

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа **Инженерная школа новых производственных технологий** Отделение
 школы (НОЦ) **Научно-образовательный центр Н.М.Кижнера** Направление
 подготовки **18.03.01 Химическая технология**
 Профиль **Машины и аппараты химических производств**

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА ПОДОГРЕВА ГИДРОКСИДА НАТРИЯ

УДК 66.045.1:661.883

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Г61	Актанов Илья Святославович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Тихонов В.В.	к.т.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Трубченко Т.Г	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Л.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Беляев В.М.	к.т.н., доцент		

Томск – 2021 г

**Планируемые результаты обучения по ООП 18.03.01 «Химическая технология»
выпуска 2021 г.**

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способность осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способность определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способность осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способность осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способность воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способность управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способность поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способность создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
Дополнительная универсальная компетенция университета	
УК(У)-9	Способность проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Готовность использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы
ОПК(У)-3	Готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире
ОПК(У)-4	Владеет пониманием сущности и значения информации в развитии современного информационного общества, осознания опасности и угрозы, возникающих в этом процессе, способностью соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОПК(У)-5	Владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ОПК(У)-6	Владеет основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий

Код компетенции	Наименование компетенции
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
ПК(У)-2	Готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования
ПК(У)-3	Готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности
ПК(У)-4	Способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
ПК(У)-5	Способность использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда, измерять и оценивать параметры производственного микроклимата, уровня запыленности и загазованности, шума, и вибрации, освещенности рабочих мест
ПК(У)-6	Способность настраивать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств
ПК(У)-7	Способность проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
ПК(У)-8	Готовность к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования
ПК(У)-9	Способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования
ПК(У)-10	Способность проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа
ПК(У)-11	Способность выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса
ПК(У)-21	Готовность разрабатывать проекты в составе авторского коллектива
ПК(У)-22	Готовность использовать информационные технологии при разработке проектов
ПК(У)-23	Способность проектировать технологические процессы с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства в составе авторского коллектива
Дополнительная компетенция университета	
ДПК(У)-1	Способность проводить стандартные испытания материалов и изделий, проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку и анализ результатов

Школа **Инженерная школа новых производственных технологий** Отделение школы (НОЦ) **Научно-образовательный центр Н.М.Кижнера** Направление

подготовки **18.03.01 Химическая технология**
 Профиль **Машины и аппараты химических производств**

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

 (Подпись) _____ **Беляев В.М.**
 (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-4Г61	Актанов Илья Святославович

Тема работы:

Проектирование теплообменного аппарата подогрева гидроксида натрия	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	29.01.2021 №29-63/с
Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2021

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Проект теплообменного аппарата подогрева гидроксида натрия. Расход гидроксида натрия - 50 м ³ /час Начальная температура NaOH - 5 °С Конечная температура NaOH - 40°С Давление пара- 0,2 Мпа
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в</i>	Введение Обзор литературы Технологический расчет

рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	Гидравлический расчет Выбор конструкционных материалов Механический расчет Финансовый менеджмент; ресурсоэффективность и ресурсосбережение Социальная ответственность Заключение Список использованных источников
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	1. Технологическая схема 2. Теплообменник. Вид общий 3. Выносные элементы теплообменника
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП Трубоченко Т.Г
Социальная ответственность	Старший преподаватель Скачкова Лариса Александровна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	24.04.2021
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Тихонов Виктор Владимирович	к.т.н.		24.04.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Г61	Актанов Илья Святославович		24.04.2021

Реферат

Реферат Дипломный проект состоит из пояснительной записки, содержащей 94 страницы машинописного текста, 16 рисунков, 30 таблиц, 28 источников литературы, 3 листа графического материала формата А1.

Ключевые слова: кожухотрубчатый теплообменник, неподвижные трубные решетки, поверхность теплообмена, прочность, устойчивость.

Объектом исследования является кожухотрубчатый теплообменник.

Цель работы – Разработка теплообменного аппарата подогрева гидроксида натрия. В ходе выполнения работы были произведены все необходимые расчеты для конструирования аппарата, определены его размеры и основные механические характеристики. Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: Аппарат диаметром 600 мм, толщина стенки 8 мм, длина труб 3000 мм. Степень внедрения: подогрев гидроксида натрия. Область применения: химическая промышленность.

В ходе работы было подтверждено, что рассчитанный теплообменник соответствует всем предъявляемым технологическим характеристикам.

Report

Abstract The thesis project consists of an explanatory note containing 94 pages of typewritten text, 16 figures, 30 tables, 28 sources of literature, 3 sheets of graphic material in A1 format.

Key words: shell-and-tube heat exchanger, fixed tube gratings, heat exchange surface, strength, stability.

The object of the study is a shell-and-tube heat exchanger. The purpose of the work is to develop a heat exchanger for heating sodium hydroxide. In the course of the work, all the necessary calculations were made for the design of the device, its dimensions and basic mechanical characteristics were determined. The main design, technological and technical-operational characteristics: The device with a diameter of 600 mm, wall thickness of 8 mm, pipe length of 3000 mm. Degree of introduction: heating of sodium hydroxide. Scope of application: chemical industry.

During the work, it was confirmed that the calculated heat exchanger meets all the requirements

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	10
1 ОБЗОР ИСТОЧНИКОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	11
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА	15
3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ	16
3.1 Определение поверхности теплообмена.....	16
3.1.1 Исходные данные:.....	16
3.1.2 Расчет расходов теплоносителей.....	17
3.1.3 Коэффициент теплоотдачи щелочи.....	19
3.1.4 Коэффициент теплоотдачи для пара	20
3.2 Расчет гидравлического сопротивления	21
3.3 Расчет изоляции.....	21
4 КОНСТРУКТИВНЫЙ РАСЧЁТ АППАРАТА.....	23
4.1 Расчет штуцеров и подбор фланцев	23
5 МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ	25
5.1 Выбор конструкционных материалов и расчетные параметры	26
5.2 Расчет толщины цилиндрической обечайки	28
5.3 Расчет толщины стенки эллиптического днища.....	30
5.4 Расчет температурных деформаций	32
5.5 Расчет толщины трубных решеток.....	33
5.6 Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений	34
5.7 Расчет необходимости укрепления отверстий	44
5.8 Поверочный расчет	46
5.9 Расчет опор и ушек для вертикального подогревателя.....	55
6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	63
6.1 Анализ конкурентных технических решений	64
6.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	65
6.3 Бюджет научно-технического исследования	67
6.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования	67
6.3.2 Амортизация основных средств	67
6.3.3 Расчет основной заработной платы исполнителей темы	68
6.3.4 Страховые отчисления.....	69
6.3.5 Накладные расходы.....	70
6.4 SWOT анализ	70

7 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	78
7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	79
7.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательств.....	80
7.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	80
7.2 Производственная безопасность.....	81
7.2.1 Производственная санитария.....	85
7.2.2 Вентиляция.....	85
7.2.3 Освещение.....	86
7.2.4 Производственные шумы.....	86
7.2.5 Пожаробезопасность.....	87
7.3 Экологическая безопасность.....	87
7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	88
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	90
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	91

ВВЕДЕНИЕ

Утилизация вторичных энергоресурсов, образующихся при осуществлении технологических процессов, имеет важное значение. Рациональное использование вторичных энергоресурсов снижает эксплуатационные затраты на топливо и уменьшает загрязнение окружающей среды.

Передача тепла осуществляется за счет контакта нагреваемой системы через стенку аппарата с теплоносителем, обладающим высоким теплосодержанием или при непосредственном контакте с нагреваемым материалом. Теплоноситель – вещество или система веществ, используемые в качестве среды для нагревания. В качестве теплоносителей для средне- и низкотемпературных процессов в химической промышленности применяются горячий воздух, горячая вода, насыщенный и перегретый водяной пар, топочные газы, высококипящие органические соединения, твердые зернистые материалы (обычно зерна катализатора). [1]

Теплообменные процессы, широко используемые при различных способах утилизации отходов, реализуются с помощью аппаратов, выполняющих функции нагревателей, охладителей, кипятильников, испарителей, конденсаторов и т.п. Теплообменные процессы лежат в основе работы ректификационных, сорбционно-десорбционных, выпарных, экстракционных и других установок. [2]

Цель данной работы – проектирование проточного теплообменного аппарата для нагревания раствора гидроксида натрия в зимнее время на предприятии ФКП «Анозит», расположенный в г. Куйбышев Новосибирской области.

Для достижения поставленной в работе цели, необходимо решить следующие основные задачи провести технологические и конструктивные расчеты проектируемого теплообменника; рассмотреть вопросы социальной ответственности, финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Объектом исследования в данной работе является теплообменник для нагревания раствора гидроксида натрия.

Предмет исследования – технологические и конструктивные характеристики аппарата.

					ФЮРА.065112.001.ПЗ			
<i>Ли</i>	<i>Изм.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	ВВЕДЕНИЕ	<i>Лит</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Актанов И.С</i>						10	94
<i>Пров.</i>	<i>Тихонов В.В</i>							
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Рук ООП</i>								
						НОЦ им Н.А Кижнера Гр 3-4Г61		

1 ОБЗОР ИСТОЧНИКОВ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Так как при понижении температуры меняется ее вязкость для подогрева щелочи в зимнее время используются кожухотрубчатые теплообменники.

Кожухотрубчатые теплообменники являются наиболее распространёнными среди трубчатых. При относительной простоте конструкции они обладают достаточно большой удельной поверхностью теплообмена.

Конструкцию и принцип действия кожухотрубчатых теплообменников рассмотрим на примере самого простого из них - одноходового по трубному и межтрубному пространству теплообменника с неподвижными трубными решётками (с жестким креплением труб), который показан на рис. 1.1.

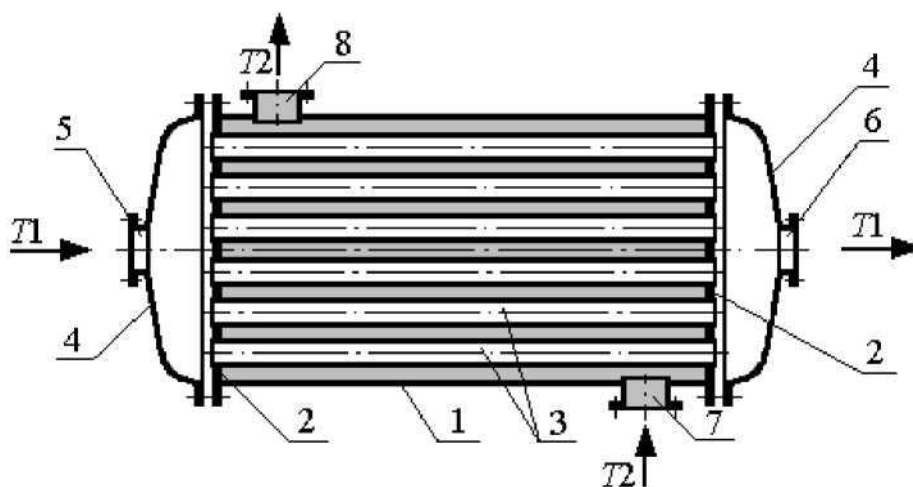


Рисунок 1.1 - Одноходовой кожухотрубчатый теплообменник с жестким креплением труб

1 - кожух; 2 - трубные решетки; 3 - трубы; 4 - крышки; 5 и 6 - штуцера трубного пространства; 7 и 8 - штуцера межтрубного пространства. T1 - теплоноситель в трубное пространство; T2 - теплоноситель в межтрубное пространство. [3] Второй теплоноситель (T2) подают в межтрубное пространство аппарата через штуцер 7 отводят из него через штуцер 8. Проходя через теплообменник, один из теплоносителей омывает внутреннюю поверхность труб 3, а второй - наружную. При этом между теплоносителями осуществляется теплообмен (горячий теплоноситель отдаёт тепло холодному через стенки труб).

В многоходовых кожухотрубчатых теплообменниках за счёт секционирования потоков теплоносителей при меньших их расходах по сравнению с одноходовыми удаётся достичь

					ФЮРА.065112.001.ПЗ		
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Актанов И.С			Лит	Лист	Листов
Пров.		Тихонов В.В				11	94
Консульт					НОЦ им Н.А Кижнера Гр 3-4Г61		
Н. контр.							
Рук ООП							
					Обзор источников научно-технической литературы		

интенсивного движения, турбулентности и, как следствие, увеличения коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи.

Многоходовыми теплообменники могут быть как по трубному, так и по межтрубному пространствам, так и по обоим пространствам одновременно. [3]

Трубное пространство секционируют за счёт установки перегородок 10 в распределительных камерах, межтрубное пространство - за счёт установки поперечных перегородок 9 в нём, обычно сегментных (см. рис. 1.2 и 1.3).

Сегментная перегородка представляет собой пластину 1 с отверстиями 2 под трубы. Соседние сегментные перегородки устанавливаются в теплообменнике повернутыми на 180 градусов по отношению друг к другу. Используются и другие исполнения перегородок межтрубного пространства, например, сочетание «диск - кольцо». Стандартные числа ходов по трубному пространству кожухотрубчатых теплообменников - один, два, четыре и шесть.

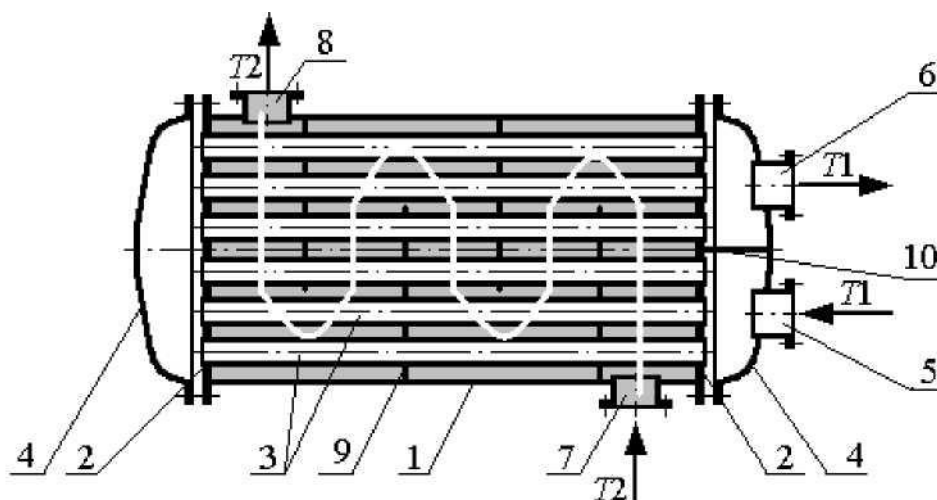


Рисунок 1.2 - Многоходовой по трубному и межтрубному пространству кожухотрубчатый теплообменник с жестким креплением труб. [3]

1 - кожух; 2 - трубная решетка; 3 - трубы; 4 - крышка; 5 и 6 - штуцера трубного пространства; 7 и 8 - штуцера межтрубного пространства; 9 - поперечные перегородки в межтрубном пространстве; 10 - перегородка в распределительной камере. T1 - теплоноситель в трубное пространство; T2 - теплоноситель в межтрубное пространство

За счёт интенсификации теплообмена многоходовые теплообменники компактнее одноходовых. Однако они сложнее, дороже, у них больше гидравлическое сопротивление, в них нельзя осуществить чистый противоток теплоносителей.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

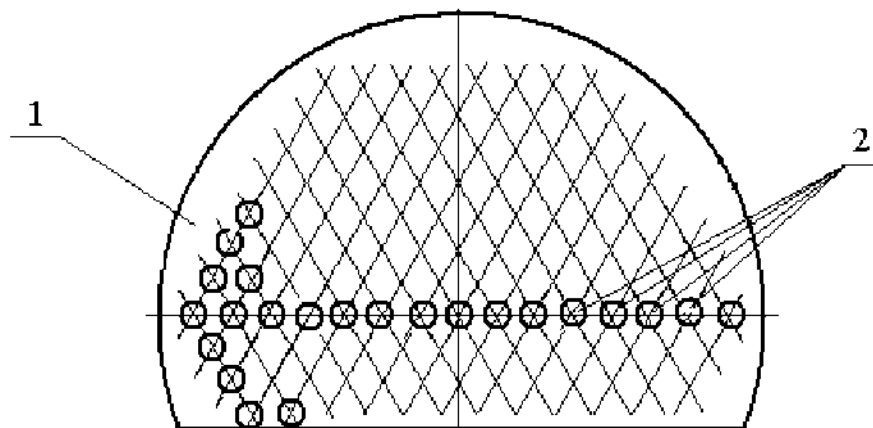


Рисунок 1.3 - Сегментная перегородка

1 - пластина (сегмент больший, чем полкруга); 2 - отверстия под трубы. [3]

Отверстия под трубы в трубных решётках кожухотрубчатых теплообменников чаще всего выполняют по вершинам равносторонних треугольников (шахматное расположение), реже по сторонам квадрата (коридорное) или по концентрическим окружностям (см. рис. 1.4). Шаг расположения отверстий обычно составляет от 1,25 до 1,4 d (d - наружный диаметр трубы).

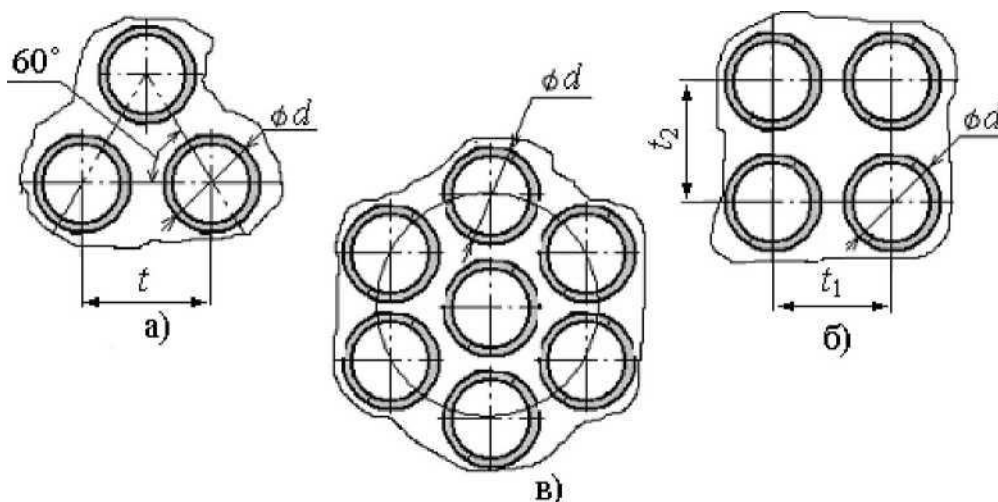


Рисунок 1.4 - Размещение труб в трубных решетках

а - шахматное (по вершинам равностороннего треугольника); б - коридорное (по вершинам прямоугольника, рядное); в - по концентрическим окружностям. [3]

Обозначения на рисунке: d - наружный диаметр трубы; t - шаг расположения труб; t_1 - поперечный шаг; t_2 - продольный шаг.

Закрепляют трубы в трубных решётках сальниковыми муфтами, развальцовкой, сваркой, развальцовкой с подваркой, пайкой и другими методами.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

При работе теплообменника его кожух и трубы имеют различные температуры. Кожух и трубы теплообменника, как правило, изготовлены из различных материалов. Поэтому они имеют различные по величине линейные температурные расширения и, как следствие, подвергаются воздействию температурных напряжений. Эти напряжения возрастают при увеличении разности температур теплоносителей. Температурные напряжения вызывают деформации элементов конструкции теплообменника и могут стать причиной разрушения

					ФЮРА.065112.001.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		14

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА

Проектируемый теплообменник предназначен для нагрева раствора гидроксида натрия от начальной температуры 5⁰С до температуры 40⁰ С. В качестве греющего агента выступает насыщенный пар давлением 0,2 МПа. Плотность раствора гидроксида натрия составляет 250кг/м³.

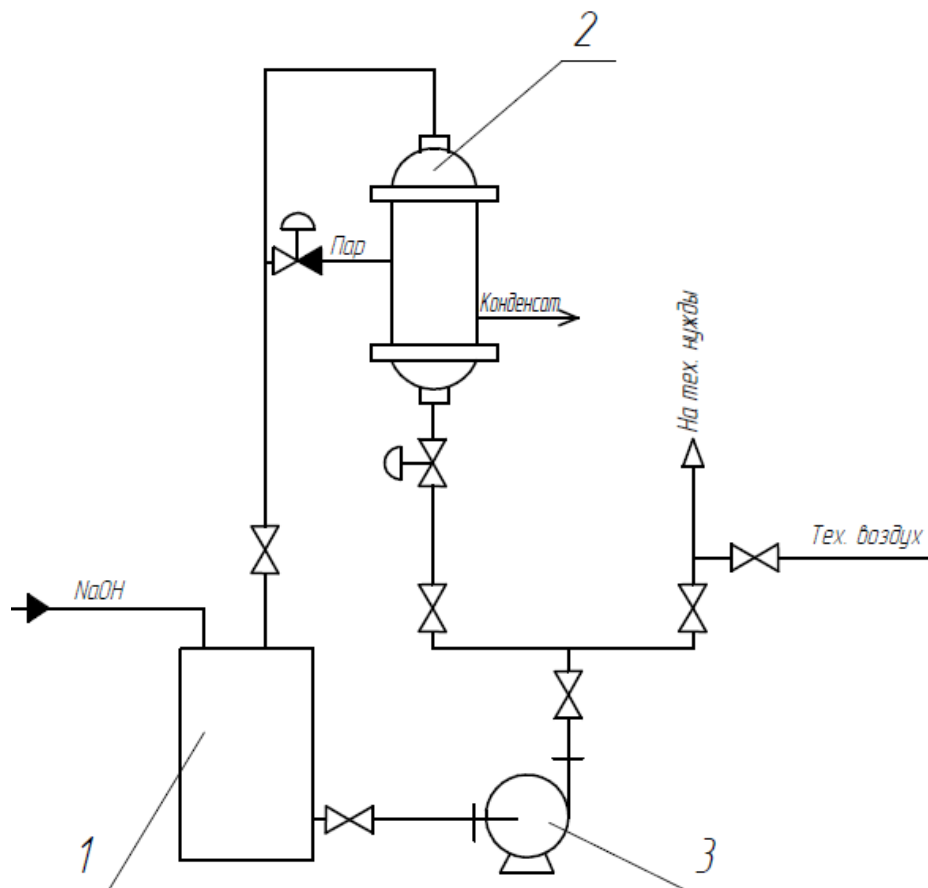


Рисунок 2.1 - Принципиальная схема нагрева раствора гидроксида натрия в кожухотрубном теплообменнике

1- сборник; 2- кожухотрубный теплообменник; 3- насос

Так как греющей средой в теплообменнике является пар, а нагреваемой средой раствор щелочи. То в межтрубное пространство направим пар, в трубное щелочь.

					ФЮРА.065112.001.ПЗ		
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	Технологическая схема Лист 15 из 94 НОЦ им Н.А Кижнера Гр 3-4Г61		
Разраб.	Актанов И.С						
Пров.	Тихонов В.В						
Консульт.							
Н. контр.							
Рук ООП							

3 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

3.1 Определение поверхности теплообмена

В соответствии с методикой, изложенной в “Глава 4. Теплопередача в химической аппаратуре” [1], производится определение поверхности теплообмена.

3.1.1 Исходные данные:

(индекс 1 – греющий пар; 2 – щелочь)

$G_2 = 50 \text{ м}^3/\text{ч}$ -Расход щелочи;

$t_{2н} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ - Начальная температура щелочи;

$t_{2к} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ - Конечная температура щелочи;

$P_1 = 0,2 \text{ МПа}$ – Рабочее давление пара;

$P_2 = 0,15 \text{ МПа}$ – Рабочее давление щелочи;

Определим температуру насыщения пара в подогревателе по таблицам воды и водяного пара:

$$t_s = 133,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Средний температурный напор:

$$\Delta t_{CP} = \frac{\Delta t_B - \Delta t_M}{\ln\left(\frac{\Delta t_B}{\Delta t_M}\right)} = \frac{128,5 - 93,5}{\ln\left(\frac{128,5}{93,5}\right)} = 110 \text{ }^\circ\text{C},$$

где $\Delta t_B = t_s - t_{2н} = 133,5 - 5 = 128,5 \text{ }^\circ\text{C}$ – больший температурный напор;

$\Delta t_M = t_s - t_{2к} = 133,5 - 40 = 93,5 \text{ }^\circ\text{C}$ – меньший температурный напор.

Средняя температура щелочи:

$$t_{2cp} = \frac{t_{2н} + t_{2к}}{2} = \frac{40 + 5}{2} = 22,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

					ФЮРА.065112.001.ПЗ			
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата	Технологический расчет	Лит	Лист	Листов
Разраб.		Актанов И.С					16	94
Пров.		Тихонов В.В						
Консульт								
Н. контр.								
Рук ООП								
						НОЦ им Н.А Кижнера Гр 3-4Г61		

Эти температуры нужны для определения теплофизических свойств веществ, участвующих в процессе.

Выбор значений теплофизических свойств теплоносителей

Из таблиц II-LVII[1] подбираем значения теплофизических свойств теплоносителей при их средних температурах:

$$\rho_1 = f(P_1, t_{1CP}) = 931,8, \text{ кг/м}^3 - \text{плотность конденсата};$$

$$\rho_2 = f(t_{2CP}) = 1275, \text{ кг/м}^3 - \text{плотность щелочи};$$

$$Cp_2 = f(t_{2CP}) = 3,7 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)} - \text{удельная теплоёмкость щелочи};$$

$$\mu_1 = f(P_1) = 2,068 \cdot 10^{-4} \text{ Па}\cdot\text{с} - \text{коэффициент динамической вязкости сжатого пара};$$

$$\mu_2 = f(P_2, t_{2CP}) = 2,95 \cdot 10^{-3}, \text{ Па}\cdot\text{с} - \text{коэффициент динамической вязкости щелочи}$$

$$\lambda_K = f(P_1) = 0,6849, \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)} - \text{коэффициент теплопроводности конденсата}$$

$$\lambda_2 = f(P_1, t_{1CP}) = 0,642, \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)} \quad \text{коэффициент теплопроводности щелочи};$$

$$Pr_1 = f(P_1, t_{1CP}) = 0,686 - \text{критерий Прандтля для конденсата};$$

$$Pr_2 = \frac{C_2 \cdot \mu_2}{\lambda_2} = \frac{3700 \cdot 2,95 \cdot 10^{-3}}{0,642} = 17 - \text{критерий Прандтля для щелочи};$$

3.1.2 Расчет расходов теплоносителей

Переведем расход щелочи из м³/ч в кг/с:

$$G_1 = \frac{G_1 \cdot \rho_1}{3600} = \frac{50 \cdot 1275}{3600} = 17,7 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Рассчитаем тепловую нагрузку (количество теплоты, необходимое для нагрева щелочи) по формуле 3.8[2]:

$$Q = G_2 \cdot Cp_2 \cdot (t_{2K} - t_{1H}) = 17,7 \cdot 3700 \cdot (40 - 5) = 2292,15 \text{ кВт}.$$

Рассчитаем расход пара с учетом потерь 5%

$$G_1 = \frac{Q \cdot 1,05}{r} = \frac{2292,15 \cdot 1,05}{2163} = 1,11 \frac{\text{кг}}{\text{с}},$$

Где, $r=2163$ кДж/кг – теплота парообразования;

Предварительный расчет ориентировочной поверхности теплообмена

Поверхность теплообмена рассчитывается по формуле 1.5[2]:

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}}$$

где Q – тепловая нагрузка, кВт;

Δt_{cp} – средняя разность температур, К.

По таблице 4.8 [1] определяем ориентировочные значения коэффициента теплопередачи:

$K_{op} = 100 - 350$ Вт/(м²·К) – ориентировочное значение коэффициента теплопередачи от жидкости к газу в таблице 4.8[1].

$$K_{min} = 300 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$K_{max} = 800 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Рассчитаем ориентировочные значения требуемой поверхности теплообмена: $K_{op} = 160$ Вт/(м²·К)

$$F_{min} = \frac{Q}{K_{max} \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{2292,15 \cdot 1000}{800 \cdot 110} = 26 \text{ м}^2$$

$$F_{max} = \frac{Q}{K_{min} \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{2292,15 \cdot 1000}{300 \cdot 110} = 69 \text{ м}^2$$

Для обеспечения турбулентного режима зададимся числом Рейнольдса равным 12000. Примем диаметр труб теплообмена 25 x 2 мм.

Объёмный расход щелочи [1, стр. 16]:

$$V_2 = \frac{G_2}{\rho_2} = \frac{17,7}{1275} = 0,01388 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Рассчитаем скорость щелочи в трубках:

$$w_2 = \frac{Re \cdot \mu_2}{d \cdot \rho_2} = \frac{12000 \cdot 2,95 \cdot 10^{-3}}{0,021 \cdot 1275} = 1,32 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Изм	ИЛист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	-------	----------	-------	------

Определим сечение трубок одного хода:

$$S_{TP} = \frac{V_2}{w_2} = \frac{0,01388}{1,32} = 0,0105 \text{ м}^2.$$

Предварительно выбираем стандартный теплообменник типа КН или КК по [25, стр 33] с параметрами:

внутренний диаметр $D = 600$ мм;

поверхность теплообмена $F = 55,81 \text{ м}^2$;

длина труб $L = 3000$ мм;

число ходов $z = 2$;

проходное сечение одного хода по трубам $S_T = 0,0377 \text{ м}^2$ [25, стр 33];

Объёмный расход щелочи:

$$V_2 = \frac{G_2}{\rho_2} = \frac{17,7}{1275} = 0,0138 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

Определим значение средней скорости потока по уравнению неразрывности потока:

$$w_2 = \frac{V_2}{S_{TP}} = \frac{0,0138}{0,0377} = 0,368 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

где $S_{mp} = 0,0377 \text{ м}^2$ – площадь проходного сечения в трубном пространстве. [25, стр. 33]

3.1.3 Коэффициент теплоотдачи щелочи

Определение коэффициента теплоотдачи a_2 для щелочи (трубное пространство).

Определим режим движения в трубном пространстве.

Для этого вычислим значение критерия Рейнольдса [1, стр. 16]:

$$Re_2 = \frac{w_2 \cdot d_{BH} \cdot \rho_2}{\mu_2} = \frac{0,368 \cdot 0,021 \cdot 1275}{2,95 \cdot 10^{-3}} = 3342,$$

где ρ_2 – плотность щелочи, при средней температуре, кг/м^3 [1, стр. 512];

μ_2 – динамическая вязкость щелочи, при средней температуре, $\text{Па} \cdot \text{с}$ [1, стр. 515];

При $2300 < Re < 10000$ Критерий Нуссельта составит [1, стр. 17]:

$$Nu_2 = 0,008 \cdot Re_2^{0,8} \cdot Pr_2^{0,43} = 0,008 \cdot (3342)^{0,8} \cdot 17^{0,43} = 17,84.$$

Коэффициент теплопроводности при средней температуре щелочи в трубках:

$$\lambda_2 = f(t_{2CP}) = 0,642 \frac{Вт}{м \cdot К}.$$

Тогда значение коэффициента теплоотдачи, α_2 от охлаждающей щелочи к трубам [1, стр. 150]:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_{BH}} = \frac{17,84 \cdot 0,642}{0,021} = 545,4 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}.$$

3.1.4 Коэффициент теплоотдачи для пара

Значение коэффициента теплоотдачи, α_2 от пара к трубам:

$$\alpha_1 = 3,78 \cdot \lambda_1 \sqrt[3]{\frac{\rho^2 \cdot d \cdot n}{\mu_1 \cdot G_1}} = 3,78 \cdot 0,6849 \sqrt[3]{\frac{931,8^2 \cdot 0,02 \cdot 216}{2,068 \cdot 10^{-4} \cdot 1,11}} = 7096 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}.$$

Коэффициент теплопередачи определим по формуле [2, стр. 168]:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum r_{CT} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{7096} + \frac{1}{1456} + \frac{1}{545,4}} = 478,7 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}, \quad (3.16)$$

Где следующие обозначения относятся к формулам 3.16, 3.17

$r_1 = 2500 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – термическое сопротивление загрязнений стенок трубок со стороны щелочи [1, стр. 531];

$r_2 = 5800 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – термическое сопротивление загрязнений стенок трубок со стороны пара [1, стр. 531];

$\delta = 0,002 \text{ м}$ – толщина стенки трубки;

$\lambda_{cm} = 17,5 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ – теплопроводность материала трубок сталь

[1, стр. 529].

Термическое сопротивление стенки определяют по формуле:

$$\sum r_{CT} = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{\delta}{\lambda_{CT}} + \frac{1}{r_2}} = \frac{1}{\frac{1}{2500} + \frac{0,002}{17,5} + \frac{1}{5800}} = 1456 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}. \quad (3.17)$$

Расчетная площадь теплообмена определяется по формуле:

$$F_p = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{CP}} = \frac{2292,15 \cdot 1000}{478,7 \cdot 110} = 43,5 \text{ м}^2.$$

Определим запас площади поверхности теплообмена:

$$\Delta F_p = \frac{F - F_p}{F_p} \cdot 100\% = \frac{55,81 - 43,5}{43,5} \cdot 100\% = 28,2 \text{ \%}.$$

3.2 Расчет гидравлического сопротивления

Расчет ведем по методике, изложенной в [26].

Для оценки гидравлического сопротивления подогревателя принимаем следующие значения коэффициентов местных сопротивлений ζ_M :

поворот во входной и выходной камерах - $\zeta_{M.BX} = 3$;

вход и выход из трубок в камеру - $\zeta_{BLYX} = 2$;

Коэффициент сопротивления трения в трубках подогревателя [2, стр.81]:

$$\lambda_{TP} = 0,1 \cdot \left(1,46 \cdot \frac{\Delta}{d_{BH}} + \frac{100}{Re_2} \right)^{0,25} = 0,1 \cdot \left(1,46 \cdot \frac{0,02}{0,021} + \frac{100}{3342} \right)^{0,25} = 0,108,$$

где $\Delta = 0,02$ – шероховатость стенок стальных труб.

Гидравлическое сопротивление:

$$\Delta P = \left(\lambda \frac{L}{d} + \sum \xi \right) \frac{w_2^2 \cdot \rho_2}{2} = \left(0,108 \frac{3000}{0,021} + 5 \right) \frac{0,295^2 \cdot 1275}{2} = 856229 \text{ Па}.$$

3.3 Расчет изоляции

Расчет ведем по методике, изложенной в [26].

Исходные данные для расчета тепловой изоляции являются:

Объект, расположен внутри помещения;

$t_{cm} = t_{II}^{cp} = 133,5^\circ C$ – температура изолируемой поверхности объекта;

$t_{из} = 45^\circ C$ – температура наружной поверхности изоляции [1, стр. 221];

$t_{oc} = t_{окр.с} = 25^\circ C$ – температура окружающей среды;

$d_{НАР} = D_B^{КП} + 2 \cdot S_{КОРП} = 0,6 + 2 \cdot 0,008 = 0,616 \text{ м}$ – наружный диаметр изолируемого объекта.

3.3.1 Разность температур теплоотдающей поверхности и окружающего воздуха:

$$\Delta t = t_{из} - t_{oc} = 45 - 25 = 20^\circ \text{C}.$$

3.3.2 Коэффициент теплоотдачи конвекцией при $\Delta t^3 > 9,8 \cdot 10^{-2}$:

$$\alpha_{\kappa} = 1,18 \cdot \sqrt[4]{\frac{\Delta t}{d_{НАР}}} = 1,18 \cdot \sqrt[4]{\frac{20}{0,616}} = 2,81 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

3.3.3 Коэффициент теплоотдачи излучением:

$$\alpha_{\lambda} = \frac{C_1 \cdot \left[\left(\frac{t_{из} + 273}{100} \right)^4 + \left(\frac{t_{oc} + 273}{100} \right)^4 \right]}{(t_{из} - t_{oc})} = \frac{1,2 \cdot \left[\left(\frac{45 + 273}{100} \right)^4 + \left(\frac{25 + 273}{100} \right)^4 \right]}{(45 - 25)} = 10,86 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

где $C_1 = 1,2 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ – коэффициент излучения (выбираем покрывной материал – алюминий листовой) [1, табл. 13.2].

3.3.4 Коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции к окружающей среде:

$$\alpha_H = \alpha_{\kappa} + \alpha_{\lambda} = 2,81 + 10,86 = 13,67 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

3.3.5 Толщина теплоизоляционного слоя, обеспечивающая заданную температуру на поверхности однослойной изоляции:

$$\delta_{из} = \frac{\lambda_{из} \cdot (t_{cm} - t_{из})}{\alpha_H \cdot (t_{из} - t_{oc})} = \frac{0,0476 \cdot (133,5 - 45)}{13,67 \cdot (45 - 25)} = 0,015 \text{ м},$$

где $\lambda_{из} = 0,043 + 0,00022 \cdot t_{oc} = 0,043 + 0,00022 \cdot 25 = 0,0476 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$ – коэффициент теплопроводности для теплоизоляционного материала (выбираем материал – минеральная вата марки 75) [1, табл. 13.1];

Принимаем толщину изоляции 40 мм. Определим температуру на поверхности изоляции при этой толщине:

$$t_{из} = \frac{\frac{\lambda_{из}}{\delta_{из}} \cdot t_{cm} + \alpha_H \cdot t_{oc}}{\alpha_H + \frac{\lambda_{из}}{\delta_{из}}} = \frac{0,0476}{0,04} \cdot 133,5 + 13,67 \cdot 25}{13,67 + \frac{0,0476}{0,04}} = 33,6^\circ \text{C}.$$

Температура поверхности изоляции меньше 45°C . Условие соблюдается.

4 КОНСТРУКТИВНЫЙ РАСЧЁТ АППАРАТА

4.1 Расчет штуцеров и подбор фланцев

Штуцеры для подвода и отвода щелочи:

Согласно рекомендациям [2, с.35] примем скорость щелочи в штуцерах

$w_2 = 0,5$ м/с, тогда внутренний диаметр штуцера рассчитывается по формуле 7.2

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot G_2}{\pi \cdot w_2 \cdot \rho_2}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 17,7}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 1275}} = 0,188 \text{ м.}$$

Принимаем условный диаметр штуцера равным 200 мм и подбираем фланец по [20]. На выбранном теплообменнике диаметры штуцера входа составляет 200 мм, диаметр штуцера выхода составляет. Выбираем штуцер типа 1. Оставляем исполнительный размер штуцера подвода и отвода воды.

Исполнительный размер фланца для подвода и отвода щелочи приведен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Размер фланца для подвода и отвода щелочи

$P_y, \text{МПа}$	$D_y, \text{мм}$	$D_в, \text{мм}$	$D_ф, \text{мм}$	$D_б, \text{мм}$	Болты	
					$d_б, \text{мм}$	z
0,6	200	222	320	280	M16	8

Штуцеры для подвода пара:

Согласно рекомендациям [2, с.35] примем скорость греющей среды в штуцере $w_{1ш} = 15$ м/с, тогда внутренний диаметр штуцера рассчитывается по формуле:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot G_1}{\pi \cdot w_1 \cdot \rho_{II}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,11}{3,14 \cdot 15 \cdot 1,651}} = 0,238 \text{ м,}$$

где,

$\rho_{II} = f(P = 0,3 \text{ МПа}) = 1,651 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. - плотность сухого насыщенного пара

					ФЮРА.065112.001.ПЗ		
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.	Актанов И.С				Лит	Лист	Листов
Пров.	Тихонов В.В					23	94
Консульт					Конструктивный расчет аппарата НОЦ им Н.А Хижнера Гр 3-4Г61		
Н. контр.							
Рук ООП							

На выбранном теплообменнике исполнительный диаметр штуцера входа составляет 300 мм. Его характеристики приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Размер фланца для подвода пара

$P_y, \text{МПа}$	$D_y, \text{мм}$	$D_e, \text{мм}$	$D_\phi, \text{мм}$	$D_\delta, \text{мм}$	Болты	
					$d_\delta, \text{мм}$	z
0,6	300	327,5	485	460	M20	12

Штуцеры для отвода конденсата:

Согласно рекомендациям [2, с.35] примем скорость греющей среды в штуцере $w_{1ш} = 0,1-0,3$ м/с, тогда внутренний диаметр штуцера рассчитывается по формуле:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot G_1}{\pi \cdot w_{1ш} \cdot \rho_1}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,11}{3,14 \cdot 0,2 \cdot 931,8}} = 0,087 \text{ м.}$$

Исполнительный диаметр штуцера отвода воздуха составляет 100 мм. Его характеристики приведены в таблице 4.3

Таблица 4.3 – Размер фланца для отвода конденсата

$P_y, \text{МПа}$	$D_y, \text{мм}$	$D_e, \text{мм}$	$D_\phi, \text{мм}$	$D_\delta, \text{мм}$	Болты	
					$d_\delta, \text{мм}$	z
1	100	116	205	170	M16	8

5 МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

Целью механического расчета является обеспечение механической надежности работы кожухотрубчатого теплообменника. Критериями механической надежности для деталей технологического оборудования являются прочность, жесткость, устойчивость, герметичность и др.

Расчетная схема кожухотрубчатого теплообменника представлена на рисунке 5.1.

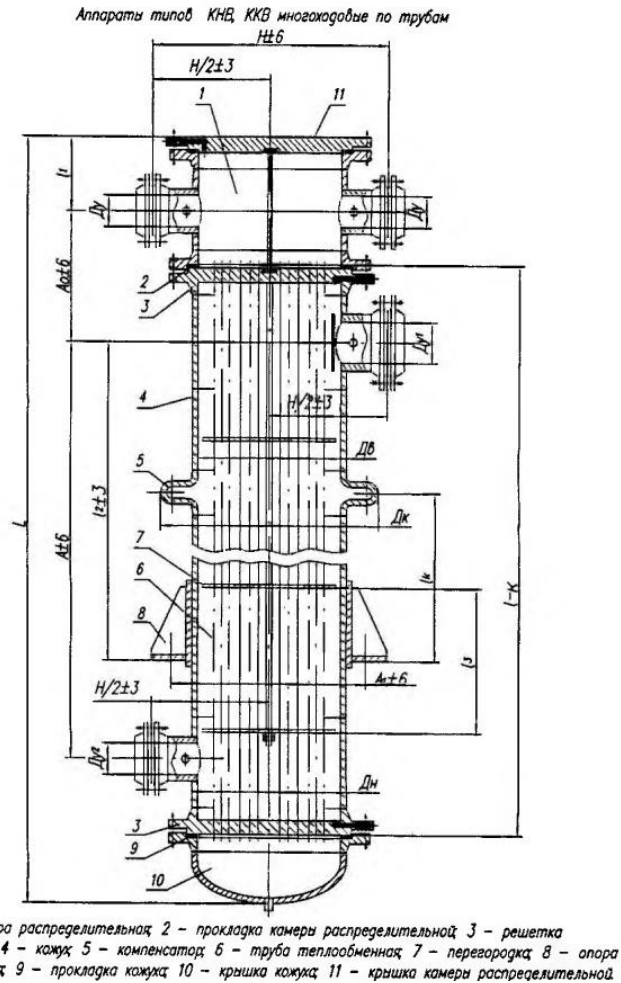


Рисунок 5.1 – Расчетная схема кожухотрубчатого теплообменника

ФЮРА.065112.001.ПЗ				
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Актанов И.С		
Пров.		Тихонов В.В		
Консульт				
Н. контр.				
Рук ООП				
Механический расчет			Лит	Лист
				25
			Листов 94	
НОЦ им Н.А Хижнера Гр 3-4Г61				

5.1 Выбор конструкционных материалов и расчетные параметры

Исходные данные для расчета приведены в таблице 5.1:

Таблица 5.1 - Исходные данные для расчета

Название величины	Введенное обозначение и его значение
Внутренний диаметр обечайки	D = 600 мм
Длина обечайки	L = 3000 мм
Срок эксплуатации	$\tau = 10$ лет
Расчетная температура теплоносителя в межтрубном пространстве *	$t_{раб1} = 133,5$ °C
Расчетная температура теплоносителя в трубном пространстве *	$t_{раб2} = 40$ °C
Рабочее давление в межтрубном пространстве:	$P_1 = 0,2$ МПа
Рабочее давление в трубном пространстве:	$P_2 = 0,15$ МПа

За расчетную температуру согласно ГОСТ 34233.1-2017 принимается наибольшая температура среды [7, пункт 5.3]

Выбор конструкционных материалов осуществляем с учетом рабочих температур, агрессивности сред и их концентраций. Поскольку в теплообменнике есть щелочная среда, примем исполнение теплообменника по материалу М10 [6], материалы основных узлов и деталей указаны в таблице 5.2:

Таблица 5.2 – Исполнение теплообменника по материалу

Исполнение по материалу	Кожух	Крышка	Теплообменная труба	Распределительная камера	Трубная решетка
М10	12Х18Н10Т	12Х18Н10Т	12Х18Н10Т	СТ20	12Х18Н10Т

Допускаемое напряжение материала 12Х18Н10Т при температуре 20⁰С определяем по таблице А.3[7]:

$$\sigma_{12Х18Н10Т}^{20} = 184 \text{ МПа.}$$

Допускаемое напряжение материала 12Х18Н10Т при расчетной температуре горячего теплоносителя определяем методом интерполяции по данным из таблицы А.1 [7]:

$$\sigma_{12Х18Н10Т}^P = 169 \text{ МПа.}$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Допускаемое напряжение материала 12Х18Н10Т при расчетной температуре холодного теплоносителя градусов определяем по таблице А.3[7] методом интерполяции:

$$\sigma_{12X18H10T}^{X.P} = 181 \text{ МПа.}$$

Расчетное давление в межтрубном пространстве согласно [7] должно учитывать избыточное давление, гидростатическое давление среды, поэтому:

$$P_{РАС1} = P_1 + P_{Г.С} = 0,2 + 0,05 = 0,205 \text{ МПа,}$$

где,

Гидростатическое давление среды:

$$P_{Г.С} = \rho \cdot g \cdot h = 1000 \cdot 9,8 \cdot 0,6 = 0,05 \text{ МПа,}$$

где,

$$\rho = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} - \text{плотность воды,}$$

$$g = 9,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} - \text{ускорение свободного падения тела,}$$

$$h = D = 0,6 \text{ м} - \text{высота столба жидкости.}$$

Давление в межтрубном пространстве:

Давление при гидравлических испытаниях определяем по формуле 3.1[8]:

$$P_{И1} = 1,25 \cdot P_1 \cdot \frac{\sigma_{12X18H10T}^{20}}{\sigma_{12X18H10T}^P} = 1,25 \cdot 0,205 \cdot \frac{184}{169} = 0,279 \text{ МПа.}$$

Давление в трубном пространстве:

Расчетное давление в трубном пространстве при рабочих условиях:

$$P_{РАС2} = P_2 + \rho \cdot g \cdot h = 0,15 + 0,05 = 0,2 \text{ МПа.}$$

Давление при гидравлических испытаниях определяем по формуле 3.1[8]:

$$P_{И2} = 1,25 \cdot P_2 \cdot \frac{\sigma_{12X18H10T}^P}{\sigma_{12X18H10T}^P} = 1,25 \cdot 0,2 \cdot \frac{184}{181} = 0,261 \text{ МПа.}$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ФЮРА.065112.001.ПЗ

Лист

27

5.2 Расчет толщины цилиндрической обечайки

Расчет толщины стенки цилиндрической обечайки ведется согласно [9, 5-5.3.1].

На рисунке 5.2 представлена расчетная схема цилиндрической обечайки, позиция 1 на рисунке 5.1.

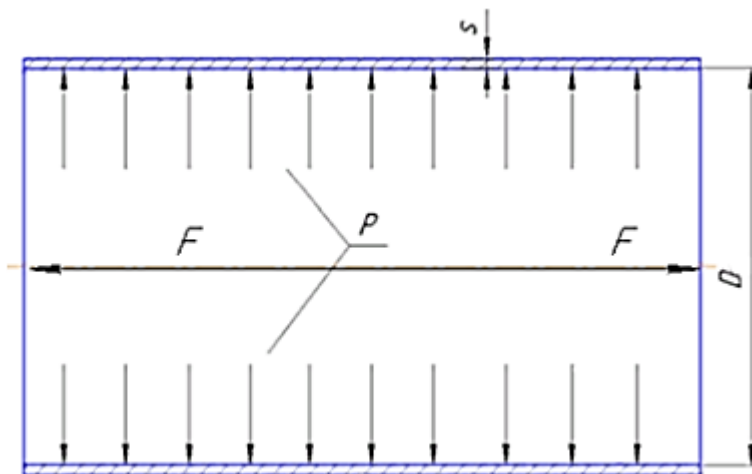


Рисунок 5.2 - Расчетная схема цилиндрической обечайки

Расчетная толщина стенки цилиндрической обечайки при внутреннем избыточном давлении определяется как максимальная величина формул 2 [9]:

Расчетное значение предела текучести для стали 12X18H10T при $t=20^{\circ}\text{C}$ определяем из таблицы Б.7 [7]:

$$R_{E.T}^{20} = 276 \text{ МПа.}$$

Коэффициент запаса прочности при гидравлическом испытании определяем по таблице 1 [7]:

$$n_T = 1,1 \text{ МПа.}$$

Допускаемое напряжение для стали 12X18H10T при гидравлических испытаниях рассчитываем по формуле 3[7]:

$$\sigma_{И1} = \frac{R_{E.T}^{20}}{n_T} = \frac{276}{1,1} = 250,9 \text{ МПа.}$$

Коэффициент прочности сварных швов принимаем согласно [7, таблица Д1] для сварных швов, выполняемых вручную, с одной стороны. Длина контролируемых швов от общей длины составляет 100%: $\varphi = 0,9$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Расчетная толщина стенки при расчетном давлении:

$$s_p = \frac{P_{PAC1} \cdot D}{2 \cdot \sigma_{12X18H10T}^P \cdot \varphi - P_{PAC1}} = \frac{0,205 \cdot 600}{2 \cdot 169 \cdot 0,9 - 0,205} = 0,363 \text{ мм.}$$

Расчетная толщина стенки при гидравлических испытаниях:

$$s_p = \frac{P_{И1} \cdot D}{2 \cdot \sigma_{И1}^P \cdot \varphi - P_{И1}} = \frac{0,279 \cdot 600}{2 \cdot 250,9 \cdot 1 - 0,279} = 0,333 \text{ мм.}$$

Выбранная толщина стенки:

$$s_p = 0,363 \text{ мм.}$$

Прибавку к расчетным толщинам вычисляют по формуле 13 [7]:

$$c = c_1 + c_2 + c_3 = 1 + 0,15 + 0 = 1,15 \text{ мм,}$$

где,

$$c_1 = \Pi \cdot \tau = 0,1 \cdot 10 = 1 \text{ мм – поправка на коррозию,}$$

где $\Pi = 0,1$ мм/год скорость коррозии стали 12Х18Н10Т

$$c_2 = 0,15 \text{ мм – поправка на минусовое отклонение;}$$

$$c_3 = 0 \text{ мм - поправка на утончение стенки элемента сосуда при технических операциях;}$$

Тогда, с учетом прибавки, исполнительная толщина стенки равна:

$$s_{и} = s_p + c = 0,363 + 1,15 = 1,503 \text{ мм.}$$

Согласно рекомендациям таблицы 1 [11] минимальная толщина стенок цилиндрической обечайки при внутреннем диаметре обечайки, равном 600 мм, равна 6 мм. Согласно [10, Таблица 1] при ширине листа 2000 мм и длине листа от 3000 мм до 12000 мм толщина листа составит 8 мм. В связи с этим принимаем исполнительную толщину стенки цилиндрической обечайки:

$$S_K = 8 \text{ мм}$$

По методике [9, с.5] проверим применимость формул безмоментной теории:

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ФЮРА.065112.001.ПЗ

Лист

29

$$\frac{s_K - c}{D} = \frac{8 - 1,503}{600} = 0,01 < 0,1.$$

Определим допускаемое давление по формуле [7, стр. 414]:

$$P_d = \frac{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{12 \times 18 H 10 T}^P \cdot (s - c)}{D + (s - c)} = \frac{2 \cdot 0,9 \cdot 169 \cdot (8 - 1,503)}{600 + (8 - 1,503)} = 3,25 \text{ МПа.}$$

Условие $3,25 > 0,205$ условие выполняется

5.3 Расчет толщины стенки эллиптического днища

Расчет толщины стенки цилиндрической обечайки ведется согласно [9, 6-6.3]. На рисунке 5.3 представлена расчетная схема эллиптического днища, позиция 10 на рисунке 5.1.

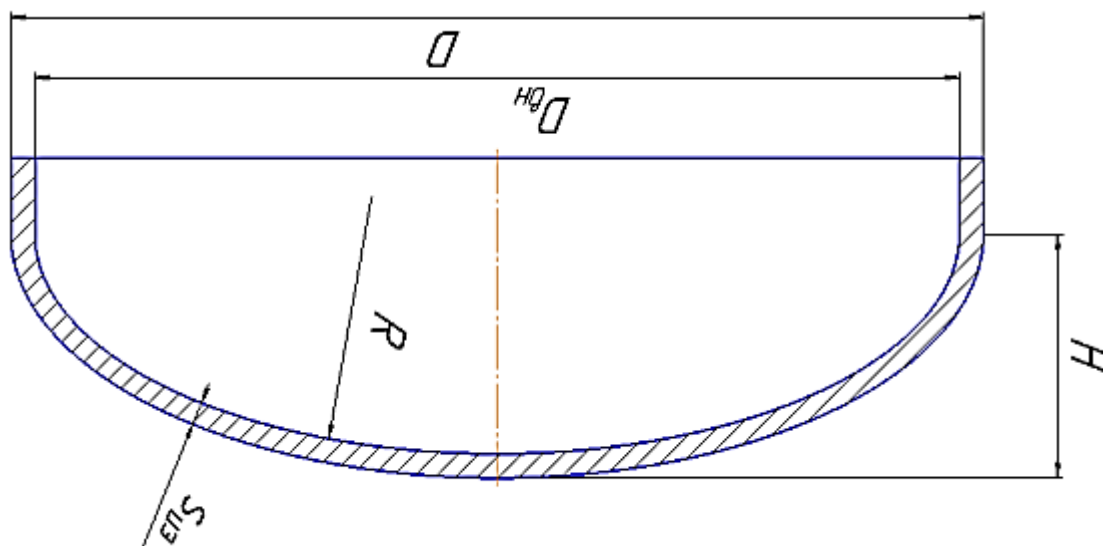


Рисунок 5.3 – Расчетная схема эллиптического днища

Т.к. днище эллиптическое, то высота выпуклой части без учета цилиндрической части будет равна:

$$H = 0,25 \cdot D = 0,25 \cdot 600 = 150 \text{ мм.}$$

Радиус кривизны в вершине днища по внутренней поверхности:

$$R = D = 600 \text{ мм.}$$

Расчёт толщины стенки эллиптического днища производится при давлении гидравлического испытания и при расчетном давлении в трубном пространстве.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Скорость коррозии (12X18H10T):

$$П=0,1 \text{ мм/год.}$$

Срок эксплуатации:

$$\tau=10 \text{ лет}$$

Прибавки к толщине:

$c_1=П \cdot \tau=0,1 \cdot 10=1 \text{ мм}$ – поправка на компенсацию коррозии обечайки,

$c_2=0,15 \text{ мм}$ – поправка на минусовое отклонение таблица 4[10];

$c_3=0,5 \text{ мм}$ – технологическая прибавка в соответствии с рекомендацией [7, стр 8];

$$c=c_1+c_2+c_3=1+0,15+0,5=1,65 \text{ мм,}$$

Расчетная толщина эллиптического днища:

Толщина стенки днища, рассчитанная при расчетном давлении:

$$s_p = \frac{P_{PAC2} \cdot R}{2 \cdot \sigma_{12X18H10T}^{X.P} - 0,5 P_{PAC2}} = \frac{0,205 \cdot 600}{2 \cdot 181 - 0,5 \cdot 0,156} = 0,361 \text{ мм.}$$

Толщина стенки днища, рассчитанная при гидравлических испытаниях:

$$s_p = \frac{P_{И2} \cdot R}{2 \cdot \sigma_{И2}^P - 0,5 \cdot P_{И2}} = \frac{0,261 \cdot 600}{2 \cdot 250,9 - 0,5 \cdot 0,198} = 0,333 \text{ мм.}$$

Расчетная толщина днища:

$$s_p = 0,361 \text{ мм.}$$

Тогда, с учетом прибавки, исполнительная толщина стенки равна:

$$s_{и}=s_p+c=0,361+1,65=2,015 \text{ мм.}$$

Согласно рекомендациям таблицы 1 [11] минимальная толщина стенок цилиндрической обечайки при внутреннем диаметре днища, равном 600 мм, равна 5 мм.

В связи с этим принимаем исполнительную толщину стенки днища:

$$s_k=8 \text{ мм}$$

По методике [9, с.5] проверим применимость формул безмоментной теории:

$$\frac{s_k - c}{D} = \frac{8 - 1,65}{600} = 0,01 < 0,1.$$

Определим допускаемое давление по формуле [7, стр. 414]:

					ФЮРА.065112.001.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		31

$$P_D = \frac{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_{12X18H10T}^{X.P} \cdot (s-c)}{D+(s-c)} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 181 \cdot (8-1,65)}{600+(8-1,65)} = 3,45 \text{ МПа.}$$

Условие $3,45 > 0,198$ условие выполняется

Согласно [21] принимаем днище стальное эллиптическое отбортованное с размерами (табл. 5.3):

Таблица 5.3 – Размеры эллиптического днища

D, мм	h1, мм	H, мм	s, мм	F, м ²	V, дм ³
600	25	157	8	0,45	36,78

5.4 Расчет температурных деформаций

Расчет проводится по методике, изложенной в [5,1.5.2.1]. Расчетные параметры приведены в таблице 5.4:

Таблица 5.4 - Расчетные параметры

Часть аппарата	Трубы	Корпус
Материал	12X18H10T	12X18H10T
Средняя температура, °С	40	133,5
Температурный коэффициент линейного расширения, 1/°С	$16,6 \cdot 10^{-6}$	$17 \cdot 10^{-6}$
Допускаемое напряжение материала, МПа	181	169
Модуль упругости материала, МПа	$1,97 \cdot 10^5$	$1,87 \cdot 10^5$
Наружный диаметр, м	0,025	616
Внутренний диаметр, м	0,021	600

Поперечное сечение труб и корпуса:

$$F_T = \frac{\pi}{4} \cdot (d_{Н}^2 - d_{ВН}^2) \cdot n = \frac{3,14}{4} \cdot (0,025^2 - 0,021^2) \cdot 218 = 0,0314 \text{ м}^2.$$

$$F_K = \frac{\pi}{4} \cdot (D_{Н}^2 - D_{ВН}^2) = \frac{3,14}{4} \cdot (0,616^2 - 0,6^2) = 0,0152 \text{ м}^2.$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Температурные усилия:

$$Q_T = \frac{|\alpha_T \cdot t_T - \alpha_K \cdot t_K| \cdot E_T \cdot F_T \cdot E_K \cdot F_K}{E_T \cdot F_T + E_K \cdot F_K} =$$
$$\frac{|16,6 \cdot 10^{-6} \cdot 22,5 - 17 \cdot 10^{-6} \cdot 133,5| \cdot 1,97 \cdot 10^5 \cdot 0,0314 \cdot 1,87 \cdot 10^5 \cdot 0,0152}{1,97 \cdot 10^5 \cdot 0,0314 + 1,87 \cdot 10^5 \cdot 0,0152} =$$
$$= 2,3 \text{ МН.}$$

Температурные напряжения:

$$\sigma_T = \frac{Q_T}{F_T} = \frac{2,3}{0,0314} = 73,2 \text{ МПа} \quad \sigma_T < 181.$$
$$\sigma_K = \frac{Q_K}{F_K} = \frac{2,3}{0,0152} = 151,3 \text{ МПа} \quad \sigma_K < 169.$$

Условия прочности соблюдаются

5.5 Расчет толщины трубных решеток

Расчет толщины трубной решетки ведется по методике, указанной в пособии [5, 1.5.2.4].

На рисунке 5.4 представлена расчетная схема трубной решетки.

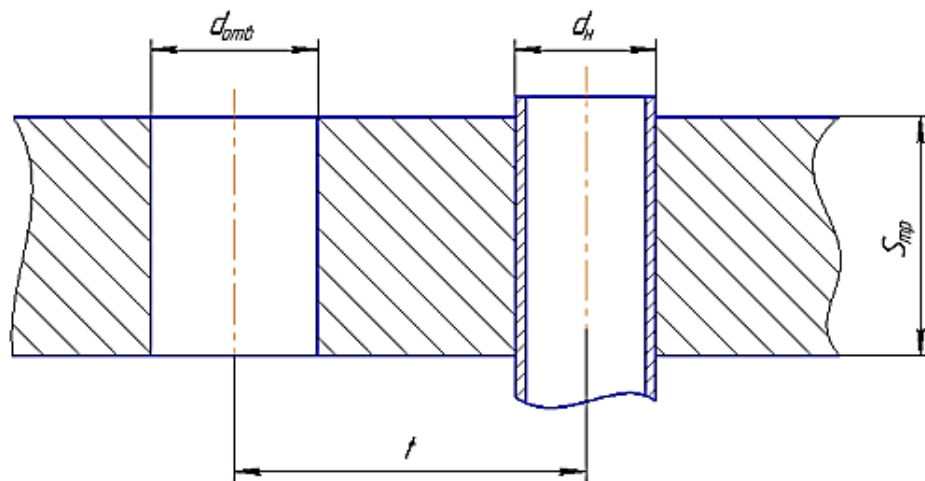


Рисунок 5.4 – Расчетная схема трубной решетки

Коэффициент прочности решетки:

Коэффициент прочности решетки учитывает ослабление сечения решетки трубными отверстиями и зависит от шага t и диаметра отверстий $d_{отв}$ по формуле:

$$\varphi_P = \frac{t - d_{отв}}{t} = \frac{32 - 25,7}{32} = 0,197.$$

Определим толщину стенки из условия надежности развальцовки труб:

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

$$f_m = 4,35 \cdot d_H + 15 = 4,35 \cdot d_H + 15 = 123,75 \text{ мм}^2.$$

$$S_{TP1} = \frac{f_m}{t - d_{омс}} + c = \frac{123,75}{32 - 25,7} + 2,6 = 22 \text{ мм}.$$

Суммарная нагрузка на площадь трубной решетки:

$$\begin{aligned} Q_P &= P_1 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D_{BH}^2 - P_2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D_{BH}^2 + Q_t = \\ &= 0,205 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 600^2 - 0,206 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot 600^2 + 1,67 = 1,67 \text{ МН}. \end{aligned}$$

Толщина трубной решетки как плоской заземленной плиты:

Допускаемое напряжение для стали 12X18Н10Т, из которой изготовлена трубная решетка:

$$\sigma_{дт} = 181 \text{ МПа}.$$

$$S_{TP2} = \frac{D_{BH}}{4,7} \sqrt{\frac{P_{И1}}{\sigma_{дт} \cdot \varphi_P}} = \frac{600}{4,7} \sqrt{\frac{0,279}{181 \cdot 0,197}} = 11,3 \text{ мм}.$$

Согласно таблицы 5 [13] минимальная толщина трубной решетки для труб с наружным диаметром 25 мм составляет 31 мм, поэтому принимаем: $S_{тр} = 31 \text{ мм}$.

5.6 Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений

Расчетная схема фланцевого соединения представлена на рисунке 5.5.

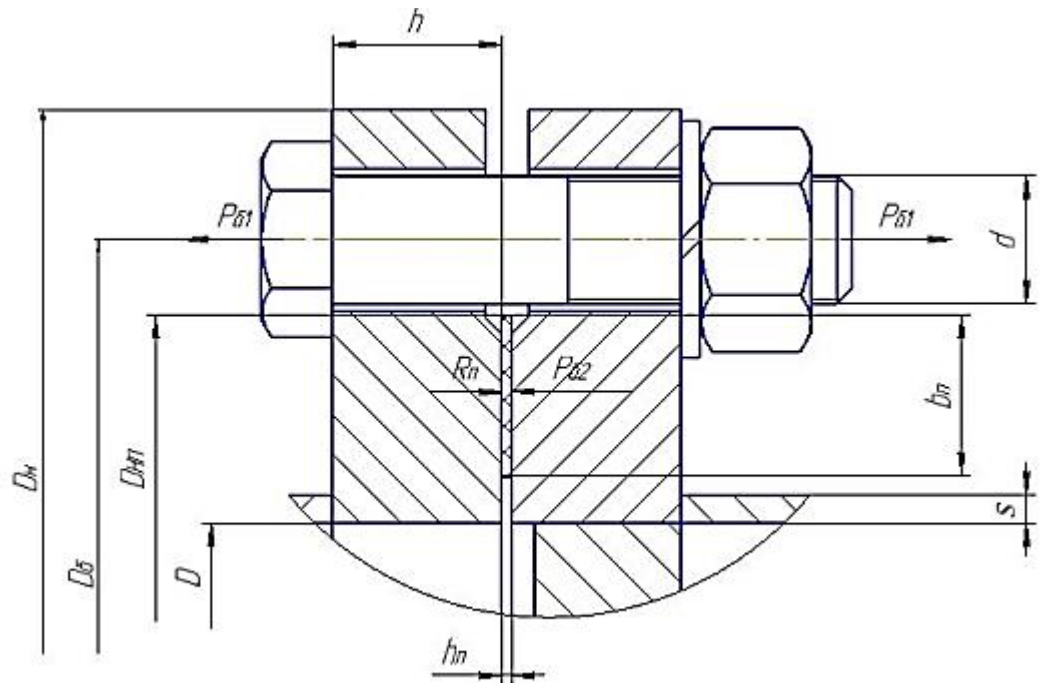


Рисунок 5.5– Расчетная схема фланцевого соединения

Исходные данные для расчета представлены в таблице 5.5.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ФЮРА.065112.001.ПЗ

Лист

34

Таблица 5.5 – Исходные данные для расчета

Название величины	Введенное обозначение и его значение
Внутренний диаметр распределительной камеры, мм	$D = 600$
Пробное давление гидроиспытания в аппарате, МПа	$P_{и} = 0,261$
Число болтов	$n = 20 \text{ M24}$
Прибавка на коррозию, мм	$c_0 = 1$
Максимальная температура среды, °С	$t = 133,5$
Диаметр болтовой окружности, мм	$D_б = 705$
Наружный диаметр прокладки, мм	$D_{п} = 677$
Наружный диаметр фланца, мм	$D_{н} = 755$
Ширина прокладки, мм	$b_{п} = 16$
Высота прокладки, мм	$h_{п} = 2$
Толщина тарелки фланца, мм	$h = 50$
Толщина обечайки, мм	$s = 8$

Целью расчета в данном подразделе является проверка надежности конструкции выбранного фланцевого соединения. К критериям надежности относятся:

- прочность болтов в рабочих условиях и при затяжке;
- статическая прочность соединения при затяжке и в рабочих условиях;
- прочность прокладки;
- соответствия угла поворота фланца допускаемому значению.

Согласно рекомендациям по табл.21.14 [2] примем:

Материал обечаек и фланцев - сталь 12X18Н10Т

Материал болтов - сталь 35Х

Материал прокладки - паронит ПОН.

Определение основных расчетных значений

Определение расчетных температур:

- расчетная температура неизолированных плоских фланцев по табл. В1 [14]:

$$t_{\phi} = 0,96 \cdot t = 0,96 \cdot 133,5 = 128,1^{\circ} \text{C}.$$

- расчетная температура болтов по табл. В1 [14]:

$$t_{б} = 0,85 \cdot t = 0,85 \cdot 133,5 = 113,5^{\circ} \text{C}.$$

Допускаемые напряжения для болтов из стали 35Х определяем методом интерполяции по табл. Г1 [14]:

$$\sigma_{д.б} = 229 \text{ МПа}.$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Модуль упругости для болтов из стали 35Х при расчетной температуре определяем методом интерполяции по табл. Ж1[14]:

$$E_b = 2,14 \cdot 10^5 \text{ МПа.}$$

Допускаемое напряжение для болтов при $t = 20^\circ\text{C}$ определяем по таблице Г.1 [14]:

$$\sigma_{20b} = 230 \text{ МПа.}$$

Модуль упругости для болтов при температуре равной 20°C определяем по таблице Ж.1 [14]:

$$E_{20b} = 2,18 \cdot 10^5 \text{ МПа.}$$

Коэффициент линейного расширения стали 35Х при $t = 20\text{-}200^\circ\text{C}$ определяем по таблице Ж.2 [14]: $\alpha_b = 13,3 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$.

Допускаемые напряжения для фланцев и обечайки из стали 12Х18Н10Т определяем по таблице А3[2]:

$$\sigma_\phi = 170,5 \text{ МПа.}$$

Поскольку фланцы изготавливаются из листового проката $\eta = 1$.

$$\sigma_{д.ф} = \sigma_\phi \cdot \eta = 170,5 \cdot 1 = 170,5 \text{ МПа.}$$

Модуль упругости для фланцев из стали 12Х18Н10Т при расчетной температуре определяем по таблице В.1 [7]:

$$E = 1,94 \cdot 10^5 \text{ МПа.}$$

Допускаемое напряжение для стали 12Х18Н10Т при $t = 20^\circ\text{C}$ определяем по [7]:

$$\sigma_{12X18H10T} = 184 \text{ МПа.}$$

Модуль упругости для стали 12Х18Н10Т при температуре испытания 20°C определяем по [2]:

$$E_{12X18H10T} = 1,98 \cdot 10^5 \text{ МПа.}$$

Коэффициент линейного расширения стали 12Х18Н10Т при $t = 20 - 200^\circ\text{C}$ определяем по таблице Ж.2 [14]: $\alpha_\phi = 16,6 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$.

Примем коэффициент увеличения допускаемых напряжений при затяжке по рекомендациям [14] равным:

$$\xi = 1,2 .$$

Коэффициент условий работы примем по рекомендациям [14]:

- для рабочих условий $K_{у.р.п} = 1$;
- для условий испытания $K_{у.р.и} = 1.35$.

По рекомендациям [14] коэффициент условий затяжки при обычной неконтролируемой затяжке принимаем равным $K_{y,z} = 1$.

По рекомендациям [14] коэффициент учета нагрузки от температурных деформаций при расчете фланцев с учетом нагрузки от температурных деформаций принимается равным $K_{y,t} = 1.3$.

Допускаемые напряжения для болтов из стали 35Х при затяжке в рабочих условиях и при расчете на условия испытания рассчитывают по формулам Г3 и Г4 [14] и равны соответственно:

$$\sigma_{ДБМ} = \xi \cdot K_{y,p,p} \cdot K_{y,z} \cdot K_{y,m} \cdot \sigma_{20Б} = 1,2 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 230 = 394,7 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{ДБР} = \xi \cdot K_{y,p,u} \cdot K_{y,z} \cdot K_{y,m} \cdot \sigma_{20Б} = 1,2 \cdot 1,35 \cdot 1,3 \cdot 230 = 484,4 \text{ МПа}.$$

Усилия, необходимые для смятия прокладки и обеспечения герметичности фланцевого соединения

По формуле 5 [14] определяется эффективная ширина плоской прокладки:

$$b_0 = 3,8 \cdot \sqrt{b_{II}} = 3,8 \cdot \sqrt{16} = 15,2 \text{ мм}.$$

Расчетный диаметр плоской прокладки определяем по формуле 7 [14]:

$$D_{СП} = D_{НП} - b_0 = 677 - 15,2 = 661,8 \text{ мм}.$$

Характеристики прокладки определяем по таблице И.1 [14] (табл. 5.6):

Таблица 5.6 – Характеристики прокладки

Прокладочный коэффициент (m)	Удельное давление обжатия прокладки, МПа (q _{обж})	Допускаемое удельное давление, МПа (q _d)	Коэффициент обжатия (К _{обж})	Условный модуль сжатия прокладки, МПа (Е _п)
2.5	20	130	0.9	$0.02 \cdot 10^5$

По формуле 8 [14] определяем усилие, необходимое для смятия прокладки при затяжке:

$$P_{ОБЖ} = 0,5 \cdot \pi \cdot D_{СП} \cdot b_0 \cdot q_{ОБЖ} = 0,5 \cdot 3,14 \cdot 661,8 \cdot 15,2 \cdot 20 = 3,95 \cdot 10^4 \text{ Н}.$$

Усилие на прокладке в рабочих условиях, необходимое для обеспечения герметичности фланцевого соединения вычисляется по формуле 9 [14]:

$$R_{II} = 0,5 \cdot \pi \cdot D_{СП} \cdot b_0 \cdot m \cdot P_{II} = 0,5 \cdot 3,14 \cdot 661,8 \cdot 15,2 \cdot 2,5 \cdot 0,261 = 2,06 \cdot 10^4 \text{ Н}.$$

Усилия в болтах фланцевого соединения при затяжке и в рабочих условиях

Площадь поперечного сечений болтов для М24 определим по таблице Д.1 [14]:

$$f_b = 324 \text{ мм}^2.$$

Наружный диаметр болта равен $d=24$ мм.

Суммарная площадь сечения болтов по внутреннему диаметру резьбы или нагруженному сечению наименьшего диаметра определяется по формуле 10 [14]:

$$A_B = n \cdot f_b = 324 \cdot 20 = 6480 \text{ мм}^2.$$

Равнодействующая нагрузка от давления рассчитывается по формуле 11 [14]:

$$Q_d = \frac{\pi}{4} \cdot D_{СП}^2 \cdot P_{II} = \frac{3,14}{4} \cdot 661,8^2 \cdot 0,261 = 8,978 \cdot 10^4 \text{ Н}.$$

Податливость прокладки и болтов

Податливость прокладки определяется по формуле К.1 [14]:

$$y_{II} = \frac{h_{II} \cdot K_{ОБЖ}}{E_{II} \cdot \pi \cdot D_{СП} \cdot b_{II}} = \frac{2 \cdot 0,9}{0,02 \cdot 10^5 \cdot 3,14 \cdot 661,8 \cdot 16} = 2,705 \cdot 10^{-8} \frac{\text{мм}}{\text{Н}}.$$

Расстояние между опорными поверхностями гайки и болта принимаем равным:

$$L_{БО} = 72 \text{ мм}.$$

При определении податливости эффективная длина болта определяется по стр.32 [14]:

$$L_B = L_{БО} + 0,28 \cdot d = 100 + 0,28 \cdot 24 = 106,7 \text{ мм}.$$

Податливость болтов определяем по формуле К.2 [14]:

$$y_B = \frac{L_B}{E_{20Б} \cdot A_B} = \frac{106,7}{2,18 \cdot 10^5 \cdot 6480} = 7,555 \cdot 10^{-8} \frac{\text{мм}}{\text{Н}}.$$

Расчетные параметры и угловая податливость фланцев

По формуле К.3 [14] рассчитывается параметр длины обечайки:

$$l_0 = \sqrt{D \cdot s_K} = \sqrt{600 \cdot 8} = 69,3 \text{ мм}.$$

По формуле К.4 [14] определяется отношение наружного диаметра тарелки фланца к внутреннему диаметру:

$$K = \frac{D_H}{D} = \frac{755}{600} = 1,258.$$

По формулам К.5 - К.8 [14] определяются коэффициенты, зависящие от соотношения размеров тарелки фланца:

$$\beta_T = \frac{K^2 \cdot (1 + 8,55 \cdot \log(K)) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot K^2)(K - 1)} = \frac{1,258^2 \cdot (1 + 8,55 \cdot \log(1,258)) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot 1,258^2)(1,258 - 1)} = 1,813.$$

$$\beta_U = \frac{K^2 \cdot (1 + 8,55 \cdot \log(K)) - 1}{1,36(K^2 - 1)(K - 1)} = \frac{1,4^2 \cdot (1 + 8,55 \cdot \log(1,258)) - 1}{1,36(1,258^2 - 1)(1,258 - 1)} = 9,438.$$

$$\beta_Y = \frac{1}{K - 1} \cdot (0,69 + 5,72 \cdot \frac{K^2 \cdot \log(K)}{K^2 - 1}) =$$

$$= \frac{1}{1,258 - 1} \cdot (0,69 + 5,72 \cdot \frac{1,258^2 \cdot \log(1,258)}{1,258^2 - 1}) = 8,668.$$

$$\beta_Z = \frac{K^2 + 1}{K^2 - 1} = \frac{1,258^2 + 1}{1,258^2 - 1} = 4,428.$$

Коэффициенты для фланцевых соединений с плоскими фланцами определяются по графикам К2-К4 [14]:

$$\beta_F = 0,91 \quad \beta_V = 0,55 \quad f = 1.$$

Коэффициент λ определяется по формуле К.11 [14]:

$$\lambda = \frac{\beta_F \cdot h + l_0}{\beta_T \cdot l_0} + \frac{\beta_V \cdot h^3}{\beta_U \cdot l_0 (s_K)^2} = \frac{0,91 \cdot 50 + 69,3}{1,813 \cdot 69,3} + \frac{0,55 \cdot 50^3}{7,513 \cdot 69,3(8)^2} = 2,557.$$

Угловая податливость фланца при затяжке рассчитывается по формуле К.12 [14]:

$$y_\phi = \frac{0,91 \cdot \beta_V}{E_{20} \cdot \lambda \cdot l_0 \cdot s_{II}^2} = \frac{0,91 \cdot 0,55}{1,98 \cdot 10^5 \cdot 2,557 \cdot 69,3 \cdot 8^2} = 2,23 \cdot 10^{-10} \frac{1}{H \cdot \text{мм}}.$$

Коэффициент, учитывающий изгиб тарелки фланца между болтами определяется по формуле К.18 [14]:

$$C_F = \max\left(1, \sqrt{\frac{\frac{\pi \cdot D_B}{n}}{2 \cdot d + \frac{6 \cdot h}{m + 0,5}}}\right) = \max\left(1, \sqrt{\frac{3,14 \cdot 705}{20}}{\frac{2 \cdot 24 + \frac{6 \cdot 26}{2,5 + 0,5}}{2}}\right) = 1.$$

Приведенный диаметр плоского встык фланца определяется по рекомендациям [14] и равен $D_{пр} = D$.

Плечи действия сил и коэффициенты жесткости

Для плоских фланцев плечо действия усилий в шпильках рассчитывается по формуле Е.1 [14]:

$$b = 0,5 \cdot (D_B - D_{СП}) = 0,5 \cdot (705 - 661,8) = 21,6 \text{ мм}.$$

По формуле Е.5 [14] определяется эквивалентная толщина плоских фланцев:

$$S_\phi = s_u = 8 \text{ мм}.$$

Для всех типов фланцев по формуле Е.4 [14] определяется плечо усилия от действия давления на фланец:

$$e = 0,5 \cdot (D_{СП} - D - S_3) = 0,5 \cdot (661,8 - 600 - 8) = 26,9 \text{ мм.}$$

Для приварных встык и плоских фланцев коэффициент жесткости фланцевого соединения определяется по формуле Е.8 [14]:

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{1}{y_{II} + y_B \frac{E_{20Б}}{E_{20}} + 2 \cdot b^2 \cdot y_{\phi} \cdot \frac{E_{20}}{E}} = \\ &= \frac{1}{2,705 \cdot 10^{-8} + 7,555 \cdot 10^{-7} \frac{2,18 \cdot 10^5}{2,14 \cdot 10^5} + 2 \cdot 21,6^2 \cdot 2,23 \cdot 10^{-10} \cdot \frac{1,98 \cdot 10^5}{1,94 \cdot 10^5}} = 3,16 \cdot 10^6 \frac{H}{мм} \end{aligned}$$

По формуле Е.11 [14] для плоских фланцев с плоскими прокладками рассчитывается коэффициент жесткости фланцевого соединения, нагруженного внутренним давлением или внешней осевой силой:

$$\begin{aligned} \alpha &= 1 - \frac{y_{II} - 2 \cdot e \cdot y_{\phi} \cdot b}{y_{II} + y_B + 2 \cdot b^2 \cdot y_{\phi}} = \\ &= 1 - \frac{2,705 \cdot 10^{-8} - 2 \cdot 26,9 \cdot 2,23 \cdot 10^{-10} \cdot 21,6}{2,705 \cdot 10^{-8} + 5,573 \cdot 10^{-8} + 2 \cdot 21,6^2 \cdot 2,23 \cdot 10^{-10}} = 1,747. \end{aligned}$$

По формуле 13 [14] рассчитывается нагрузка, вызванная стесненностью температурных деформаций:

$$\begin{aligned} Q_t &= \gamma \cdot (2 \cdot \alpha_{\phi} \cdot h \cdot (t_{\phi} - 20) - 2 \cdot \alpha_B \cdot h \cdot (t_B - 20)) = \\ &= 3,16 \cdot 10^6 \cdot (2 \cdot 16,6 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \cdot (128,16 - 20) - \\ &\quad - 2 \cdot 13,3 \cdot 10^{-6} \cdot 50 \cdot (113,5 - 20)) = 1,74 \cdot 10^5 \text{ Н.} \end{aligned}$$

Расчетная нагрузка на болты при затяжке, необходимая для обеспечения в рабочих условиях давления на прокладку, достаточного для герметизации фланцевого соединения определяется по [14]:

$$\begin{aligned} P_{Б1} &= \max \left(\begin{array}{l} \alpha \cdot Q_d + R_{II} \\ \alpha \cdot Q_d + R_{II} - Q_t \end{array} \right) = \\ &= \max \left(\begin{array}{l} 1,747 \cdot 8,978 \cdot 10^4 + 2,062 \cdot 10^4 \\ 1,747 \cdot 8,978 \cdot 10^4 + 2,062 \cdot 10^4 - 1,74 \cdot 10^5 \end{array} \right) = 1,775 \cdot 10^5 \text{ Н.} \end{aligned}$$

По [14] определяется расчетная нагрузка на болты при затяжке, необходимая для обеспечения обжатия прокладки и минимального начального натяжения болтов:

$$P_{Б2} = \max \left(\begin{array}{l} (P_{Обж}) \\ 0,4 \cdot A_B \cdot \sigma_{20Б} \end{array} \right) = \max \left(\begin{array}{l} (3,95 \cdot 10^4) \\ 0,4 \cdot 6480 \cdot 230 = 3,31 \cdot 10^5 \end{array} \right) = 5,962 \cdot 10^5 \text{ Н.}$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

По формуле 17 [14] определяется расчетная нагрузка на болты фланцевых соединений при затяжке фланцевого соединения:

$$P_{БМ} = \max \begin{pmatrix} P_{Б1} \\ P_{Б2} \end{pmatrix} = \max \begin{pmatrix} 1,775 \cdot 10^5 \text{ Н} \\ 5,962 \cdot 10^5 \text{ Н} \end{pmatrix} = 5,962 \cdot 10^5 \text{ Н}.$$

По формуле 18 [14] рассчитывается расчетная нагрузка на болты фланцевых соединений в рабочих условиях:

$$P_{БР} = P_{БМ} + (1 - \alpha) \cdot Q_d + Q_t = \\ = 5,962 \cdot 10^5 + (1 - 1,747) \cdot 8,978 \cdot 10^5 + 1,745 \cdot 10^5 = 7,036 \cdot 10^5 \text{ Н}.$$

Проверка прочности болтов и прокладки

Расчетные напряжения в болтах определяются:

- при затяжке по формуле 19 [14]:

$$\sigma_{Б1} = \frac{P_{БМ}}{A_B} = \frac{5,962 \cdot 10^5}{6480 \cdot 10^{-6}} = 92 \text{ МПа}.$$

- в рабочих условиях по формуле 20 [14]:

$$\sigma_{Б2} = \frac{P_{БР}}{A_B} = \frac{7,036 \cdot 10^5}{6480 \cdot 10^{-6}} = 108,6 \text{ МПа}.$$

Проверка условий прочности болтов при затяжке рабочих условиях по формулам 21,22 [14]:

$$\sigma_{Б1} < \sigma_{ДБМ} \quad 92 < 394,7$$

$$\sigma_{Б2} < \sigma_{ДБР} \quad 108,6 < 484,4$$

Условия прочности выполняются

Удельное давление на прокладку определяется по [14]:

$$q = \frac{\max(P_{БМ}, P_{БР})}{\pi \cdot D_{СП} \cdot b_{П}} = \frac{5,962 \cdot 10^5}{3,14 \cdot 661,8 \cdot 16 \cdot 10^{-6}} = 17,9$$

$$q < q_d \quad 17,9 < 130$$

Условие прочности выполняется

Расчет фланцев на статическую прочность

Расчетный изгибающий момент, действующий на плоский фланец при затяжке, рассчитывается по формуле 24 [14]:

$$M_M = C_F \cdot P_{БМ} \cdot b = 1 \cdot 5,962 \cdot 10^5 \cdot 21,6 = 1,288 \cdot 10^7 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Расчетный изгибающий момент, действующий на фланец в рабочих условиях, определяется по формуле 26 [14]:

					ФЮРА.065112.001.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		41

$$M_p = C_F \cdot \max(P_{BP} \cdot b + (Q_d) \cdot e, Q_d \cdot e) = 1 \cdot \max(7,036 \cdot 10^5 \cdot 21,6 + (8,978 \cdot 10^4) \cdot 26,9, 8,978 \cdot 10^4 \cdot 26,9) = 1,76 \cdot 10^7 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Расчетные напряжения во фланце при затяжке

Меридиональное изгибное напряжение в обечайке плоского фланца определяется по формуле 30 [14]:

$$\sigma_{0M} = \frac{M_M}{\lambda \cdot (s_H - c)^2 \cdot D_{ПП}} = \frac{1,288 \cdot 10^6}{2,557 \cdot (8-1)^2 \cdot 600} = 171 \text{ МПа}.$$

Напряжения в тарелке плоского фланца в условиях затяжки рассчитываются по формулам 31,32 [14]:

- радиальное напряжение:

$$\sigma_{RM} = \frac{1,33 \cdot \beta_F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_M = \frac{1,33 \cdot 0,91 \cdot 50 + 69,3}{2,557 \cdot 50^2 \cdot 69,3 \cdot 600} \cdot 1,288 \cdot 10^7 = 6,3 \text{ МПа}.$$

- окружное напряжение:

$$\sigma_{TM} = \frac{\beta_Y \cdot M_M}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{RM} = \frac{8,668 \cdot 1,288 \cdot 10^7}{26^2 \cdot 600} - 4,428 \cdot 6,3 = 46,6 \text{ МПа}.$$

Расчетные напряжения во фланце в рабочих условиях

Меридиональные изгибные напряжения для плоских фланцев рассчитываются по формуле 34 [14]:

$$\sigma_{1P} = \frac{M_p}{\lambda \cdot (s_H - c)^2 \cdot D_{ПП}} = \frac{1,76 \cdot 10^7}{2,557 \cdot (8-1)^2 \cdot 600} = 204 \text{ МПа}.$$

Меридиональные изгибные напряжения в обечайке плоского фланца рассчитываются по формуле 35 [14]:

$$\sigma_{0P} = \sigma_{1P} = 204 \text{ МПа}.$$

Меридиональные мембранные напряжения в обечайке плоского фланца рассчитываются по формуле 38 [14]:

$$\sigma_{P0,mm} = \frac{Q_d}{\pi \cdot (D + s_u) \cdot (s_u - c)} = \frac{8,978 \cdot 10^4}{3,14 \cdot (600 + 8) \cdot (8-1)} = 6,267 \text{ МПа}.$$

Окружные мембранные напряжения от действия давления в обечайке плоского фланца вычисляются по формуле 39 [14]:

$$\sigma_{Pomo} = \frac{P_H \cdot D}{2 \cdot (s_u - c)} = \frac{0,261 \cdot 600}{2 \cdot (8-1)} = 11,18 \text{ МПа}.$$

Определим напряжения в тарелке плоского фланца в рабочих условиях:

- радиальное напряжение по формуле 40 [14]:

$$\sigma_{Rp} = \frac{1,33 \cdot \beta_F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_P = \frac{1,33 \cdot 0,91 \cdot 50 + 69,3}{0,971 \cdot 50^2 \cdot 69,3 \cdot 600} \cdot 1,76 \cdot 10^6 = 8,6 \text{ МПа.}$$

- окружное напряжение по формуле 41 [14]:

$$\sigma_{Tp} = \frac{\beta_Y \cdot M_P}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{Rp} = \frac{8,668 \cdot 1,76 \cdot 10^7}{50^2 \cdot 600} - 4,428 \cdot 8,6 = 63,6 \text{ МПа.}$$

Проверка условий статической прочности фланцев

При расчете с учетом стесненности температурных деформаций согласно рекомендациям [14] примем: $K_T = 1,3$.

Допускаемое значение общих мембранных и изгибных напряжений и допускаемое значение суммарных общих и местных условных упругих мембранных и изгибных напряжений рассчитываем в соответствии с п.8.10 [6].

$$\sigma_{\sigma.m} = 1,5 \cdot \sigma_{\sigma.ф} = 170,5 \cdot 1,5 = 255,7 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{\sigma.R} = 3 \cdot \sigma_{\sigma.ф} = 170,5 \cdot 3 = 511,5 \text{ МПа.}$$

Для плоских фланцев условия статической прочности вычисляются по формулам 47, 48 [14]:

- в рабочих условиях:

$$\sigma_{Pmax} = \max \begin{pmatrix} \sigma_{0p} - \sigma_{P0mm} + \sigma_{Rp} \\ \sigma_{0p} - \sigma_{P0mm} + \sigma_{Tp} \\ \sigma_{0p} + \sigma_{P0mm} \end{pmatrix} = \max \begin{pmatrix} 204 - 6,267 + 8,6 \\ 204 - 6,267 + 63,6 \\ 204 + 6,267 \end{pmatrix} = 261 \text{ МПа.}$$

- при затяжке:

$$\sigma_{3max} = \max \begin{pmatrix} \sigma_{1m} + \sigma_{Rm} \\ \sigma_{1m} + \sigma_{Tm} \end{pmatrix} = \max \begin{pmatrix} 171 + 6,3 \\ 171 + 46,6 \end{pmatrix} = 217,6 \text{ МПа.}$$

Проверка условий в рабочих условиях:

$$\sigma_{Pmax} < 1,3 \cdot \sigma_{\sigma.m} \quad 261 \text{ МПа} < 334,6 \text{ МПа.}$$

Условие выполняется

Проверка условий прочности при затяжке:

$$\sigma_{3max} < K_T \cdot \sigma_{\sigma.m} \quad 217,6 \text{ МПа} < 334,6 \text{ МПа.}$$

Условие выполняется

Проверка углов поворота фланцев

Угол поворота приварного встык фланца рассчитывается по формуле 58 [14]:

$$\Theta = M_p \cdot y_\phi \cdot \frac{E_{20}}{E} = 8,13 \cdot 10^6 \cdot 2,23 \cdot 10^{-10} \cdot \frac{1,98 \cdot 10^5}{1,94 \cdot 10^5} = 0,004 \text{ рад.}$$

Допустимый угол поворота приварного встык фланца определяем по [14] и равен $\Theta_d = 0,01$ рад.

$$\Theta < \Theta_d$$

$$0,004 < 0,01 \cdot 1,3.$$

Условие выполняется

5.7 Расчет необходимости укрепления отверстий

Так как теплообменник имеет четыре отверстия под технологические штуцера, то проверку на укрепление отверстия следует производить по самому большому отверстию. В связи с этим проведем проверку на укрепление отверстия под штуцер для входа щелочи условным диаметром 250 мм. Расчет укрепления производится по принципу компенсации изъятого отверстием металла.

На рисунке 5.6 представлена расчетная схема укрепления отверстия.

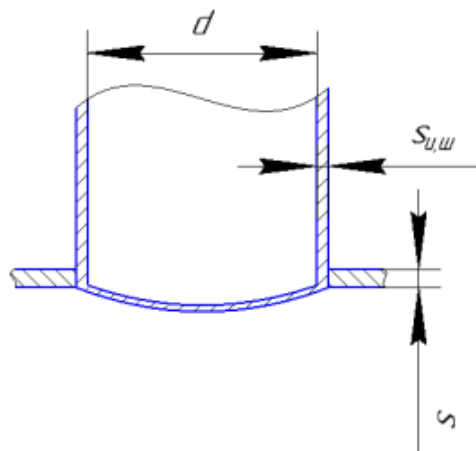


Рисунок 5.6 – Расчетная схема укрепления отверстия

Исходные данные для расчета приведены в таблице 5.7:

Таблица 5.7 – Исходные данные для расчета

Название величины	Введенное обозначение и его значение
Внутренний диаметр аппарата, мм	$D = 600$
Марка стали 16ГС	
Внутреннее расчетное давление, МПа	$P = 0,271$
Исполнительна толщина стенки обечайки, мм	$s = 8$
Прибавка к расчетной толщине стенки, мм	$c = 1$
Допускаемое напряжение, МПа	$\sigma_d = 181$
Коэффициент прочности сварных швов	$\varphi = 1$
Внутренний диаметр штуцера, мм	$d = 200$

Основной целью данного расчета является определение максимального диаметра неукрепленного отверстия и сравнение его с расчетным диаметром отверстия, если расчетное значение диаметра превышает предельный диаметр, то данное отверстия подлежит укреплению в целях компенсации возникающих напряжений в зоне отверстия.

Расчетный диаметр отверстия входа выхода щелочи:

$$d_p = d = 209 \text{ мм.}$$

Расчетная толщина стенки штуцера определяется по формуле 16 [23]:

$$s_{p.ш} = \frac{P \cdot (d + 2 \cdot c)}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_d - P} = \frac{0,271 \cdot (209 + 2 \cdot 1)}{2 \cdot 1 \cdot 181 - 0,271} = 0,158 \text{ мм.}$$

Расчетный диаметр отверстия входа пара:

$$d_p = d = 325 \text{ мм.}$$

Расчетная толщина стенки штуцера определяется по формуле 16 [23]:

$$s_{p.ш} = \frac{P \cdot (d + 2 \cdot c)}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_d - P} = \frac{0,271 \cdot (325 + 2 \cdot 1)}{2 \cdot 1 \cdot 181 - 0,271} = 0,244 \text{ мм.}$$

Расчетный диаметр отверстия выхода конденсата:

$$d_p = d = 109 \text{ мм.}$$

Расчетная толщина стенки штуцера определяется по формуле 16 [23]:

$$s_{p.ш} = \frac{P \cdot (d + 2 \cdot c)}{2 \cdot \varphi \cdot \sigma_d - P} = \frac{0,271 \cdot (109 + 2 \cdot 1)}{2 \cdot 1 \cdot 181 - 0,271} = 0,083 \text{ мм.}$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Расчетный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления при наличии избыточной толщины стенки, определяется по формуле 26 [23]:

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{s-c}{s_p} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{D \cdot (s-c)} =$$

$$= 2 \cdot \left(\frac{8-2,1}{1,661} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{600 \cdot (8-2,1)} = 327 \text{ мм.}$$

Так как диаметр предельного отверстия больше расчетного укрепления отверстий не нужно.

5.8 Поверочный расчет

Целью поверочного расчета является обеспечение механической надежности работы теплообменного аппарата по критериям:

- корпус – прочность, устойчивость;
- трубки – прочность, устойчивость и жесткость;
- трубные решетки – прочность и жесткость.

Расчет ведем в соответствии с [15].

Исходные данные для расчета представлены в таблице 5.8.

Таблица 5.8– Исходные данные для поверочного расчета

Внутренний диаметр аппарата, мм;	D = 600
Давление в трубном пространстве, МПа;	P _T = 0,279
Давление в межтрубном пространстве, МПа;	P _M = 0,261
Температура трубок, °С	t _T = 40
Температура кожуха, °С	t _K = 133,5
Толщина стенки аппарата, мм;	s ₁ = 8
Толщина стенки эллиптического днища, мм;	s ₂ = 8
Наружный диаметр трубки, мм;	d _T = 25
Толщина стенки трубки, мм;	s _T = 2
Толщина трубной решетки, мм;	s _p = 31
Количество трубок, штук;	N _{труб} = 218
Длина трубок, мм;	L = 3000
Шаг между трубками в трубной решетке, мм;	t _p = 32
Диаметр аппаратного фланца, мм;	D _H = 755
Наружный диаметр прокладки, мм;	D _п = 677
Внутренний диаметр прокладки, мм;	d _п = 645
Высота прокладки, мм;	h _п = 2
Толщина тарелки фланца, мм;	h ₁ = 50

Расчет вспомогательных величин

Внутренний радиус кожуха равен:

$$a = \frac{D}{2} = \frac{600}{2} = 300 \text{ мм.}$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Согласно [18] расстояние от оси аппарата до оси наиболее удаленной теплообменной трубки для аппарата мм равно:

$$a_1 = \frac{D_B}{2} - \frac{d_H}{2} = \frac{583}{2} - \frac{25}{2} = 279 \text{ мм.}$$

Относительная характеристика бесшовного края трубной решетки вычисляется по формуле 1 [15]:

$$m_n = \frac{a}{a_1} = \frac{300}{279} = 1,075.$$

Коэффициенты влияния давления на трубную решетку рассчитываются по формулам 2 и 3 [15]:

Со стороны межтрубного пространства:

$$\eta_M = 1 - \frac{N_T \cdot d_T^2}{4 \cdot a_1} = 1 - \frac{218 \cdot 25^2}{4 \cdot 279} = 0,562.$$

Со стороны трубного пространства:

$$\eta_T = 1 - \frac{N_T \cdot (d_T - 2 \cdot s_T)^2}{4 \cdot a_1} = 1 - \frac{218 \cdot (25 - 2 \cdot 2)^2}{4 \cdot 279} = 0,691.$$

Основные характеристики жесткости элементов теплообменного аппарата

Определим половину длины теплообменной трубки:

$$l = \frac{L}{2} = \frac{3000}{2} = 1500 \text{ мм.}$$

Модуль упругости для материала 12X18H10T при температуре 40 °С определяется по таблице В1 [7]: $E_T = 1,97 \cdot 10^5$ МПа.

Модуль упругости основания (системы труб) вычисляется по формуле 4[15]:

$$K_y = \frac{E_T (\eta_T - \eta_M)}{l} = \frac{1,97 \cdot 10^5 (0,691 - 0,562)}{1500} = 16,9 .$$

Модуль упругости для материала сталь 12X18H10T при температуре 125 °С определяется по таблице В1 [7]: $E_K = 1,87 \cdot 10^5$ МПа.

Приведенное отношение жесткости труб к жесткости кожуха вычисляют по формуле 5 [15]:

$$\rho = \frac{K_y \cdot a_1 \cdot l}{E_K \cdot s_K} = \frac{1,97 \cdot 10^5 \cdot 279 \cdot 1500}{1,97 \cdot 10^5 \cdot 8} = 4,493 .$$

Коэффициенты изменения жесткости системы трубы-кожух вычисляют по формулам 6 и 7 [15] для аппаратов с неподвижными трубными решетками:

$$K_q = 1 + K_{qq} = 1 + 0 = 1.$$

$$K_p = 1 + K_{pp} = 1 + 0 = 1.$$

Коэффициент жесткости трубной решетки определяем по приложению Б [15]:

$$\psi_0 = 0,313 \text{ МПа.}$$

Коэффициент ослабления трубной решетки определяем по приложению Б [15]:

$$\varphi_p = \frac{t - d_{\text{отв}}}{t} = \frac{32 - 25,7}{32} = 0,197.$$

Коэффициент системы кожух – решетка определяем по приложению В [15]:

$$\beta_1 = \frac{1,3}{\sqrt{a \cdot s_1}} = \frac{1,3}{\sqrt{279 \cdot 12}} = 0,027 \frac{1}{\text{мм}}.$$

Рассчитаем радиус центра тяжести тарелки фланца кожуха:

$$R_1 = \frac{D_H + D}{4} = \frac{755 + 600}{4} = 338,7 \text{ мм.}$$

Коэффициент жесткости втулки фланца кожуха при изгибе определяется по приложению В [15]:

$$K_1 = \frac{\beta_1 \cdot a \cdot E_K \cdot s_1^3}{5,5 \cdot R_1} = \frac{0,027 \cdot 300 \cdot 1,87 \cdot 10^5 \cdot 8^3}{5,5 \cdot 338,7} = 4,091 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Согласно [15] примем $B_1 = d_n$, $E_1 = E_k$, тогда коэффициент жесткости фланца при изгибе рассчитается по приложению В [15]:

$$\begin{aligned} K_{\phi 1} &= \frac{E_1 \cdot h_1^3 \cdot B_1}{12 \cdot R_1^2} + K_1 \left(1 + \frac{\beta_1 \cdot h_1}{2}\right) = \\ &= \frac{1,87 \cdot 10^5 \cdot 50^3 \cdot 645}{12 \cdot 338,7^2} + 4,091 \cdot 10^5 \left(1 + \frac{0,027 \cdot 50}{2}\right) = 2,09 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм.} \end{aligned}$$

Коэффициент системы решетка - трубы вычисляются по формуле 8 [15]:

$$\beta = \frac{1,82}{S_{TP}} \sqrt[4]{\frac{K_y \cdot S_{TP}}{\psi_0 \cdot E_T}} = \frac{1,82}{31} \sqrt[4]{\frac{16,9 \cdot 50}{0,313 \cdot 1,97 \cdot 10^5}} = 0,018 \frac{1}{\text{мм}}.$$

Безразмерный параметр системы решетка – трубы рассчитывается по формуле 10 [15]:

$$\omega = \beta \cdot a_1 = 0,018 \cdot 279 = 5,041.$$

Определение усилий в элементах теплообменного аппарата

Определим коэффициенты линейного расширения по таблице Г.1[7]:

$$\alpha_K = 17 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}},$$

$$\alpha_T = 17 \cdot 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}}.$$

Температуру сборки аппарата примем $t_0 = 20$ °С.

Коэффициент влияния давления на продольную деформацию труб рассчитывается по формуле 12 [15]:

					ФЮРА.065112.001.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		48

$$m_{CP} = 0,15 \cdot \frac{N_{TPVB} \cdot (d_H - s_T)^2}{a_1^2} = 0,15 \cdot \frac{218(25-2)^2}{279^2} = 0,222.$$

Приведенное давление вычисляют по формуле:

$$p_0 = p_{11} + p_{22} - p_{33} = 42,06 + 0,952 - 0,722 = 42 \text{ МПа},$$

где,

$$p_{11} = (\alpha_K \cdot (t_K - t_0) - \alpha_T \cdot (t_T - t_0)) \cdot K_V \cdot l = \\ = (17 \cdot 10^{-6} \cdot (133,5 - 20) - 17 \cdot 10^{-6} \cdot (40 - 20)) \cdot 16,9 \cdot 1500 = 42,06 \text{ МПа},$$

$$p_{22} = (\eta_T - 1 + m_{CP} + m_n \cdot (m_n + 0,5 \cdot \rho \cdot K_q)) \cdot p_m = \\ = (0,691 - 1 + 0,222 + 1 \cdot (1,075 + 0,5 \cdot 4,493 \cdot 1)) \cdot 0,261 = 0,955 \text{ МПа},$$

$$p_{22} = (\eta_M - 1 + m_{CP} + m_n \cdot (m_n + 0,3 \cdot \rho \cdot K_q)) \cdot p_m = \\ = (0,691 - 1 + 0,222 + 1 \cdot (1,075 + 0,5 \cdot 4,493 \cdot 1)) \cdot 0,279 = 0,724 \text{ МПа},$$

Приведенное отношение жесткости труб к жесткости фланцевого соединения рассчитывается по формуле 13 [15]:

$$\rho_1 = \frac{K_V \cdot a \cdot a_1}{\beta^2 \cdot K_\phi \cdot R_1} = \frac{16,9 \cdot 300 \cdot 279}{0,018^2 \cdot 2,09 \cdot 10^6 \cdot 338,7} = 6,127.$$

Коэффициенты, учитывающие влияние беструбного края и поддерживающие влияние труб Ф1, Ф2, Ф3, определяют по табл.1 [15]:

$$\Phi_1 = 7,71;$$

$$\Phi_2 = 5,17;$$

$$\Phi_3 = 7,44.$$

Безразмерный параметр t рассчитывается по формуле 17 [15]:

$$t = 1 + 1,4 \cdot \omega \cdot (m_n - 1) = 1 + 1,4 \cdot 5,041 \cdot (1,075 - 1) = 1,655.$$

Значения T1, T2, T3 вычисляют по формулам 14,15,16 [15]:

$$T_1 = \Phi_1 \cdot (m_n + 0,5 \cdot (1 + m_n \cdot t)(t - 1)) = \\ = 7,71 \cdot (1,075 + 0,5 \cdot (1 + 1,075 \cdot 1,655)(1,655 - 1)) = 16,$$

$$T_2 = \Phi_2 \cdot t = 5,17 \cdot 1,655 = 8,557,$$

$$T_3 = \Phi_3 \cdot t = 7,44 \cdot 1,655 = 8,426.$$

Коэффициент влияния давления на изгиб 1-го фланца рассчитывается по формуле 21 [15]:

$$m_1 = \frac{1 + 0,027 \cdot 50}{2 \cdot 0,027^2} = 1200 \text{ мм}^2.$$

Так как фланцы на кожухе одинаковые, примем $m_1 = m_2$.

Приведенное давление на фланцы рассчитывается по формуле 20 [15]:

					ФЮРА.065112.001.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		49

$$\rho_1 = \frac{K_v}{\beta \cdot K_\phi} (m_1 \cdot p_m - m_2 \cdot p_T) =$$

$$= \frac{16,9}{0,018 \cdot 2,09 \cdot 10^6} (1200 \cdot 0,279 - 1200 \cdot 0,261) = 9,678 \cdot 10^{-3} \text{ МПа.}$$

Изгибающий момент и перерезывающую силу, распределенные по краю трубной решетки, рассчитывают по формулам 18 и 19 [15]:

- изгибающий момент:

$$M_n = \left(\frac{a_1}{\beta}\right) \cdot \frac{p_1 \cdot (T_1 + \rho \cdot K_q) - p_0 \cdot T_2}{(T_1 + \rho \cdot K_q)(T_3 + \rho_1) - T_2^2} =$$

$$= \left(\frac{279}{0,018}\right) \cdot \frac{9,678 \cdot 10^{-3} \cdot (16 + 4,493 \cdot 1) - 42,3 \cdot 8,557}{(16 + 4,493 \cdot 1)(8,426 + 6,127) - 8,557^2} = -2,484 \cdot 10^4 \frac{\text{Н} \cdot \text{мм}}{\text{мм}}.$$

-перерезывающая сила:

$$Q_n = a_1 \cdot \frac{p_0 \cdot (T_3 + \rho_1) - p_1 \cdot T_2}{(T_1 + \rho \cdot K_q)(T_3 + \rho_1) - T_2^2} =$$

$$= 279 \cdot \frac{42,3 \cdot (8,426 + 6,127) - 9,678 \cdot 10^{-3} \cdot 8,557}{(16 + 4,493 \cdot 1)(8,426 + 6,127) - 8,557^2} = 521 \frac{\text{Н} \cdot \text{мм}}{\text{мм}}.$$

Изгибающий момент и перерезывающую силу, распределенные по периметру перфорированной зоны решетки, рассчитывают по формулам 23 и 24 [15]:

- изгибающий момент:

$$M_a = M_n + (a - a_1) \cdot Q_n = M_n + (a - a_1) \cdot Q_n =$$

$$= -2,484 \cdot 10^4 + (300 - 279) \cdot 521 = -13900 \frac{\text{Н} \cdot \text{мм}}{\text{мм}}.$$

- перерезывающая сила:

$$Q_a = m_n \cdot Q_n = 1,133 \cdot 525 = 590 \frac{\text{Н} \cdot \text{мм}}{\text{мм}}.$$

Осевую силу, действующую на трубы, определяют по формуле 25 [15]:

$$N_T = \frac{\pi \cdot a_1}{N_{\text{ТРУБ}}} ((\eta_M \cdot p_M - \eta_T \cdot p_T) \cdot a_1 + \Phi_1 \cdot Q_a + \Phi_2 \cdot \beta \cdot M_a) =$$

$$\frac{3,14 \cdot 279}{218} ((0,562 \cdot 0,279 - 0,609 \cdot 0,261) \cdot 279 + 7,71 \cdot 864,7 +$$

$$+ 5,17 \cdot 0,018 \cdot (-8804)) =$$

$$= 13070.$$

Зная максимальный пролет трубы между решеткой и перегородкой $l_{1R} = 1000$ мм, рассчитаем приведенную длину трубы для расчета прогиба труб и изгибающего момента, действующего на трубу:

$$l_{IP} = \frac{l_{1R}}{3} = \frac{1000}{3} = 333,3.$$

Момент инерции поперечного сечения трубы рассчитывается по формуле:

$$J_T = \frac{\pi \cdot (d_H^4 - d_{BH}^4)}{64} = \frac{\pi \cdot (25^4 - 21^4)}{64} = 9623 \text{ мм}^4.$$

Изгибающий момент, действующий на трубы, определяется по формуле 26 [15]:

$$\begin{aligned} M_T &= \frac{E_T \cdot J_T \cdot \beta}{K_y \cdot a_1 \cdot l_{IP}} (\Phi_2 \cdot Q_a + \Phi_3 \cdot \beta \cdot M_a) = \\ &= \frac{1,97 \cdot 10^5 \cdot 9623 \cdot 0,018}{16,9 \cdot 279 \cdot 333,3} (5,17 \cdot 590 + 7,44 \cdot 0,018 \cdot (-13070)) = \\ &= 25730 \text{ Н} \cdot \text{мм}. \end{aligned}$$

Расчет усилий в кожухе

- усилие, распределенное по периметру кожуха, рассчитывается по формуле 27 [15]:

$$Q_K = \frac{a}{2} \cdot p_m - Q_n = \frac{300}{2} \cdot 0,261 - 763,6 = -481,1 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}.$$

- изгибающий момент, распределенный по периметру кожуха, рассчитывается по формуле 28 [15]:

$$\begin{aligned} M_K &= \frac{K_1}{\rho \cdot K_\phi \cdot \beta} \cdot (T_2 \cdot Q_n - T_3 \cdot \beta \cdot M_n) - \frac{P_m}{2 \cdot \beta_1^2} = \\ &= \frac{4,091 \cdot 10^5}{4,493 \cdot 2,09 \cdot 10^6 \cdot 0,018} \cdot (8,557 \cdot 763,6 - 8,426 \cdot 0,018 \cdot (-24840)) - \frac{0,261}{2 \cdot 0,027^2} = \\ &= 1134 \frac{\text{Н} \cdot \text{мм}}{\text{мм}}. \end{aligned}$$

- суммарная осевая сила, действующая на кожух, определяется по формуле 29 [15]:

$$F = \pi \cdot D \cdot Q_K = 3,14 \cdot 600 \cdot (-481,1) = -9,083 \cdot 10^5 \text{ Н}.$$

Проверка устойчивости при сжатии

Допускаемое осевое сжимающее усилие [27]:

$$[F] = \frac{[F]_{II}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[F]_{II}}{[F]_E}\right)^2}} = \frac{2,24}{\sqrt{1 + \left(\frac{2,24}{342,8}\right)^2}} = 2,23 \text{ МН},.$$

где,

$$\begin{aligned} [F]_{II} &= \pi \cdot (D + s - c) \cdot (s - c) \cdot \left[\sigma_{12X18H10T}^P \right] = \\ &= 3,14 \cdot (600 + 8 - 1,1) \cdot (8 - 1,1) \cdot 169 = 2,24 \text{ МН}, \end{aligned}$$

- допускаемое осевое сжимающее усилие

из условия прочности,

$$[F]_E = \frac{\pi \cdot (D + s - c) \cdot (s - c) \cdot E}{n_v} \left(\frac{\pi}{\lambda} \right) =$$

$$= \frac{3,14 \cdot (600 + 8 - 1,1) \cdot (8 - 1,1) \cdot 1,9 \cdot 10^5}{1,1} \left(\frac{3,14}{7} \right) = 342,8 \text{ МН}$$

- допускаемое осевое

сжимающее усилие при $\frac{l}{D} < 10$,

где

$$\lambda = \frac{2,83 \cdot l_{\text{пр}}}{D + s - c} = \frac{2,83 \cdot 1500}{600 + 8 - 1,1} = 7$$

Проверяем устойчивость

$$\frac{|F|}{[F]} < 1$$

$$\frac{|-0,908|}{[2,24]} = 0,405 < 1$$

Условие соблюдается

Расчетные напряжения в элементах конструкции

Принимаем трубную решетку, сваренную во фланец. Расчетная схема приведена на рисунке 5.7.

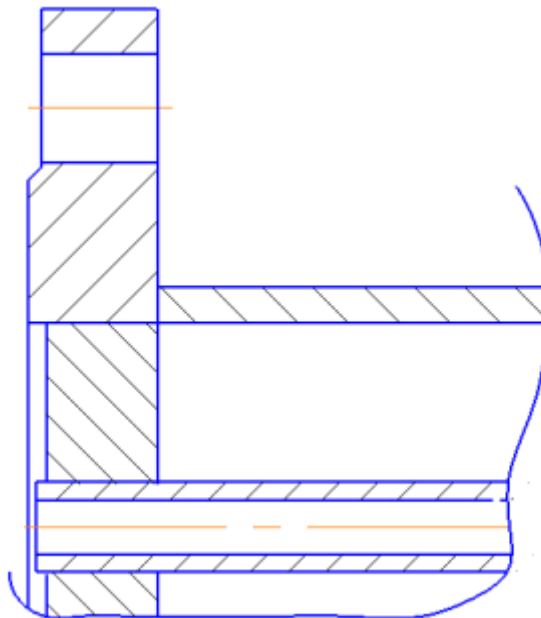


Рисунок 5.7 – Расчетная схема трубной решетки

Ширина тарелки фланца кожуха равна:

$$b_1 = \frac{D_H - D}{2} = \frac{755 - 600}{2} = 77,5 \text{ мм.}$$

Принимаем толщину решетки в зоне кольцевой канавки равной толщине трубной решетки: $s_{1p} = s_p = 31$ мм.

Напряжения в трубной решетке в месте соединения с кожухом рассчитываются по формулам 30 и 31 [15]:

- изгибные напряжения:

$$\sigma_{p1} = \frac{6 \cdot |M_n|}{(s_{1p} - c)^2} = \frac{6 \cdot |-2,484 \cdot 10^4|}{(31 - 2,1)^2} = 178,4 \text{ МПа.}$$

- касательные напряжения:

$$\tau_{p1} = \frac{|Q_n|}{(s_{1p} - c)^2} = \frac{|521|}{(31 - 2,1)^2} = 18 \text{ МПа.}$$

Коэффициент для определения максимального изгибающего момента в перфорированной части трубной решетки рассчитывается по формуле 35 [15]:

$$m_A = \frac{\beta \cdot M_a}{Q_a} = \frac{0,018 \cdot 13900}{590} = -0,426.$$

Коэффициент А определяется по приложению Г [15] в зависимости от ω и m_A :

$$A = 0,453.$$

Так как $-1 \leq m_A \leq 1$, то максимальный расчетный изгибающий момент в перфорированной части трубной решетки рассчитывается по формуле 34 [15]:

$$M_{\max} = A \frac{|Q_a|}{\beta} = 0,453 \frac{|590|}{0,018} = 14848 \frac{H \cdot \text{мм}}{\text{мм}}.$$

Проверка условия прочности на изгибающий момент:

$$\frac{|M_a|}{M_{\max}} = \frac{|-13900|}{14848} = 0,93 < 1$$

Условие прочности выполняется

Напряжения в перфорированной части трубной решетки рассчитываются по формулам 32 и 33 [15]:

- изгибные напряжения:

$$\sigma_{p2} = \frac{6 \cdot M_{\max}}{\varphi_p (s_{1p} - c)^2} = \frac{6 \cdot 12250}{0,197(31 - 2,1)^2} = 447 \text{ МПа.}$$

- касательные напряжения:

$$\tau_{p2} = \frac{|Q_a|}{\varphi_p (s_{1p} - c)} = \frac{|590|}{0,197(31 - 2,1)} = 100 \text{ МПа.}$$

Напряжения в кожухе в меридиональном направлении в месте присоединения к решетке рассчитываются по формулам 38 и 39 [15]:

- мембранные напряжения:

					ФЮРА.065112.001.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		53

$$\sigma_{Mx} = \frac{|Q_K|}{(s_1 - c)} = \frac{|-481,8|}{(8 - 2,1)} = 68,8 \text{ МПа.}$$

- изгибные напряжения:

$$\sigma_{ux} = \frac{6|M_K|}{(s_1 - c)^2} = \frac{6|6440|}{(8 - 2,1)^2} = 138 \text{ МПа.}$$

Напряжения в кожухе в окружном направлении в месте присоединения к решетке рассчитываются по формулам 40 и 41 [15]:

- мембранные напряжения:

$$\sigma_{M\phi} = \frac{|p_m| \cdot a}{(s_1 - c)} = \frac{300|0,279|}{(8 - 2,1)^2} = 11,95 \text{ МПа.}$$

- изгибные напряжения:

$$\sigma_{u\phi} = 0,3 \cdot \sigma_{ux} = 0,3 \cdot 138 = 41,4 \text{ МПа.}$$

Напряжения в трубах в осевом направлении рассчитываются по формулам 42 и 43 [15]:

$$\sigma_{1m} = \frac{|N_T|}{\pi \cdot (d_m - s_m) s_m} = \frac{|13070|}{3,14 \cdot (25 - 2)2} = 90,4 \text{ МПа.}$$

- суммарные напряжения:

$$\sigma_{2m} = \frac{(d_T - s_T) \cdot P_m}{2 \cdot s_T} = \frac{(25 - 2) \cdot 0,279}{2 \cdot 25} = 1,604 \text{ МПа.}$$

Проверка прочности трубных решеток

Допускаемое напряжение для материала решетки 12X18Н10Т при температуре 133,5 °С определяем по таблице А.3 [7]:

$$\sigma_{\text{др}} = 169 \text{ МПа.}$$

Проверка условия статической прочности трубных решеток:

$$\frac{\max(\tau_{P1}, \tau_{P2})}{0,8 \cdot \sigma_{\text{др}}} < 1.$$

$$\frac{100}{0,8 \cdot 169} = 0,73 < 1.$$

Условие прочности выполняется

По таблице 2 [15] принимаем допустимую величину прогиба трубной решетки равной [W] = 0.7 мм.

$$W = \frac{1,2}{K_v \cdot a_1} \cdot |T_1 \cdot Q_n + T_2 \cdot \beta \cdot M_n| =$$

$$\frac{1,2}{16,9 \cdot 279} \cdot |15,992 \cdot 521 + 8,557 \cdot 0,018 \cdot (-24840)| = 0,624$$

$$0,624 < 0,7$$

Проверка условия статической прочности труб:

$$\frac{\max(\sigma_{1t}, \sigma_{2t})}{\sigma_{дт}} < 1.$$

$$\frac{90,4}{169} = 0,53 < 1.$$

5.9 Расчет опор и ушек для вертикального подогревателя

Для обечайки нагруженной опорным узлом, определяют местные допускаемые усилия [F]i. В основу расчета обечаек, нагруженных несущими ушками, опорными лапами или седловыми опорами, положено предельное напряжение изгиба [σ]i, определяемое из условия достижения предельного состояния балки прямоугольного сечения, вырезаемой из обечайки.

Исходные данные для раздела представлены в таблице 5.8

Таблица 5.8 – Исходные данные для раздела

Условный диаметр подогревателя, мм	D=600
Расчетное давление в подогревателе, МПа	P=0,269
Ускорение свободного падения, м/с ²	g=9,8
Толщина стенки корпуса, мм	S=8
Рабочая температура, °С	t _p =133,5
Плотность воды, кг/м ³	1000
Плотность материал корпуса и труб (12X1810Т), кг/м ³	7920
Высота выпуклой части днища	157

Масса обечайки:

$$m_{об} = \left[\frac{\pi \cdot ((D_H^{кп})^2 - (D_B^{кп})^2)}{4} \cdot L \right] \cdot \rho_{ст16гс} =$$

$$= \left[\frac{3,14 \cdot ((0,616)^2 - (0,6)^2)}{4} \cdot 3 \right] \cdot 7920 =$$

$$= 362,8 \text{ кг.}$$

Масса трубок:

$$m_{\text{труб}} = \left[N \cdot \frac{\pi \cdot ((d_H)^2 - (d_{BH})^2)}{4} \cdot L \right] \cdot \rho_{\text{ст20}} =$$
$$= \left[218 \cdot \frac{3,14 \cdot ((0,025)^2 - (0,021)^2)}{4} \cdot 3 \right] \cdot 7920 = 748 \text{ кг.}$$

Масса трубных решеток:

$$m_{\text{РЕШ}} = 2 \cdot \frac{\pi}{4} [D_{\text{НАР}}^2 - d_n^2 \cdot N] \cdot S_{\text{ТР}} \cdot \rho_{\text{ст16ГС}} =$$
$$= 2 \cdot \frac{3,14}{4} [0,616^2 - 0,025^2 \cdot 218] \cdot 0,031 \cdot 7920 = 93,6 \text{ кг.}$$

Масса днища:

$$m_{\text{ДН}} = s \cdot F \cdot \rho_{16\text{ГС}} = 0,008 \cdot 0,45 \cdot 7920 = 28,5 \text{ кг.}$$

Масса крышки:

$$m_{\text{кр}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{НАР}}^2}{4} s \cdot \rho_{16\text{ГС}} = \frac{3,14 \cdot 0,616^2}{4} \cdot 0,008 \cdot 7920 = 18,8 \text{ кг.}$$

Общая масса аппарата составит:

$$m_{\text{АП}} = m_{\text{ДН}} + m_{\text{ОБ}} + m_{\text{ТР}} + m_{\text{РЕШ}} + m_{\text{КР}} =$$
$$= 28,5 + 362,8 + 748 + 93,6 + 18,8 = 1251 \text{ кг.}$$

Масса воды в аппарате составит:

$$m_{\text{ВОД}} = \frac{\pi}{4} \cdot D_{\text{ВН}}^2 \cdot L \cdot \rho_{\text{В}} = \frac{3,14}{4} \cdot 0,6^2 \cdot 3 \cdot 1000 = 847,8 \text{ кг.}$$

Массу вспомогательных устройств примем за 20% от массы аппарата:

$$m_{\text{В.С}} = 0,2 \cdot m_{\text{ВОД}} = 0,2 \cdot 847,8 = 169 \text{ кг.}$$

Общая нагрузка на опоры:

$$G = (m_{\text{АП}} + m_{\text{В.С}} + m_{\text{ВОД}}) \cdot g = (1251 + 847,8 + 169) \cdot 9,8 = 22224 \text{ Н.}$$

Размеры несущих ушек представлены в таблице 5.9 и на рисунке 5.8

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ФЮРА.065112.001.ПЗ

Лист

56

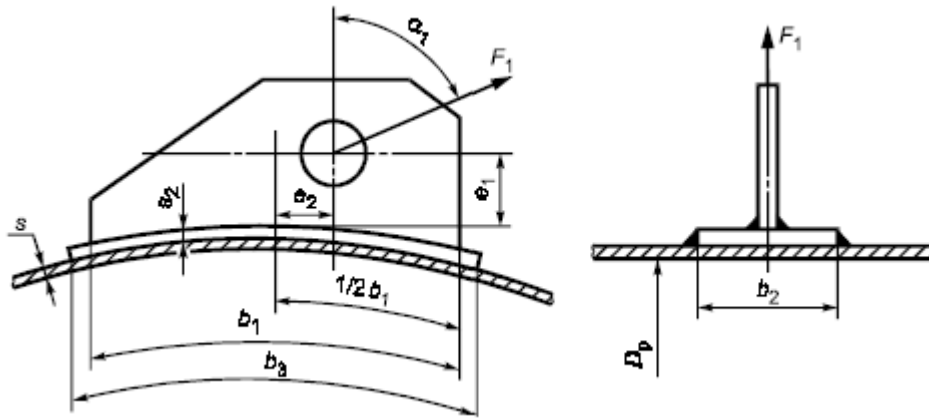


Рисунок 5.8 – Размеры несущих ушек

Таблица 5.9 – Размеры несущих ушек

Название величины	Введенное обозначение и его значение
Длина ушка	$b_0=350$ мм
Длина несущего ушка в основании, мм;	$b_1=200$ мм
Ширина подкладного листа, мм;	$b_2=150$ мм
Длина подкладного листа, мм;	$b_3=120$ мм
Расстояние между точкой приложения усилия и обечайкой или под-кладным листом, мм;	$e_1=350$ мм
Расстояние между осью отверстия и средней линией ушка, мм;	$e_2=250$ мм
Расстояние между осью эллиптического днища и серединой опорного узла, мм	$x=300$ мм
Угол между направлением усилия и вертикалью к стенке обечайки	$\alpha_1=20^0$

Расчет допускаемых напряжений:

$$\sigma'_d = 169 \text{ МПа.}$$

Так как аппарат изготавливается из листового проката, то допускаемое напряжение составит:

$$\sigma_d = \sigma'_d \cdot \eta = 169 \cdot 1 = 169 \text{ МПа.}$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Допускаемое напряжение изгиба:

$$\sigma_{II} = \frac{R_{E20}}{1,1} = 272,5 \text{ МПа.}$$

Допускаемое напряжение для стали при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ [7, таблица А3]:

$$\sigma_{20} = 181 \text{ МПа.}$$

Модуль упругости для стали при расчетной температуре:

$$E = 1,87 \cdot 10^5 \text{ МПа.}$$

Модуль упругости для стали при температуре испытания $20 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$E_{20} = 1,99 \cdot 10^5 \text{ МПа.}$$

Коэффициент прочности продольных сварных швов обечайки определяем при условии, что стыковые швы выполняются автоматической сваркой с двусторонним сплошным проваром при длине контролируемых швов 50 %, по табл. Д.1 ГОСТ 34233-2017.1

$$\varphi_p = 0,9 .$$

При ушках приваренных в продольном направлении коэффициент, представляющий отношение местных мембранных напряжений, к местным напряжением изгиба:

$$\theta_1 = 0,2 .$$

Общее окружное мембранное напряжение в цилиндрической и конической обечайках вычисляются по формуле:

$$\sigma_M = \frac{p \cdot D_p}{2 \cdot (s - c)} = \frac{0,269 \cdot 600}{2 \cdot (8 - 2,1)} = 13,7 \text{ МПа .}$$

Коэффициент, учитывающий степень нагрузки общими мембранными напряжениями в рабочих условиях:

$$K_2 = 1,25 .$$

$$\theta_2 = \frac{\sigma_M}{K_2 \cdot \sigma_d \cdot \varphi_p} = \frac{13,7}{1,25 \cdot 169 \cdot 0,9} = 0,072 .$$

$$K_1 = \frac{1 - \theta_2^2}{\left(\frac{1}{3} + \theta_2 \cdot \theta_1\right) + \sqrt{\left(\frac{1}{3} + \theta_2 \cdot \theta_1\right)^2 + (1 - \theta_2^2) \cdot \theta_1}} =$$
$$= \frac{1 - 0,072^2}{\left(\frac{1}{3} + 0,072 \cdot 0,2\right) + \sqrt{\left(\frac{1}{3} + 0,072 \cdot 0,2\right)^2 + (1 - 0,072^2) \cdot 0,2}} = 1,33 .$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Предельное напряжение изгиба вычисляют по формуле, которая ограничивает местные напряжения изгиба в зависимости от местных мембранных напряжений и степени нагрузки общими мембранными напряжениями:

$$\sigma_{ИЗГИБА} = K_1 \cdot K_2 \cdot \sigma_D = 1,25 \cdot 1,33 \cdot 169 = 281 \text{ МПа}.$$

Несущие ушки

Усилие F_1 действующие на несущее ушко, определяют по специальным методам расчета. Для симметричного сосуда, закрепленного на двух симметрично расположенных несущих ушках, вычисляют по формуле:

$$F_1 = \frac{G_{АП}}{2 \cdot \cos(\alpha_1)} = \frac{22224}{2 \cdot \cos(20)} = 11830 \text{ Н}.$$

Проверка несущей способности обечайки, не подкреплённой элементами жесткости.

Коэффициенты K_3 и K_4 определяют по графикам, приведённых на рисунках 5 и 6.

$$\frac{b_0}{D} = \frac{350}{600} = 0,583,$$

$$\frac{D_p}{2 \cdot (s-c)} = \frac{600}{2 \cdot (8-2,1)} = 50,847.$$

$$K_3 = 0,03 \quad K_4 = 0,08$$

Несущая способность обечайки в месте приварки несущего ушка.

$$x' = \frac{2 \cdot 50}{600} = 0,167, \quad z' = \frac{D_p}{2 \cdot (s-c)} = \frac{600}{2 \cdot (8-2,1)} = 50,847,$$

$$K_5 = \min(e^{1,0082-1,421 \cdot x' + 0,2654 \cdot \ln(z') + 1,11 \cdot \ln(x')} + 1, 2) =$$

$$= \min(e^{1,0082-1,421 \cdot 0,167 + 0,2654 \cdot \ln(50,847) + 1,11 \cdot \ln(0,167)} + 1, 2) = 1,91.$$

Усилие, действующее на ушко с подкладным листом:

$$F = \frac{K_5 \cdot \sigma_{ИЗГИБА} \cdot (s-c)^2}{|6 \cdot K_3 \cdot \cos(\alpha_1)| + \frac{l_2 \cdot (e_1 + e_2)}{b_3} \cdot K_4 \cdot \left| \sin(\alpha_1) - \frac{e_2 \cdot \cos(\alpha_1)}{e_1 + e_2} \right|} =$$

$$= \frac{1,91 \cdot 281 \cdot (8-2,1)^2}{|6 \cdot 0,03 \cdot \cos(20)| + \frac{12 \cdot (350 + 250)}{120} \cdot 0,08 \cdot \left| \sin(20) - \frac{250 \cdot \cos(20)}{350 + 250} \right|} = 45870 \text{ Н}.$$

способность обечайки в месте приварки несущего ушка, должна удовлетворять условию согласно п. 5.4 ГОСТ 34233.5 - 2017 :

$$F_1 < F$$

$$5531 < 45870.$$

Условие выполняется

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Опорные лапы

Опорные лапы для вертикальных аппаратов состоят из двух вертикальных косынок и горизонтального основания.

Опорные лапы изготавливают двух типов: тип 1 предназначен для аппаратов без теплоизоляции; тип 2 (с увеличенным вылетом) предназначен для аппаратов с теплоизоляцией.

Приваривают опоры непосредственно к корпусу теплообменника или к накладному листу прямоугольной формы для обеспечения жесткости корпуса в месте присоединения опоры.

Число опорных лап составляет:

– 2 штуки при $D < 600$ мм, а также при диаметре кожуха 600 или 800 мм и длине трубок не более 2000 мм;

– 4 штуки при диаметре 600 или 800 мм и длине трубок более 2000 мм, а также при диаметре 1000 или 1200 мм и любой длине трубок.

Для подбора опор необходимо определить максимальную массу аппарата, достигаемую при полном заполнении аппарата, которое происходит при гидроиспытаниях водой с плотностью 1000 кг/м³.

Исходные данные для расчета приведены в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Исходные данные для расчета

Название величины	Введенное обозначение и его значение
ширина подкладного листа, мм	$b_3=310$ мм
ширина основной плиты опорной лапы, мм	$b_4=115$ мм
расстояние между средними линиями ребер, мм	$g=90$ мм
высота опорной лапы, мм	$h_1=235$ мм
длина опорной лапы, мм	$l_1=195$ мм

Общий вид опор представлен на рисунке 5.8

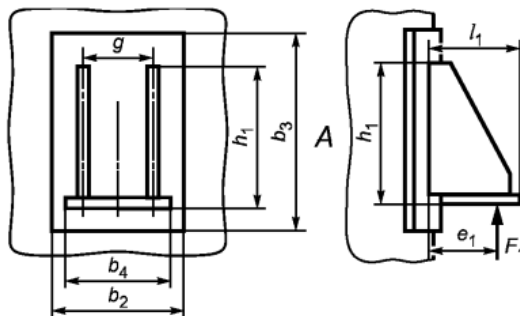


Рисунок 5.8 – Размеры опорных лап

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Выбираем опору по ОСТ 26-665-79, 2 го типа с нагрузкой до 10 кН

Выбираем подкладной лист 1-1000-8 ОСТ 26-665-79

Расчет усилия

Определим значение e'_1 :

$$e'_1 = \frac{5}{6}l_1 = \frac{5}{6}195 = 162,5 \text{ мм.}$$

Так как на подогреватель ставится 4 опоры, то опорное усилие на одну опору составит:

$$F' = \frac{G_{\text{АП}}}{4} = \frac{22224}{4} = 5556 \text{ Н.}$$

Проверка несущей способности обечайки

Значение коэффициентов K_7 , K_8

$K_7=0,619$ $K_8=0,516$

$$F_{\text{доп}} = \frac{\sigma_{\text{ИЗГИБА}} \cdot b_3 \cdot (s - c)^2}{K_8(e'_1 + s)} = \frac{281 \cdot 120 \cdot (8 - 2,1)^2}{0,516(162,5 + 8)} = 13320 \text{ Н.}$$

Проверим условие устойчивости:

$$F' < F_{\text{доп}} \cdot \left(0,5 + \frac{g}{h_1}\right),$$

$$5556 < 13320 \cdot \left(0,5 + \frac{90}{235}\right),$$

$$5556 \text{ Н} < 11770 \text{ Н.}$$

Условие выполняется.

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-4Г61	Актанов Илья Святославович

Инженерная школа энергетики		Научно-образовательный центр Н.М Кижнера	
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	18.03.01 «Химическая технология»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Должностной оклад инженера 21760 руб Должностной оклад руководителя 30140 руб
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизации основных фондов 33,3% Районный коэффициент 1,3
3. Социальные отчисления	Социальные отчисления 30% от ФЗП

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений;
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование работ; Разработка диаграммы Ганта; Формирование сметы затрат на исследование.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Описание потенциального эффекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценочная карта для сравнения производителей котлоагрегатов с учетом корректировки
2. Диаграмма Ганта проведения исследования
3. Бюджет затрат на исследование

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	24.04.2021
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	Кандидат экономических наук, доцент		24.04.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Г61	Актанов Илья Святославович		24.04.21

6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Утилизация вторичных энергоресурсов, образующихся при осуществлении технологических процессов, имеет важное значение. Рациональное использование вторичных энергоресурсов снижает эксплуатационные затраты на топливо и уменьшает загрязнение окружающей среды.

Передача тепла осуществляется за счет контакта нагреваемой системы через стенку аппарата с теплоносителем, обладающим высоким теплосодержанием или при непосредственном контакте с нагреваемым материалом. Теплоноситель – вещество или система веществ, используемые в качестве среды для нагревания. В качестве теплоносителей для средне- и низкотемпературных процессов в химической промышленности применяются горячий воздух, горячая вода, насыщенный и перегретый водяной пар, топочные газы, высококипящие органические соединения, твердые зернистые материалы (обычно зерна катализатора).

Теплообменные процессы, широко используемые при различных способах утилизации отходов, реализуются с помощью аппаратов, выполняющих функции нагревателей, охладителей, кипятильников, испарителей, конденсаторов и т.п. Теплообменные процессы лежат в основе работы ректификационных, сорбционно- десорбционных, выпарных, экстракционных и других установок.

В данной работе проводится проектирование теплообменника для нагрева воды.

Цель данной работы – проектирование проточного теплообменного аппарата для нагревания раствора гидроксида натрия в зимнее время на предприятии ФКП «Анозит», расположенный в г. Куйбышев Новосибирской области. Для достижения цели необходимо выполнить следующие задачи: анализ конкурентоспособности типов теплообменников, планирование работ в рамках разрабатываемого проекта, а также расчет бюджета проекта.

					ФЮРА.065112.001.ПЗ			
<i>Ли</i>	<i>Изм.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	Финансовый менеджмент	<i>Лит</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		<i>Актанов И.С</i>					63	94
<i>Пров.</i>		<i>Тихонов В.В</i>						
<i>Консульт</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Рук ООП</i>								
						НОЦ им Н.А Кижнера Гр 3-4Г61		

6.1 Анализ конкурентных технических решений

Чтобы выбрать тип проектируемого теплообменника, нужно сравнить несколько различных типов по конкурируемым показателям. В качестве выбора типов теплообменника будут использованы: кожухотрубчатый, змеевиковый, теплообменник, теплообменник с оребренными трубами, пластинчатый теплообменник.

Таблица 6.1- Оценочная карта для сравнения конкурентных особенностей типов теплообменника

Тип теплообменника	Эффективность	Ремнт.приг.	Качество материала	Простота обслуживания	Цена	Надёжность	Сумма
Кожухотрубчатый	9	9	9	8	9	9	53
Змеевиковый теплообменник	7	5	7	7	9	7	42
Теплообменник с оребренными трубами	9	4	9	3	7	6	38
Пластинчатый теплообменник	9	6	7	9	9	9	49
Важность (b_i)	5	5	5	4	3	5	27
Вес (W_i)	0,185	0,185	0,185	0,148	0,111	0,185	1

Таблица 6.2- Оценочная карта для сравнения конкурентных особенностей типов теплообменника с учетом корректировки

Производитель	Эффективность	Ремнт.приг.	Качество материала	Экологичность	Цена	Надёжность	Сумма
Кожухотрубчатый	1,67	1,67	1,67	1,19	1,00	1,67	8,85
Змеевиковый теплообменник	1,30	0,93	1,30	1,04	1,00	1,30	6,85
Теплообменник с оребренными трубами	1,67	0,74	1,67	0,44	0,78	1,11	6,41
Пластинчатый теплообменник	1,67	1,11	1,30	1,33	1,00	1,67	8,07

Анализ по оценочной карте показал, что из всех типов теплообменников лучше всего подойдут пластинчатый и кожухотрубчатый с прямыми трубками. Основные достоинства пластинчатых теплообменников: высокая интенсивность теплопередачи, малая удельная материалоемкость. В то же время трудоемкость разборки, очистки, ремонта, сборки этих аппаратов высокая. Стоимость их эксплуатации повышается за счет большого количества прокладок, требующих регулярных профилактики и замены. Кожухотрубчатые теплообменники являются наиболее распространенными среди трубчатых. При относительной простоте конструкции они обладают достаточно большой удельной поверхностью теплообмена и отличной ремонтпригодностью. Поэтому выбран кожухотрубчатый теплообменник.

6.2 Планирование научно-исследовательских работ

Все этапы разработки должны быть упорядочены во времени. Необходимо определить последовательность работ, являющуюся наиболее рациональной с точки зрения минимальных затрат времени на осуществление всего комплекса работ.

Планирование работы заключается в следующем: составление перечня работ, необходимых для достижения поставленной задачи; определение участников работы; установление продолжительности работы в рабочих днях; построение линейного или сетевого графика и его оптимизации [19].

Для реализации работы над НИР вся работа должна быть поделена на временные отрезки. Должна быть осуществлена примерная оценка максимального времени работы над задачей и минимальное время.

Для небольших работ целесообразно применять линейный график. Для определения ожидаемого значения продолжительности работы применяют формулу, основанную на использовании двух оценок:

$$t_{ож} = \frac{(3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max})}{5},$$

где t_{\min} - время, необходимое для выполнения работы при неблагоприятных условиях;

t_{\max} - время, необходимое для выполнения работы при благоприятных условиях.

Пример для постановки задачи:

$$t_{ож} = \frac{(3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max})}{5} = \frac{(3 \cdot 1 + 2 \cdot 1)}{5} = 1 \quad (6.1)$$

Коэффициент календарности определяется (для шестидневной рабочей недели) по следующей формуле

$$K_{КАЛ} = \frac{T_{КАЛ}}{(T_{КАЛ} - T_{ВЫХ} - T_{ПР})} = \frac{365}{(365 - 66)} = 1,22$$

Перечень работ, исполнители, а также оценка трудоемкости отдельных видов работ приводится в таблице 6.3.

Таблица 6.3 - Трудоемкость работ

Наименование работы	Исполнители работы	Трудоемкость работ,			Длительность работ, дни	
		tmin	tmax	тож	Тр	Тк
Составление и получение задания	Научный руководитель	1	1	1	1	1
	Инженер	1	1	1	1	1
Обзор и анализ литературы по теме	Инженер	3	7	5	5	6
Выбор теплообменника по ТУ	Инженер	5	16	9	9	11
Расчет допускаемых напряжений материала	Инженер	5	12	8	8	10
Расчет фланцев	Инженер	5	8	6	6	7
Расчет трубной доски	Научный руководитель	2	3	2	2	2
	Инженер	3	13	7	7	9
Поверочный расчет	Инженер	7	12	9	9	11
Доработка проекта	Инженер	5	10	7	7	9
Обработка результатов	Инженер	5	12	8	8	10
Анализ результатов	Инженер	7	15	10	10	12
	Научный руководитель	3	5	4	4	5

Оформление результатов расчета	Инженер	5	8	6	6	7
Итого:	Итого:	57	123	83	83	101

Для иллюстрации плана графика работ по исследованию построим диаграмму Ганта

Диаграмма Ганта проекта представлена на рисунке 6.1

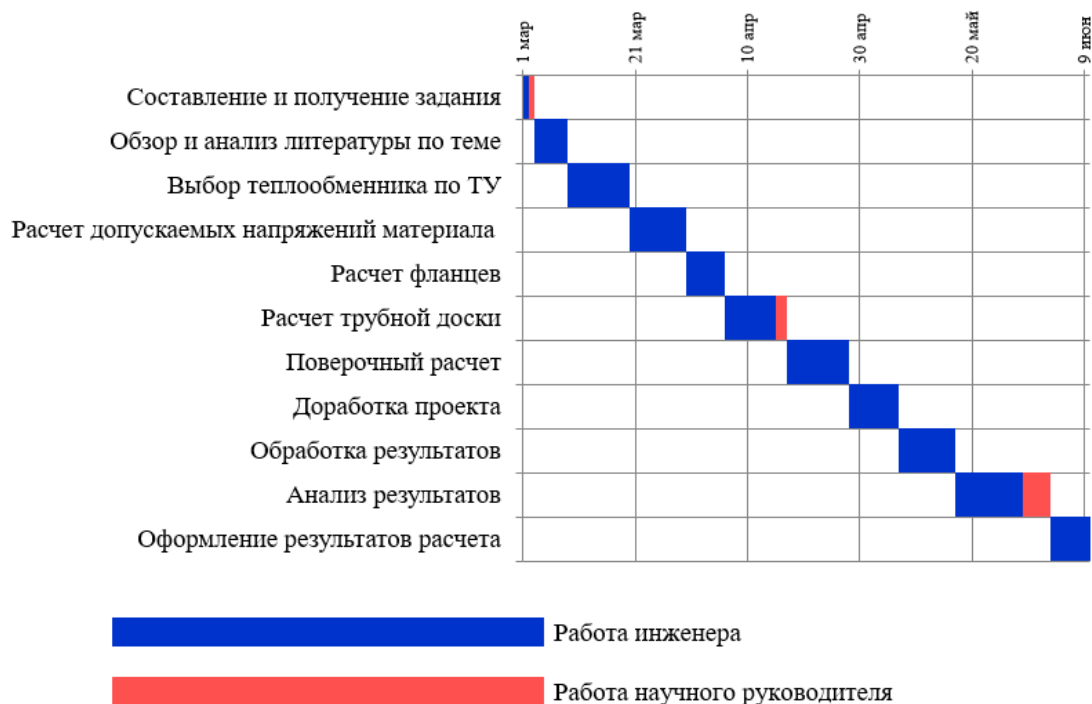


Рисунок 6.1- Диаграмма Ганта исследовани

Из диаграммы Ганта видно, что общее время работы над исследованием занимает 101 календарный день, а само исследование поделено на 12 задач. При получении задания 1.03.2021 инженер выполнит полностью исследование к 10.06.2021.

6.3 Бюджет научно-технического исследования

6.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Для написания ВКР были приобретены бумага и канцелярские товары.

Стоимость всей канцелярии составляет 4300 рублей.

6.3.2 Амортизация основных средств

При выполнении исследования использовался компьютер поэтому в затратах на исследование необходимо учесть его амортизацию за время использования. Расчет амортизации ведем линейным способом.

Первоначальная стоимость ПК 50000 рублей;

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

ФЮРА.065112.001.ПЗ

Лист

67

Срок полезного использования для машин офисных код 330.28.23.23 составляет 2-3 года.
Тогда норма амортизации составит:

$$A_n = \frac{1}{n} \cdot 100\% = 33,3\% \quad (6.2)$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$I_{AM}^{ОСН} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ.ГОД}} \cdot A_n \cdot C_{КОМП} = \frac{101}{365} \cdot 0,333 \cdot 60000 = 5527,8 \text{ руб.} \quad (6.3)$$

Где,

$T_{КАЛ} = 101$ день -число календарных дней работы над исследованием.

$T_{КАЛ.ГОД} = 365$ - действительный годовой фонд календарного времени.

6.3.3 Расчет основной заработной платы исполнителей темы

Расчет заработной платы производится на основании перечня работ и трудоемкости работ. Баланс рабочего времени для 6 дневной рабочей недели представлен в таблице 6.4. Расчет зарплаты представлен в таблице 6.5.

Таблица 4.4- Баланс рабочего времени (для 6-дневной недели)

Показатели рабочего времени	Дни
Календарные дни	365
Нерабочие дни (праздники/выходные)	66
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	56
Действительный годовой фонд рабочего времени	243

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (для инженера)

$$Z_{ДН} = \frac{Z_{М(ИНЖЕНЕР)} \cdot М}{F_{Д}} = \frac{21760 \cdot 10,4}{243} = 931,3 \text{ руб.} \quad (6.3)$$

Где,

$Z_{М(ИНЖЕНЕР)} = 21760$ руб. оклад инженера;

$М = 10,4$ мес – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

$F_{Д} = 243$ дня- годовой фонд рабочего времени;

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{ДН} = \frac{Z_{М(РУКОВОДИТЕЛЬ)} \cdot М}{F_{Д}} = \frac{30140 \cdot 10,4}{243} = 1290 \text{ руб.} \quad (6.4)$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

Где,

$Z_{\text{М(РУКОВОДИТЕЛЬ)}} = 30140$ руб. – оклад руководителя (для доцента);

Затраты на заработную плату:

$$Z_{\text{П}} = Z_{\text{ОСН}} + Z_{\text{ДОП}}$$

$Z_{\text{ОСН}}$ – основная заработная плата, руб.

$Z_{\text{ДОП}}$ – дополнительная заработная плата, руб.

Заработная плата основная:

$$Z_{\text{ОСН}} = Z_{\text{ДН}} \cdot T_{\text{Р}} \cdot (1 + K_{\text{ПР}} + K_{\text{Д}}) \cdot K_{\text{Р}}$$

$Z_{\text{ДН}}$ – среднедневная заработная плата, руб.

$K_{\text{ПР}}$ – премиальный коэффициент (0,3- 0);

$K_{\text{Д}}$ – коэффициент доплат и надбавок (0,2-0,5);

$K_{\text{Р}}$ – районный коэффициент (для Томска 1,3);

$K_{\text{Р}}$ – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дни

Таблица 6.5 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Здн, руб.	Кпр	Кд	Кр	Тр	Зосн
Инженер	931,3	0,1	0,2	1,3	76	119615,2
Научный руководитель	1290,0	0,3	0,3	1,3	7	18782,4
Итого:						138397,6

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

$$Z_{\text{ДОП}} = 0,1 \cdot Z_{\text{ОСН}} = 0,1 \cdot 138397,6 = 13839,7 \text{ руб.} \quad (6.5)$$

Затраты на заработную плату

$$Z_{\text{П}} = Z_{\text{ОСН}} + Z_{\text{ДОП}} = 138397,6 + 13839,7 = 152237,3 \text{ руб.} \quad (6.6)$$

6.3.4 Страховые отчисления

Данная статья отражает обязательные отчисления по установленным законодательным нормам органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования.

Затраты на социальные нужды рассчитываются как доля (30%) от затрат на оплату труда:

$$I_{\text{СОЦ}} = 0,3 \cdot Z_{\text{П}} = 0,3 \cdot 152237,3 = 45671,2 \text{ руб.} \quad (6.7)$$

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

ФЮРА.065112.001.ПЗ

Лист

69

6.3.5 Накладные расходы

При выполнении данного исследования учитывают прочие затраты, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$\begin{aligned} I_{\text{НАК}} &= 0,16 \cdot (I_{\text{МАТ}} + Z_{\text{П}} + I_{\text{СОЦ}} + I_{\text{АМ}}) = \\ &= 0,16 \cdot (4300 + 152237,3 + 45671,2 + 5528,7) = 33238 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (6.8)$$

Смета затрат на исследование представлена в таблице 6.6

Таблица 6.6- Смета затрат на исследование

Наименование	Сумма, руб.	Удельный вес, %
Материальные затраты	4300,0	1,78%
Амортизация основных средств	5528,7	2,29%
Затраты на дополнительную заработную плату	13839,8	5,74%
Накладные расходы	33238,0	13,79%
Страховые взносы	45671,2	18,95%
Затраты на основную заработную плату	138397,6	57,43%
Общий бюджет	240975,2	100,00%

В ходе планирования работы выявлено, что общая работа над проектом займет 101 календарный день из них 83 рабочих, из которых 76 дней работал инженер и 7 дней работал руководитель. Общий бюджет проектирования составил 240975,2 руб.

6.4 SWOT анализ

SWOT представляет собой комплексный анализ инженерного проекта.

Проект подразумевает проектирование воздушного охладителя. Поэтому SWOT анализ даст четкое представление необходимости в проектировании предприятию. Матрица SWOT представлена в таблице 6.7.

Таблица 6.7 – матрица SWOT

<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Данная конструкция хорошо зарекомендовала себя на предприятиях химической промышленности</p> <p>С2. Возможность установки вертикально за счет опорных лап</p> <p>С3. Простота эксплуатации и ремонта</p> <p>С4. Есть уже готовые теплообменники</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Применение щелочи в качестве теплоносителя, что скажется на его ресурсе работы</p> <p>Сл2. Не рассмотрены варианты из других материалов</p> <p>Сл3. Долгий ввод в эксплуатацию из-за его центровки относительно опор</p> <p>Сл4. Дополнительные затраты при установке подогревателя вертикально</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование готовой цифровой модели проектирования теплообменников ТПУ</p> <p>В2. Возможность улучшить современные теплообменники</p> <p>В3. Возможность создания собственной базы теплообменников из различных материалов</p> <p>В4. Сокращение издержек при изготовлении теплообменника на базе предприятия</p>	<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие данных о возможных проблемах в устойчивости в вертикальном положении</p> <p>У2. Возможна погрешность в расчетах опорных лап</p> <p>У3. Ограничения со стороны получения разрешительных документов Ростехнадзора</p>

После построения матрицы SWOT необходимо выявить соответствие слабых и сильных сторон проекта внешним условиям.

Поэтому на данном этапе нужно построить интерактивную матрицу проекта. Она поможет разобраться с различными комбинациями. Интерактивные матрицы проекта представлены в таблицах 6.8-6.11

Таблица 6.8- Интерактивная матрица проекта Силы- возможности

		C1	C2	C3	C4
Возможности проекта	B1	+	+	+	+
	B2	+	+	-	+
	B3	-	-	-	+
	B4	+	+	-	0

Таблица 6.9- Интерактивная матрица проекта Слабые стороны- возможности

Слабые стороны проекта					
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
Возможности проекта	B1	-	-	-	+
	B2	-	-	-	0
	B3	-	-	-	+

	В4	-	-	-	-
--	----	---	---	---	---

Таблица 6.10- Интерактивная матрица проекта Силы- угрозы

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4
	У1	-	-	-	-
	У2	+	+	-	-
	У3	+	-	-	-

Таблица 6.11- Интерактивная матрица проекта Слабые стороны- угрозы

Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	-	+	+
	У2	-	-	-	-
	У3	-	-	-	-

Итоговая матрица SWOT-анализа приведена в таблице 6.12

Таблица 6.12-Итоговая матрица SWOT анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Данная конструкция хорошо зарекомендовала себя на предприятиях химической промышленности С2. Возможность установки вертикально за счет опорных лап С3. Простота эксплуатации и ремонта С4. Есть уже готовые теплообменники</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Применение щелочи в качестве теплоносителя, что скажется на его ресурсе работы Сл2. Не рассмотрены варианты из других материалов Сл3. Долгий ввод в эксплуатацию из-за его центровки относительно опор Сл4. Дополнительные затраты при установке подогревателя вертикально</p>
<p>Возможности: В1. Использование готовой цифровой модели проектирования теплообменников ТПУ В2. Возможность улучшить современные теплообменники В3. Возможность создания собственной базы теплообменников из различных материалов В4. Сокращение издержек при изготовлении теплообменника на базе предприятия</p>	<p>Завод при проектировании и внедрении может использовать результаты исследования. Так как используется методика ТПУ, то проектирование нового теплообменника займет немного времени. Конструкция теплообменника довольно простая.</p>	<p>Для щелочи по ГОСТу применяют специальные материалы, которые не подвержены агрессивной среде(исполнение М10). Другие материалы более дорогостоящие при том же ресурсе. Центровка проводится с помощью специального оборудования</p>
<p>Угрозы: У1. Отсутствие данных о возможных проблемах в устойчивости в вертикальном положении У2. Возможна погрешность в расчетах опорных лап У3. Ограничения со стороны получения разрешительных документов Ростехнадзора</p>	<p>Конструкции кожухотрубчатых теплообменников давно эксплуатируются в России. Поэтому как таковых проблем не возникнет. Расчеты сделаны таким образом, что в случае нестыковки легко переделываются.</p>	<p>Проблемы лицензирования решаются, путем четкого следования стандартам и гостам. Даже если что-то пойдет не так, это легко корректируется.</p>

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

В результате выполнения SWOT-анализа можно сделать вывод о том, что проект имеет следующие преимущества: проверенная опытом эксплуатация, уровень ремонтпригодности его очень высок. Несмотря на преимущества, есть и слабые стороны проекта: возможные проблемы в обслуживании, дополнительные капиталовложения. Слабые стороны можно решить повышением квалификации персонала.

Выводы по разделу.

1. При оценке коммерческого потенциала и научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения были установлены потенциальные потребители результатов исследования, коими являются: кафедра химической технологии
2. При анализе конкурентных технических решений теплообменников был выбран кожухотрубчатый теплообменник. Главными критериями выбора были эффективность и ремонтпригодность. Также теплообменники этой фирмы просты в обслуживании за счет удобной компоновки трубного пучка.
3. Общее время работы над исследованием занимает 101 календарный день, а само исследование поделено на 12 задач. При получении задания 1.03.2021 инженер выполнит полностью исследование к 10.06.2021.
4. При планировании бюджета НТИ обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением, что составило 239674,3 руб.
5. Амортизационные отчисления составили 5528,7 руб. ПК: первоначальная стоимость 60000 рублей; срок полезного использования для машин офисных код 330.28.23.23 составляет 2-3 года, берем 3 года;
6. Расходы по заработной плате определены по трудоемкости выполняемой работы и действующей системы окладов и тарифных ставок и составили: заработная плата руководителя -18782,4 руб., заработная плата инженера 119615,2 руб.
7. Большую долю всех затрат из бюджета научно-технического исследования составляют заработные платы инженера и руководителя. Накладные расходы составили- 33238 руб. и отчисления во внебюджетные фонды- 45671,2 руб.
8. В результате SWOT анализа было определено, что в результате проектирования теплообменника, сократятся технологические издержки.

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ФЮРА.065112.001.ПЗ

Лист

74

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-4Г61	Актанов Илья Святославович

Школа	Инженерная школа новых производственных технологий	Отделение (НОЦ)	Отделение Н.М. Кижнера
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 «Химическая технология»

Тема ВКР:

Проектирование теплообменного аппарата подогрева гидроксида натрия	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<p>Объект исследования: теплообменник</p> <p>Область: химическая, промышленность</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Трудовой кодекс Российской Федерации N 197-ФЗ – Федеральный закон "О специальной оценке условий труда" N 426-ФЗ – ГОСТ 12.2.003-78 «Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие

	<p>эргономические требования»;</p> <ul style="list-style-type: none"> – ГОСТ 12.2.049-80 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие эргономические требования»
<p>2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Повышенный уровень шума; – Использование вредных хим.веществ; – Отсутствие или недостаток естественного света; – Повышенный уровень вибрации; – Работа с оборудованием под давлением; <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Электробезопасность – Пожаробезопасность
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Сильное воздействие на окружающую среду отсутствует, но возможны выбросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – В атмосферу, пары и газы; – В гидросферы, остатки охлаждающей жидкости и жидкости. – В литосферу , отходы образовавшиеся при поломке оборудования;
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Возможные ЧС: пожары, взрывы, обрушение здания, замыкание электросистемы Наиболее типичная ЧС: пожар</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	
<p>24.04.2021</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень,	Подпись	Дата

		звание		
Старший преподаватель	Скачкова Лариса Александровна	-		24.04.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-4Г61	Актанов Илья Святославович		24.04.2021

7 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

В последние годы все большее значение приобретают требования мирового сообщества и практически всех государств к социальной стороне деятельности организаций. Это в равной мере относится к организациям всех типов, размеров и форм собственности вне зависимости от их географического размещения, сферы деятельности, культурных и национальных традиций.

Возникло и прочно утвердилось понятие о социальной ответственности организаций, которая в общем случае включает производство продукции и оказание услуг надлежащего качества, удовлетворение интересов потребителей, соблюдение прав персонала на труд, выполнение требований к безопасности и гигиене труда, к промышленной безопасности и охране окружающей среды, ресурсосбережению, участие в социальных мероприятиях и поддержке инициатив местного сообщества, добросовестное ведение бизнеса.

В результате многие организации стремятся представить органам власти, контрольным и надзорным органам, общественности и средствам массовой информации документальные свидетельства своего ответственного отношения к социальной стороне собственной деятельности.

Как известно, самым весомым свидетельством выполнения каких-либо требований в интересующей общество области деятельности принято рассматривать соблюдение стандартов, действующих в этой области, особенно, если оно подтверждено через сертификацию.

Объектом рассмотрения раздела является теплообменник подогрева гидроксида натрия

					ФЮРА.065112.001.ПЗ			
<i>Ли</i>	<i>Изм.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	Социальная ответственность	<i>Лит</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>	<i>Актанов И.С</i>						78	94
<i>Пров.</i>	<i>Тихонов В.В</i>							
<i>Консульт.</i>								
<i>Н. контр.</i>								
<i>Рук ООП</i>								
						НОЦ им Н.А Кижнера Гр 3-4Г61		

Задачи раздела социальная ответственность

Целью данного раздела является выявление и анализ опасных и вредных факторов, имеющих место на объекте, а также разработка мер по уменьшению воздействия опасных и вредных факторов на работающий персонал.

Для обеспечения безопасной эксплуатации производства, исключения возможности возникновения взрывов, пожаров, отравлений, травм, ожогов, а также для обеспечения нормальных санитарно-гигиенических условий труда работающих необходимо выполнение следующих требований промышленной безопасности:

- Регулирование технологического процесса производить согласно требованиям регламента и инструкции по охране труда;
- Каждый работающий обязан знать свойства применяемого сырья, материалов, полупродуктов и готовой продукции, действия на организм человека и правила работы с ними;
- Все аппараты, работающие под избыточным давлением более 0,7 кгс/см² (0,07 МПа), на которые распространяются правила Госгортехнадзора должны иметь исправные предохранительные устройства;
- Обнаруженные неплотности трубопроводов, арматуры и аппаратов устранять только после сброса давления, освобождения их от продукта, продувки азотом, и по возможности промывки и пропарки;
- Обеспечить работу общеобменной вентиляции и предусмотренных местных отсосов;
- Технологическое оборудование должно быть оснащено системами автоматического регулирования, аварийной сигнализацией и блокировками в целях предупреждения аварийных ситуаций;
- Все оборудование и трубопроводы должны быть заземлены;
- Курение и прием пищи производить только в специально отведенных местах;
- Обеспечение необходимыми средствами пожаротушения и содержание их в исправном состоянии.

7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В данном подразделе рассматриваются специальные нормы трудового законодательства при проектировании и работы с теплообменником, а также организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

7.1.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Согласно Федеральному закону №426-ФЗ от 28 декабря 2013 года, работы с проектируемым теплообменником относятся к категории: Допустимыми условиями труда (2 класс), при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, уровни воздействия которых не превышают уровни, установленные нормативами (гигиеническими нормативами) условий труда, а измененное функциональное состояние организма работника восстанавливается во время регламентированного отдыха или к началу следующего рабочего дня (смены).

В соответствии Трудового кодекса РФ (ТК РФ) статьи 92, продолжительность рабочего времени для работников, условия труда на рабочих местах которых по результатам специальной оценки условий труда отнесены к допустимым, - не более 40 часов в неделю.

Все рабочие и служащие, поступающие на работу, подлежат предварительному медицинскому освидетельствованию, а также периодическому медицинскому осмотру (статья 213 ТК РФ). Работники, осуществляющие отдельные виды деятельности, в том числе связанной с источниками повышенной опасности (с влиянием вредных веществ и неблагоприятных производственных факторов), а также работающие в условиях повышенной опасности, проходят обязательное психиатрическое освидетельствование не реже одного раза в пять лет.

7.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Организация рабочего места представляет собой меры обеспечивающие эффективное использование рабочей силы и оборудования. Главная цель организационных мероприятий, это обеспечение работников высококачественным, эффективным и исправным оборудованием, так же создание комфортных и безопасных условий труда.

Исходя из ГОСТа 22269-79 взаимное расположение элементов рабочего места должно обеспечивать возможность свободного и комфортного передвижения во время работы с учетом налагаемой спецодежды. Так же взаимное расположение элементов рабочего места должно способствовать оптимальному режиму труда и отдыха, снижению утомления оператора, предупреждению появления ошибочных действий.

Расположение рабочих поверхностей при работе стоя, а так же при работе сидя должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003-78 «Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования», ГОСТ 12.2.049-80 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие эргономические требования».

7.2 Производственная безопасность

Опасными производственными факторами при использовании гидроксида натрия являются :

- отравление гидроксидом натрия,
- подвижные части производственного оборудования,
- факторы термического ожога,
- поражение электрическим током.

Опасные факторы и способы защиты представлены в таблице 7.1

Таблица 7.1 – Возможные вредные и опасные факторы при разработке, монтаже и эксплуатации теплообменника

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативная документация
	Разр работ ка	Изгот овлен ие	Экспл уатац ия	
1.Повышенный уровень шума на рабочем месте	-	+	+	ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы.[6]
2.Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы[6] СНиП 23-05- 095 Естественное и искусственное освещение: нормативно–технический материал [7]
3.Повышенный уровень вибрации	-	-	+	ГОСТ 26568-85 Вибрация. Метод и средства защиты. Классификация [8]
4. Работа с оборудованием находящимся под давлением	-	+	+	ТР ТС 032/2013 Технический регламент «О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением»[9]
5. Электробезопасность	+	+	+	Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ [10]
6. Пожаробезопасность	+	+	+	Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1). ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ[11].

Опасные факторы данного производства:

- наличие движущихся частей насосов и мешалок;
- возможность получения термических ожогов при нарушении герметичности аппаратов и трубопроводов пара и горячей воды;

- возможность получения химических ожогов едким натром на узле приема и подогрева едкого натра, приготовления и дозирования;

- опасность поражения электрическим током, возникающая при нарушении обслуживающим персоналом правил и норм охраны труда, техники безопасности при эксплуатации электрооборудования (неисправность электропроводки, касание к токоведущим частям, отсутствие заземления и т.д.);

- проведение специальных видов работ (работы внутри аппаратов, работы на высоте);

- образование статического электричества.

Вредные факторы данного производства:

1) применение токсических и едких веществ;

2) шум;

3) вибрация.

При производстве исходного сырья используются известковое молоко, натр едкий технический в виде раствора

Все перечисленные вещества по [7] относятся ко 2,3 классу опасности и могут служить причиной химических отравлений и ожогов.

Опасность представляют работы, связанные с очисткой и ремонтом внутренней поверхности емкостных аппаратов.

Опасными ситуациями технологического процесса являются:

– прекращение подачи электроэнергии, рассола и оборотной воды, пара, азота;

– аварии на трубопроводах и аппаратах;

– возникновение пожара на аппаратах и трубопроводах;

– нарушение герметичности трубопроводов всех других продуктопроводов цеха.

Процесс нагрева гидроксида натрия связан с эксплуатацией аппаратов с давлением в теплообменнике, движущихся механизмов (центробежные, дозировочные насосы, мешалки,) , электрооборудования.

В производстве существует опасность накопления зарядов статического электричества на всех стадиях.

Опасности, связанные с применением токсичных веществ представлены в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Токсические свойства применяемых и образующихся веществ

Наименование вещества	Агрегатное состояние	Класс опасности	ПДК, мг/м ³	Характер воздействия на организм
1	2	3	4	5

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

ФЮРА.065112.001.ПЗ

Лист

82

1. Натр едкий технический (44% раствор)	Синеватая жидкость	2	0,5	Являясь едкой щелочью, едкий натр при попадании на кожу или в глаза способен вызвать тяжелый химический ожог. При хроническом поражении вызывает экзему. Особенно опасно, когда химические ожоги сопровождаются термическими. Попадание в глаза ведет к поражению роговицы, но вследствие быстрого проникновения щелочи вглубь страдают и глубокие части глаза, что может привести к частичной или полной слепоте.
---	--------------------	---	-----	--

Ремонт и смазку движущихся частей оборудования производить только на отключенном оборудовании.

К работе внутри емкостей допускаются только мужчины, прошедшие медицинское освидетельствование, обучение и проверку знаний в ВГСВ. Работы проводить только в дневное время.

Работы в емкостях производятся по «наряду – допуску» на газоопасные работы, согласованному с ООТ и ТБ, ВГСВ и утвержденному главным инженером или начальником производства, службы.

Работы внутри сосудов производятся в соответствии с требованиями инструкции «По организации безопасного проведения газоопасных работ» и цеховой инструкцией «Перечень газоопасных работ по цеху».

Основные условия остановки и сдачи оборудования в ремонт, прием в эксплуатацию и пуск оборудования после текущих и капитальных ремонтов, плановых и внеплановых остановок изложены в общезаводской типовой инструкции «По организации и безопасному производству ремонтных работ на объектах» .

При производстве опасных работ оформляется «наряд – допуск» на опасные работы.

К работе в производстве допускаются мужчины и женщины не моложе 18 лет, прошедшие медицинское обследование при приеме на работу, а во время работы – периодический медицинский осмотр.

Рабочие проходят :

- первичный инструктаж в объеме инструкции по охране труда по цеху и инструктажа по охране труда по рабочему месту ;
- обучение (стажировку) по рабочему месту ;
- первичную проверку знаний в объеме программ теоретического и производственного обучения и всех действующих инструкций по данному рабочему месту в объеме программы первичного инструктажа по данному рабочему месту ;
- очередную проверку знаний (1 раз в год) ;

- повторный инструктаж в объеме программы первичного инструктажа по данному рабочему месту (1 раз в 6 месяцев) ;
- внеплановый инструктаж ;
- целевой инструктаж (при необходимости).

Персонал обязан следить за нормальной работой оборудования, трубопроводов и установленной на них арматурой, за непрерывной работой вентиляционных систем и установок, исправностью контрольно – измерительных приборов, предохранительных мембран и клапанов, автоматических блокировочных устройств и схемы звуковой и световой сигнализации, заземления, молниезащиты, защитных ограждений и защиты от стат. электричества.

Параметры технологического процесса поддерживаются в аппаратах автоматически.

Технологический процесс проводится в герметичном оборудовании, исключающим образование опасных концентраций этих веществ в окружающей среде во всех режимах работы.

Все движущиеся части оборудования снабжены ограждениями.

Для защиты от статического электричества технологическое оборудование установлено на заземленных площадках.

Трубопроводы, системы аппаратов и трубопроводов, расположенные в цехе представляют непрерывную электрическую цепь и присоединены:

- к заземляющим устройствам;
- каждая система трубопроводов и аппаратов заземлена не менее чем в двух местах.

Для защиты от заноса высоких потенциалов подземные и внешние надземных конструкции и коммуникации на вводе в защищаемое здание присоединяются к любому из заземлителей, включая заземлитель от прямых ударов молний.

На все вентиляционные короба и вентиляторы заземление, согласно проекта стальной полосой, а гибкие связи – стальным тросом.

По молнезащитным мероприятиям корпус относится к 3 категории согласно РД 34.21.122-87.

Для защиты от прямых ударов молний используется молниеприемная сетка с шагом ячеек 12 x12 м.

7.2.1 Производственная санитария

Для обеспечения нормальных метеорологических условий, обеспечивающих ощущение теплового комфорта и высокой работоспособности персонала, на производстве предусмотрены мероприятия:

- все тяжелые и трудоемкие работы, выполнение которых сопровождается избыточным выделением тепла, механизированы и автоматизированы;
- аппараты работающие при высоких температурах и горячие трубопроводы снабжены теплоизоляцией; температура наружных стенок не превышает 45°C;
- для поддержания необходимого водно-солевого баланса организма все работники цеха в летнее время обеспечены подсоленной газированной водой из сатуратора, а в зимний период года – кипяченной водой.

Исходя из этого, осуществляется нормирование (ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.)

Таблица 7.3 - Оптимальные и допустимые значения микроклимата в рабочей зоне

Характеристика помещения	Категория работы	Период года	Температура воздуха, °С		Относительная влажность, %		Скорость движ. воздуха, м/с	
			Опт.	Доп.	Опт.	Доп.	Опт.	Доп.
Производственное помещение	Средней тяжести	теплый	20 - 23	не > 28	60-40	не > 75	0,2 - 0,5	0,3 - 0,7
		холодный	17 - 19	15 - 20	60-30	не > 75	≤ 0,3	≤ 0,5

Обеспечение нормