 = 1 \text{ мм}$$

Проверка условия использования формулы для расчёта значения Sp1:

Проверка условия использования формулы для расчёта значения Sp1:

$$Usl := \begin{cases} \text{"Условие применимости формул выполняется"} & \text{if } \frac{S1 - C}{D} \leq 0.3 \\ \text{"Условие применимости формул НЕ выполняется"} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$Usl = \text{"Условие применимости формул выполняется"}$$

4.10. При гидравлических испытаниях:

Для трубной части теплообменника:

$$P_{\text{и1}} := 2 \cdot \phi_1 \cdot \sigma_{\text{и}} \cdot \frac{(S1 - C)}{D + (S1 - C)}$$

$$P_{\text{и1}} = 22.384 \text{ МПа}$$

Условия прочности выполняются, потому что

$$P_{\text{и}} \leq P_{\text{и1}}$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

$P_{и}=0.301$ МПа

$P_{и1}=22.384$ МПа.

Принимаем толщину стенки внутренней трубы теплообменного аппарата 2.5 мм.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лист

51

5.ВЫБОР КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Основной конструкционный материал 17ГС. Сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций.

Конструкционная низколегированная кремнемарганцовистая сталь 17ГС используется для изготовления сварных конструкций, работающих в интервале температур $-40 +475^{\circ}\text{C}$ под давлением – фланцы, днища, корпуса аппаратов.

Выбор конструкционных материалов начнем с условий эксплуатации аппарата: температура горячего теплоносителя в межтрубном пространстве максимальная 214°C , давление 0.06 МПа, температура холодного теплоносителя 30°C , давление 0.06 МПа. Учитываем северный климат, в котором годовые перепады температур от -60 до $+30^{\circ}\text{C}$. Теплообменники будут установлены в закрытом отапливаемом помещении. Согласно пункту 6.2 ГОСТ 53677-2009 требования к основным материалам, их пределы применения, назначение, условия применения, виды испытаний должны соответствовать ГОСТ Р 52630 (раздел 5). Содержание серы и фосфора в углеродистых и низколегированных сталях по ГОСТ 5520 должно быть не более 0,025% и 0,035% соответственно, по ГОСТ 19281 - не более 0,035% и 0,030% соответственно. Выбираем марку стали Так как целью данного проекта является импорта замещения марка стали уже известна SA-516-70 по Госту 17066-94 Российский аналог данной стали, сталь 17ГС.

Этот материал используют для создания простых и сложных сварных структур, которые будут эксплуатироваться в экстремальных условиях. Готовое изделие способно выдержать сильный натиск и температуру от -40°C до $+475^{\circ}\text{C}$, и оно распространено в производстве паровых труб и отводов для горячей воды. Сталь 17С относится к конструкционному низколегированному классу, не обладает ограничениями для сварки, а реализация осуществляется в виде листового или полосного металлопроката. Следует отметить, что сплав применяют на сложных предприятиях: строительство теплосетей и нефтепроводов, создание магистралей с высоким давлением и на атомных электростанциях.

Далее приведены таблицы с химическим составом и механическими свойствами стали.

Массовая доля элементов стали 17Г1С по ГОСТ 19281-2014

Таблица 1. (Химический состав стали 17ГС).

Массовая доля элементов не более, %:

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лист
						52
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата		

Азот	Кремний	Марганец	Медь	Мышьяк	Никель	Сера	Углерод	Фосфор	Хром
0,008	0,4–0,6	1–1,4	0,3	0,08	0,3	0,04	0,14–0,2	0,035	0,3

Таблица 2. Сталь 17ГС – механические свойства

Сортамент	ГОСТ	Размеры – толщина, диаметр	Термообработка	КСУ	y	d ₅	σ _T	σ _B
Лист	5520–79					23	335– 345	490– 510
Трубы	10705–80							

Таблица 3. Материал 17ГС – температура критических точек, °С

Критические точки	Ac1	Ac3	Ar1	Ar3	Mn
Температура	745	870	680	790	380

Технологические свойства стали марки 17ГС :

Технологические свойства стали отображают ее способность принимать определенные деформации, подобные тем, какие готовое стальное изделие будет иметь при дальнейшей обработке или в условиях дальнейшей эксплуатации.

Свариваемость без ограничений

Механические свойства материала 17ГС.

Таблица 4. (Механические свойства стали 17ГС).

Сортамент	ГОСТ	Размеры – толщина, диаметр	Термообработка	КСУ	y	d ₅	σ _T	σ _B
Лист	5520–79					23	335– 345	490– 510
Трубы	10705–80					20	343	490

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лист

53

6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Сырье и готовая продукция, применяемые и получаемые на установке подготовки топливного газа по своему химическому составу представляют органические соединения, состоящие в основном из углерода и водорода. Углеводородные газы обладают наркотическим действием, влияют на центральную нервную систему. Могут образовывать с кислородом воздуха взрывоопасные смеси. Пары углеводородов в смеси с кислородом воздуха обладают высокой степенью горючести, а в определенных концентрациях с кислородом способны окисляться с взрывом.

Основные особенности процесса модернизации теплообменника, представляющие опасность для работающих, приведены в таблице 12.

Таблица 5 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Р	И	Э	
1.Отклонение показателей микроклимата				СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
2.Превышение уровня шума				ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности
3.Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны				ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

4.Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов				ГОСТ 12.2.061-81 Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам
5.Химические факторы				ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности
6.Физические перегрузки				Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда
7. Нервно-психические перегрузки				Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда
8.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека				ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1)

6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:

К работе допускаются лица, достигшие 18 лет, имеющие квалификацию товарного оператора не ниже 4-го разряда, прошедшие курс обучения и сдавшие экзамен по ОТ, ПБ. [31].

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

Все работники, занятые ремонтом, обслуживанием и эксплуатацией должны пройти обучение устройству и правилам эксплуатации оборудования.

После прохождения обучения все работники сдают установленный техминимум.

Ведомость сдачи находится у начальника. Условиями безопасной эксплуатации и технического обслуживания является знание и соблюдение персоналом требований «Правилами промышленной безопасности для нефтеперерабатывающих производств». Вторичная аппаратура, щиты управления являются действующими установками до 1000 В, на которые распространяются «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок потребителей».

Площадка должна быть обеспечена первичными средствами пожаротушения, содержаться в чистоте. Нельзя размещать на ней горючие материалы и посторонние предметы.

Ступени и площадки лестниц должны поддерживаться в чистоте, регулярно очищаться от наледи и снега. При обслуживании работать в спец. одежде и спец. обуви согласно требованиям охраны труда. Не допускается розлив битума, кислоты, эмульгатора на территории в помещении.

При ремонте категорически запрещается производить разъединение фланцевых соединений до тех пор, пока не будет понижено давление до атмосферного и произведено освобождение трубопровода.

6.2. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

1. Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе.

Источником формирования данного вредного производственного фактора могут являться плохие метеорологические условия, в результате которых возможно отклонение показателей микроклимата в рабочей зоне.

Отклонение показателей микроклимата может привести к ухудшению общего самочувствия рабочего.

В холодный период года допустимая температура воздуха 19,1-22,0 0С. [27].

В теплый период года допустимая температура воздуха 21,1-27,0 0С. [27].

Нормирование параметров на открытых площадках не производится, но определяются

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

конкретные мероприятия по снижению неблагоприятного воздействия их на организм рабочего.

При отклонении показателей микроклимата на открытом воздухе, рабочие должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты, которые предусмотрены отраслевыми нормами и соответствуют времени года. При определенной температуре воздуха и скорости ветра в холодное время работы приостанавливаются.

Таблица 6.-Работы на открытом воздухе приостанавливаются при погодных условиях [5].

Скорость ветра, м/с	Температура воздуха 0С
При безветренной погоде	- 40
Не более 5,0	- 35
5,1 – 10,0	- 25
10,1 - 15	- 15
15,1 – 20,0	- 5
Более 20,0	0

2. Превышение уровней шума.

Основными источниками шума являются, машины и механизмы, работа насосных агрегатов, сварочно- монтажные работы.

Шум – это беспорядочное сочетание звуков различной частоты. Источниками шума при проведение ремонтных работ на магистральном нефтепроводе могут стать установки для дробеструйной обработки полумуфт, а также машины для проведения земляных работ. [34]. Длительное воздействие шумов отрицательно сказываются на эмоциональном состоянии персонала, а также может привести к снижению слуха.

Согласно ГОСТ 12.1.003 – 83 (1999) эквивалентный уровень шума (звука) не должен превышать 80 дБА.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

Для предотвращения негативного воздействия шума на рабочих используются средства коллективной и индивидуальной защиты.

Коллективные средства защиты:

рабочей зоны (постановкой перегородок, диафрагм), звукоизоляция

- борьба с шумом в самом источнике;

- борьба с шумом на пути распространения (экранирование).

Средства индивидуальной защиты:

- наушники; ушные вкладыши.

3. Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны

В связи с тем, что модернизируемый теплообменник является частью опасного производственного объекта с высоким уровнем обращающихся взрывопожароопасных и токсичных газов, высок риск возникновения загазованности рабочей зоны. Основной средой в технологическом процессе является попутный нефтяной газ с содержанием метана (СН₄) около 75% об.[36], образующий взрывные концентрации с кислородом воздуха, нижний концентрационный предел распространения пламени по ГОСТ Р 12.3.047-98 составляет 5,28 % об. [36]. Для защиты от возможного действия данного фактора применяются газоанализаторы стационарные типа СГОЭС, а также портативные переносные газоанализаторы GasAlert Microclip, выдаваемые работникам и персоналу подрядных организаций при выполнении работ на ОПО, сигнализирующие достижение концентрации метана в воздухе рабочей зоны в двух порогах – 10% от НКПР и 20% от НКПР метана. [36].

Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов

Повышенная температура поверхностей оборудования может возникнуть в процессе сварочных работ во время монтажа дополнительного оборудования в рамках модернизации теплообменника. Данный фактор может быть обусловлен, как необходимостью прогрева свариваемых элементов случае монтажа в зимнее время в условиях низких температур, так и в процессе сварки. Для защиты применяются соответствующие средства индивидуальной защиты (краги, костюм сварщика).

Химические факторы

Попутный нефтяной газ, содержащий пары легких углеводородов (бензиновой фракции ПДК 300 мг/м³ 12.1.007 [7]). Для защиты от данного фактора на предприятии организован периодический контроль и отбор проб газовоздушной среды в

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лист
						58
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата		

утвержденны), так же как и природный относится к веществам 4-го класса опасности по ГОСТ х точках переносным портативным газоанализатором КОЛИОН 1В-03, показывающим содержание паров в мг/м³ и сигнализирующем о превышении порога ПДК. [36].

6. Тяжесть и напряженность физического труда.

Тяжелый и напряженный физический труд может повлиять на общее самочувствие рабочего и привести к развитию различных заболеваний.

У людей, занятых тяжелым и напряженным физическим трудом, должен быть 8–ми часовой рабочий день с обеденным перерывом (13:00 – 14:00) и периодическими кратковременными перерывами, а также должна быть увеличена заработная плата и продолжительность отпуска.

7. Нервно- психические перегрузки

При производстве работ по разработке проекта модернизации оборудования, его монтажу и в процессе эксплуатации неизбежно сталкиваются с нервно-психическими перегрузками, связанными с напряженностью трудового процесса, возникающими от умственного перенапряжения, в том числе вызванное информационной нагрузкой; монотонностью труда – эмоциональные перегрузки. Для минимизации действия данного фактора необходимо соблюдать режим труда и отдыха. На ОПО зачастую оборудуются комнаты отдыха и психологической разгрузки для персонала, наиболее подверженному данному типу нагрузок.

8. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.

Данный фактор воздействует на работников на всех этапах модернизации теплообменника. Для защиты работников от действия данного фактора, необходимо применять сертифицированный электроинструмент и электроприборы (ЭВМ, сварочный аппарат, угловая шлифовальная машина и т.д.), регулярно проводить их проверку, перед началом использования осматривать их. Персонал, использующий в работе электроинструмент относится к электротехническому, и должен быть обучен на соответствующую группу допуска (II группа для электротехнического персонала, обслуживающего электроустановки напряжением до 1000 В), регулярно (не реже одного раза в год) проходить проверку знаний. [37].

6.3. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

1. Поражения электрическим током.

Поражения электрическим током могут являться плохо изолированные токопроводящие части, провода. Известно, что поражение человека электрическим током возможно лишь при замыкании электрической цепи через тело человека, т.е. при прикосновении человека к сети не менее чем в двух точках II и III класс - при эксплуатации в условиях производства во всех случаях, а при подготовке и производстве строительномонтажных работ в помещениях - в условиях повышенной опасности и вне помещений. При пользовании машинами классов II и III разрешается работать без применения средств индивидуальной защиты, за исключением подготовки и производства строительномонтажных работ, когда при работе с электрическими машинами и инструментом класса II необходимо использовать указанные средства. [26] Для защиты от поражения электрическим током применяют коллективные и индивидуальные средства.

Коллективные средства электрозащиты: изоляция токопроводящих частей (проводов) и ее непрерывный контроль, установка оградительных устройств, предупредительная сигнализация и блокировка, использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов, применение малых напряжений, защитное заземление, зануление, защитное отключение.

Изолирующие средства защиты: диэлектрические перчатки, инструменты с изолированными рукоятками, диэлектрические боты, изолирующие подставки.

Вывод: опасность факторов поражения электрическим током не выявлены.

2. Пожара – и взрывоопасность.

Источниками возникновения пожара могут быть устройства электропитания, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы,

электрические искры и дуги, способные вызвать загорания горючих материалов, короткие замыкания, перегрузки. Источники взрыва – газовые баллоны, трубопровод под давлением.

Результатам негативного воздействия пожара и взрыва на организм человека являются ожоги различной степени тяжести, повреждения и возможен летальный исход.

Попутный нефтяной газ, содержащий пары легких углеводородов (ПДК 300 мг/м³ [32]), относится к веществам 4-го класса опасности. [31] Для защиты от данного фактора на предприятии организован периодический контроль и отбор проб газовой среды в

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лист
						60
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата		

утвержденных точках переносным портативным газоанализатором КОЛИОН 1В-03, показывающим содержание паров углеводородов нефти в мг/м³ и сигнализирующем о превышении порога ПДК. [36]

Предельно – допустимая концентрация паров природного газа в рабочей зоне не должна превышать по санитарным нормам 300 мг/м³. Попутный нефтяной газ, содержащий пары легких углеводородов (ПДК 300 мг/м³ [32]), относится к веществам 4-го класса опасности. [31] Для защиты от данного фактора на предприятии организован периодический контроль и отбор проб газовоздушной среды в утвержденных точках переносным портативным газоанализатором КОЛИОН 1В-03, показывающим содержание паров углеводородов нефти в мг/м³ и сигнализирующем о превышении порога ПДК. [36]

К средствам тушения пожара, предназначенных для локализации небольших загораний, относятся пожарные стволы, огнетушители, сухой песок, асбестовые одеяла, вода. Для предотвращения взрыва необходимо осуществлять постоянный контроль давления по манометрам в трубопроводе.

6.4. Экологическая безопасность.

Для уменьшения выноса загрязняющих веществ с поверхностным стоком должны осуществляться следующие мероприятия: исключение сброса в дождевую канализацию отходов производства; организация регулярной уборки территорий; проведение своевременного ремонта дорожных покрытий; ограждение зон озеленения бордюрами, исключая смыв грунта на дорожное покрытие; повышение степени пыле- и газоочистки; повышение технического уровня эксплуатации автотранспорта; ограждение строительных площадок с упорядочением отвода поверхностного стока по временной системе открытых лотков, освещением его на 50-70% в отстойниках и последующим сбросом в водные объекты или дальнейшим очищением, локализация участков, где неизбежны просыпи и проливы сырья и промежуточных продуктов с последующим отведением и очисткой поверхностного стока; упорядочение складирования и транспортирования сыпучих и жидких материалов.

Выбор схемы отведения и очистки поверхностного стока определяется его качественной и количественной характеристиками, требуемой степенью очистки и осуществляется на основании технико-экономического сравнения вариантов и оценки технической возможности их реализации.

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лист
						61
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата		

При попадании в водоемы нефтепродуктов в объеме, который может привести к превышению предельно допустимой концентрации, должны быть немедленно приняты меры по предотвращению их распространения и к последующему удалению.

Учитывая, что нефтепродукты и другие легкие нерастворимые загрязнения до окисления длительное время остаются в виде поверхностной пленки, изоляция места загрязнения производится оконтуриванием боновыми заграждениями.

Сбор и удаление нефтяных загрязнений должны осуществляться механическими способами. В тех случаях, когда это невозможно, могут быть применены впитывающие препараты - сорбенты (пенополиуретан, торф, опилки и др.) с последующим их сбором и удалением. Порядок и условия применения сорбентов должны быть согласованы с контролирующими органами.

Основными условиями минимального загрязнения окружающей среды при работе предприятия, является выполнение технологических правил, соответствие исходного сырья и топлива установленным для данного процесса требованиям, соблюдение производственной дисциплины.

При совершенствовании технологических процессов обязательно должны повышаться эффективность пылегазоулавливания.

6.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятные сценарии аварийных ситуаций при эксплуатации модернизируемого аппарата – это взрыв, пожар.

Для оповещения о возникновении пожара устанавливают ручные пожарные извещатели, а также систему оповещения об аварии. Для раннего обнаружения очагов пожара по периметру установки расположены датчики пламени (инфракрасного теплового излучения).

Для отработки действий при возникновении аварийной ситуации разрабатывается план мероприятий по локализации и ликвидации аварийных ситуаций (ПМЛЛА). С обслуживающим персоналом регулярно должны проводиться тренировки.

Главной задачей при возникновении пожара является его локализация. Небольшие возгорания и пожары в начальной стадии могут быть ликвидированы обслуживающим персоналом доступными средствами пожаротушения. Все помещения установки обеспечиваются первичными средствами пожаротушения. По периметру проходит

стационарная циркуляционная линия пожаротушения (пожкольцо), оборудованная лафетными стволами и гребенками для подключения пожарных рукавов, хранение которых организуется в отапливаемых блок-боксах.

К возникновению аварийных ситуаций на производстве зачастую приводят неисправности в работе оборудования. Рассмотрим возможные неисправности в работе оборудования и определим комплекс необходимых мер по их устранению. В таблице 3 приведены возможные неисправности в работе оборудования, способные привести к возникновению аварийной ситуации и предложены способы их устранения.

Таблица 7. – Возможные неисправности и способы их устранения.

Наименование неисправности, внешнее проявление и дополнительные признаки	Вероятная причина	Метод устранения
1. Пропуск газа, жидкости во фланцевых соединениях	Ослабло крепление фланцевого соединения или повреждена прокладка	Остановить теплообменника. Сбросить давление. Подтянуть крепеж фланцевых соединений, при необходимости заменить прокладку
2. Попадание жидкости в трубопровод выхода газа	Неисправна система регулирования уровня	Проверить систему регулирования уровня. При необходимости отключить теплообменника (вывести из работы), сбросить давление и устранить неисправность.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

Заключение.

Выявлены вредные и опасные производственных факторы, с которыми можно столкнуться при работе с аппаратом, проведен их анализ. Так же обоснованы мероприятия по устранению этих факторов. Рассмотрены экологические риски и предложены мероприятия по недопущению негативного воздействия на окружающую среду. Определены вероятные сценарии развития аварийных ситуаций и разработан комплекс мер по их устранению.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

7. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Главная цель любого предприятия — это снижение себестоимости продукта и увеличения прибыли для увеличения конкурентоспособности предприятия. Для этого на предприятии приходится заменять устаревшее оборудование, модернизировать его, а также вводить новые технологические процессы в производство.

Модернизация технологического процесса как правило оказывается гораздо дешевле и экономичней чем менять все производство. В своей работе я предлагаю модернизировать предприятие введя в него новый теплообменник Российского производства, который позволит удешевить процесс.

7.1. SWOT-анализ.

Качественный подход к описанию рисков заключается в детальном и последовательном рассмотрении содержательных факторов, несущих неопределенность, и завершается формированием причин основных рисков и мер по их снижению. Одной из методик анализа сильных и слабых сторон предприятия, его внешних благоприятных возможностей и угроз является SWOT-анализ.

Таблица 8. - SWOT-анализ

	Сильные стороны	Слабые стороны
	научно-исследовательского проекта:	научно-исследовательского проекта:
	С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии	Сл1. Отсутствие потенциальных потребителей
	С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.	Сл2. Большое количество конкурентов

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

	С4. Квалифицированный руководитель.	
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт научных исследований</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>Проектирование участка по производству природного газа</p>	<p>1. Повышение квалификации кадров</p> <p>2. Привлечение новых заказчиков</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производ-ства</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства</p>	<p>1. Продвижение новой технологии с целью появления спроса</p> <p>2. Применение технологии к альтернативным источникам</p>	<p>1. Повышение квалификации кадров</p> <p>2. Привлечение новых заказчиков</p> <p>3. Применение технологии к альтернативным источникам</p>

7.2. Расчёт производственной мощности

Производственная мощность действующей установки – это максимально возможный годовой выпуск готовой продукции в номенклатуре и ассортименте, предусмотренных на плановый период при наилучшем использовании производственного оборудования.

$$M = P \cdot T_{эфф} \cdot K_{об} ,$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

где Π – производительность оборудования в единицу времени

$$(\Pi = 210 \text{ т / день} \mid |);$$

$T_{\text{эфф}}$ – эффективный фонд времени работы оборудования;

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

Эффективный фонд времени оборудования:

$$T_{\text{эфф}} = T_{\text{ном}} - T_{\text{ППР}} - T_{\text{ТО}},$$

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

$T_{\text{ППР}}$ – время простоя в ремонтах за расчетный период;

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

$$T_{\text{ном}} = T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}$$

Где, $T_{\text{кал}}$ - календарный фонд времени

$T_{\text{вых}}$ - выходные дни

$T_{\text{пр}}$ – праздничные дни

Таблица.7

Показатели	Количество (часов) дней
Календарный фонд времени	365 (8760)
Потери раб. Времени	
Выходные	0
праздники	0
Номинальный фонд раб. Времени	365 (8760)
Ремонт, простой оборудования	25 (600)
Эффективное время работы оборудования за сезон	340 (8160)

Из этого следует что производительность в год будет равна:

$$M:=210*1*8160=1713600 \text{ кг/год}$$

Коэффициент интенсивного использования оборудования равен:

$$K_{\text{экс}}=T_{\text{эфф}}/T_{\text{ном}}=340/365=0,93$$

Коэффициент интенсивного использования оборудования равен:

$$K_{\text{инт}}=Q_{\text{пп}}/Q_{\text{max}}=1183200 /1200000=0.9$$

$Q_{\text{пп}}$ - Производительность за единицу времени

Q_{max} -максимальная производительность за единицу времени

Интегральный коэффициент использования мощности:

$$K_{\text{им}}=K_{\text{инт}}*K_{\text{экс}}=0,93*0,9=0,837$$

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

$$N_{\text{год}} =K_{\text{им}}*M=0,837*1713600=1434283 \text{ кг/год}$$

Следовательно установка работает на неполную мощность, на 83%.

7.3. Расчет себестоимости готовой продукции по действующему производству

7.3.1 Расчет численности персонала

Таблица 9.

Профессия	Категория	Тарифный разряд	Количество смен в сутках	Штатная численность
Начальник участка	ИТР	Высшее	1	1
Бухгалтер		Высшее	1	1

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

Итого				2
Старший оператор	Производственный рабочий	5	1	1
Оператор установки	Производственный рабочий	5	1	1
Итого				2
Дежурный слесарь-электрик	Ремонтный персонал	4	1	4
Дежурный слесарь КИП		4	1	4
Итого				8
Итого				12

Расчет баланса эффективного годового времени одного среднесписочного работника.

Таблица 10.

Показатели	Количество (часов) дней
Календарный фонд времени	365 (8760)
Потери раб. Времени	
Выходные	0
праздники	0
Номинальный фонд раб. Времени	365 (8760)

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лист

69

Ремонт, простой оборудования	25 (600)
Эффективное время работы оборудования за сезон	340 (8160)

Количество выходных дней в году, ночных смен определяется из

графика сменности (пример графика сменности представлен в табл. 9).

Таблица 11 – График сменности

№ смены	Часы работы	Дни месяца														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	8-20	д	н	о	в	д	н	о	в	д	н	о	в	д	н	о
2	20-8	в	д	н	о	в	д	н	о	в	д	н	о	в	д	н
3	8-20	о	в	д	н	о	в	д	н	о	в	д	н	о	в	д
4	20-8	н	о	в	д	н	о	в	д	н	о	в	д	н	о	в

Расчет годового фонда зарплаты ИТР, служащих и МОП производится

на основании их окладов согласно штатному расписанию.

7.3.2. Расчет годового фонда заработной платы персонала

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

Общий фонд заработной платы рабочих за год:

$$Z_{год} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

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

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

Основной фонд заработной платы для рабочих повременников:

$$Z_{осн} = Z_{тар} + Пр + D_{н.вр.} + D_{пр.дни} + D_{бриг},$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

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

$Пр$ – оплата премий, тыс. руб.;

$Д_{н.вр.}$ – доплата за работу в ночное время, тыс. руб.;

$Д_{пр.дни}$ – доплата за работу в праздничные дни, тыс. руб.;

$Д_{бриг}$ – доплата не освобожденным бригадирам, тыс. руб.

Тарифный фонд заработной платы:

$$Z_{тар} = \sum Ч_{сн} \cdot T_{ст} \cdot T_{эфф.раб},$$

где $Ч_{сн}$ – списочная численность рабочих данного разряда, чел.;

$T_{ст}$ – дневная тарифная ставка данного разряда, тыс. руб.

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

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

Дополнительная зарплата ($Z_{доп}$):

$$Z_{доп} = (D_n \cdot Z_{осн}) / T_{эфф},$$

где D_n – количество дней невыхода на работу по планируемыми причинам (отпуск, ученические, гособязанности).

Районный коэффициент для г. Киренска – 1,4. Отчисления на социальные нужды на зарплату – 30 % от ($Z_{осн} + Z_{доп}$).

Общий фонд заработной платы ИТР и бухгалтер за год:

Оклад ИТР – 75 тыс. руб./мес. Годовой фонд зарплаты составит:

$$75 \cdot 7 \cdot 1 = 525 \text{ тыс. руб.}$$

Оклад бухгалтер – 50 тыс./мес. Годовой фонд зарплаты составит:

$$50 \cdot 7 \cdot 1 = 350 \text{ тыс. руб.}$$

Расчет затрат на производство продукции

Расчет годовой потребности в сырье и материалах

Определение затрат на сырье и материалы производим исходя из

принятого объема производства, удельных норм расхода сырья и планово-заготовительных цен.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

Таблица 12 – Расчет годовой потребности в сырье и материалах

Наименование сырья	Ед.изм	Цена, тыс.руб	Расход, т		Затраты, тыс.руб	
			На единицу готовой продукции	На весь объем производства	На единицу готовой продукции	На весь объем производства
Триэтиленгликоль	т	175	0,01	12	1,75	2100

Расчет амортизационных отчислений

Наименование основных средств	Стоимость, руб.	Норма амортизации, %	Годовые амортизационные отчисления, руб.
1. Установка	215000	5	10750
Итого:	215000		10750
2. Оборудование:			
2.4. Насос (триэтиленгликоль)	11500	10	1150
2.5 Насос (сольвент)	46743	10	4674,3
Итого:	58243		5824,3
Итого общее:			16574,3

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лист

72

Экономический эффект от внедрения нового теплообменника

Расчет экономического эффекта теплообменника выполняется по формуле:

$$\mathcal{E}_r = \frac{P_r - Z_r}{k_{\pi} + E_n}$$

где: P_r – стоимостная оценка результатов использования усовершенствованного теплообменника;

Z_r –затраты на реализацию, ч;

k_{π} – норма реновации основных фондов, определяемая с учетом фактора времени, $k_{\pi} = 0,0061$;

E_n –норматив эффективности капитальных вложений, $E_n = 0,1$.

Затраты на реализацию проекта состоят из капитальных вложений и эксплуатационных затрат.

Сумма капитальных вложений будет состоять из стоимости нового теплообменника, и затрат на вспомогательные материалы.

Изучив коммерческие предложения, было выяснено что теплообменник стоит 215 тысяч рублей.

Затраты на вспомогательные материалы (болты, смазки и пр.) заложим 10% от суммы капитальных вложений, 21,5 тыс. руб.

Рассчитаем заработную плату сотрудников, привлеченных к реализации предложения по повышению производительности теплообменников [6]:

Таблица 13 – Расчет основной заработной платы

<i>я</i>	<i>Операци нал</i>	<i>Персо нал</i>	<i>Время,с м</i>	<i>Окл ад за смену, руб/смену</i>	<i>Сум ма, руб</i>
<i>Монтаж</i>					

Устано вка теплообменник а	1 мастер, 2 рабочих	1/2 смена	250 0 150 0	2750
Приварк а, монтаж трубопроводов	3 рабочих	1 смена	150 0	4500
<i>Сборка оборудования</i>				
Сбор оборудования, испытания	1 мастер, 2 рабочих	1 смена	250 0 150 0	5500
Итого:				1275 0

Премияльная (дополнительная) часть заработной платы составляет 20 % от оклада.
 $12750 \cdot 20\% = 2200$.

Районный коэффициент для Иркутской обл, Киренска – 1,4

Таким образом, затраты на заработную плату сотрудников составят 20050 руб.

Отчисления во внебюджетные фонды:

$$Z_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

$$Z_{\text{зп}} = 0,35 \cdot (12750 + 2200) = 5232,5 \text{ руб}$$

где: $K_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и пр.), 30,2-38,5%.

Фонд заработной платы по данному проекту составляет 25282 руб.

При расчете экономического эффекта от внедрения предложения затраты на проведение тех. обслуживания и ремонта не будут учтены из – за того, что периодичность ремонта и обслуживания теплообменников не изменится в результате модернизации, и будут проводиться согласно инструкции завода – изготовителя.

Таблица 14.

Калькуляция себестоимости на производство и реализацию

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

продукции при заданном объеме производства

Калькуляция себестоимости на производство и реализацию продукции при заданном объеме производства ($Q = 49300 \text{ т/год}$)

Расчет потребной энергии

Наименование	Расход	Годовой расход	Цена на ед., руб.	Годовая сумма затрат, руб.
1. электроэнергия (суммарная), кВт/ч	66	24090	5,2 1	125 508,90
Итого				125 508,90

Таблица 15. Калькуляция себестоимости на производство и реализацию продукции при заданном объеме производства

Статьи затрат	Ед. изм	Затраты на единицу готовой продукции (на т)	Затраты на весь объем (за год)
Сырье	Тыс. р.	1,75	2100
Электроэнергия на технологические нужды	Тыс. р.	0,6	125
Итого условно-переменных издержек	Тыс. р.	1,75	2225
Амортизация оборудования		0,0001	16

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
----	------	----------	-------	------

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лист

75

Зарботная плата ремонтного Персонала		0,89	1136
Соц. отчисления 27,1%		0,24	306,7
Зарботная плата ИТР		0,57	727,9
Соц. отчисления 27,1%		0,15	196,5
Зарботная плата производственных рабочих		0,4	510,8
Соц. отчисления 27,1%		0,108	137,9
Итого условно-постоянных издержек		0,89	3031,8
Цеховая стоимость		2,64	5256,8
Управленческие расходы (3% от цеховой себестоимости)		0,08	157,704
Заводская себестоимость		2,719	5414,2
Коммерческие расходы (1% от заводской себестоимости)		0,027	54,142
Полная себестоимость		2,75	5468,34

Определение цены готовой продукции

Цену продукта определяем по формуле:

$$Ц = C * (1 + P/100)$$

$$Ц = 2,75 * (1 + 25/100) = 3,43$$

Где; С – полная себестоимость единицы готовой продукции;

Р – рентабельность продукции (25%)

Тогда цена годового производства продукта

$$В_{пр} = 3,43 * 1183200 = 4058376 \text{ тыс.р}$$

После замены теплообменника сокращается расход электроэнергии, из – за применения менее мощного насоса, до модернизации насос был мощностью 15 кВт с эффективным фондом работы 7512ч, а после стал 2,2 кВт с таким же эффективным фондом.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

Расчет годового потребления

Дополнительные расходы на электроэнергию за год.

$$C_{эл} = P \cdot t \cdot T$$

$$C_{эл} = (15 - 2,2) * 7512 * 5 = 480.768 \text{ тыс. руб.}$$

где: P – мощность установки, кВт;

t – среднее время работы установки в месяц, ч;

T – тариф за электроэнергию, кВт*ч/руб.

Произведем расчет экономического эффекта

$$\mathcal{E}_T = \frac{P_T - Z_T}{k_{\Pi} + E_H}$$

$$\mathcal{E}_T = \frac{1051.680 - 236,5}{0,0057 + 0,1} = 8105,59 \text{ тыс. руб.}$$

где: P_T – стоимостная оценка результатов использования усовершенствованного теплообменника;

Z_T – затраты на реализацию, ч;

k_{Π} – норма реновации основных фондов, определяемая с учетом фактора времени, $k_{\Pi} = 0,0057$ [2];

E_H – норматив эффективности капитальных вложений, $E_H = 0,1$.

Вычислим себестоимость продукции после внедрения нового теплообменника

$$\mathcal{E}_{\text{эффект}} = B_{\text{пр}} - \mathcal{E}_T$$

$$\mathcal{E}_{\text{эффект}} = 4058376 - 8105,59 = 4050270,41$$

Себестоимость продукции снижается на 1%

Прибыль увеличится на 8105 тыс.р

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата

8.ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проделанного проекта был подобран и рассчитан теплообменник российского производства.

В технологическом расчете был составлен тепловой баланс теплообменника. Рассчитаны коэффициенты теплоотдачи, коэффициенты теплопередачи. После чего была рассчитана требуемая поверхность теплообмена.

На основании поверхности был выбран теплообменник типа труба в трубе со всеми его конструктивными параметрами.

Исходя из свойства сред, которые протекают в аппарате, и параметров теплообмена было подобрано оптимальное исполнение по материалам теплообменника.

При гидравлическом расчете было получено значение давления в трубном пучке и в межтрубном пространстве теплообменника. Исходя из выбора данных материалов и геометрических данных теплообменника, был произведен расчет механической прочности, жесткости и устойчивости, как в целом аппарата, так и отдельных элементов, узлов фланцевого соединения.

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лист
						78
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата		

9. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

[1] ГОСТ 34233.2-2017 Сосуды и аппараты Нормы и методы расчета на прочность Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек.

[2] ГОСТ 34233.3-2017 Сосуды и аппараты Нормы и методы расчета на прочность Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и наружном давлениях Расчет на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер.0

[3] ГОСТ 34233.1-2017 Сосуды и аппараты Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования. взамен ГОСТ 52857.1-2007.

[4] ГОСТ Р 52630-2012 Сосуды и аппараты стальные сварные Общие технические условия.

[5] ГОСТ 19903-2015 Прокат листовой горячекатаный. Сортамент.

[6] Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением». Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 25 марта 2014 г. № 116.

[7] ГОСТ 34233.4-2017 Сосуды и аппараты Нормы и методы расчета на прочность Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений.

[8] ГОСТ 54432 Фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов.

[9] ГОСТ 12821-80 Фланцы стальные приварные встык на Ру от 0,1 до 20,0 МПа (от 1 до 200 кгс/см²). Конструкция и размеры.

[10] ГОСТ 9066-75 Шпильки для фланцевых соединений с температурой среды от 0 до 650 С0. Типы и основные размеры. Издание (ноябрь 2003г) с Изменениями №1,2 утвержденными в июне 1980 г, декабре 1985 г.

[11] ГОСТ 11371-78 Шайбы. Технические условия (с Изменениями №1,2,3) Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 26.06.78 N 1674. Издание с Изменениями N 1, 2, 3, утвержденными в ноябре 1983 г., мае 1988 г., мае 1990 г. (ИУС 2-84, 8-88, 8-90).

[12] ГОСТ 5915-70 (СТ СЭВ 3683-82) Гайки шестигранные класса точности В. Конструкция и размеры (с Изменениями N 2-7) ИЗДАНИЕ (февраль 2010 г.) с Изменениями

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лист
						79
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата		

№ 2, 3, 4, 5, 6, 7, утвержденными в феврале 1974 г., марте 1981 г., июне 1983 г., мае 1985 г., марте 1989 г., июле 1995 г. (ИУС 3-74, 6-81, 11-83, 8-85, 6-89, 9-95).

[13] ГОСТ 52376-2005 Прокладки спирально-навитые термостойкие. Типы. Основные размеры.

[14] ГОСТ 4543-2016 Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия.

[15] ГОСТ 19281-2014 Прокат повышенной прочности. Общие технические условия.

[16] Тонкостенные сосуды и аппараты химических производств: учебное пособие / сост. В.М. Беляев, В.М. Миронов; Томский политехнический университет. - 3-е изд., доп. и испр. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016.-314с.

[17] ГОСТ 51274-99 Сосуды и аппараты. Аппараты колонного типа. нормы и методы расчета на прочность.

[18] ГОСТ 14249-89 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.

[19] ГОСТ 24379.1-2012 Болты фундаментные. Конструкция и размеры

[20] ГОСТ 24379.0-2012 Болты фундаментные. Общие технические условия.

[21] ГОСТ 16350-80 Климат СССР. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей.

[22] Г. С. Лутошкин. Сбор и подготовка нефти, газа и воды: Учебник для вузов.

3-е изд., стереотипное. Перепечатка со второго издания 1979 г. М.: ООО ТИД

«Альянс», 2005. 319с.

[23] Н.А. Сваровская. Подготовка, транспорт и хранение скважинной продукции. Учебное пособие. Издательство ТПУ. Томск 2004. 298с.

[24] Гуревич Г.Р. Справочное пособие по расчету фазового состояния и свойств газоконденсатных смесей./Г.Р. Гуревич, А.И. Брусиловский. М.: Недра, 1984. 264 с.

[25] ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с Изменениями № 1, 2).

[26] ГОСТ 30852.0-2002 (МЭК 60079-0:1998) Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 0. Общие требования.

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лист
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата		80

[27] СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».

[28] СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.

[29] ГОСТ Р 12.3.047-2012 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.

[30] Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.1313-03. Химические факторы производственной среды. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

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

[32] Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

[33] ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ) ШУМ. Общие требования безопасности.

[34] ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1)10!

[35] ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1)

[36] Технологический регламент ПАО «ВЧНГ». Эксплуатация установки подготовки и компримирования попутного нефтяного газа № П1-01.05 ТР-3427 ЮЛ-405

[37] Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Издание седьмое.

[38] ГОСТ 12414-94 Концы болтов, винтов и шпилек.

[39] Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А.. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. - Л.: Химия, 1981. - 560с,

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата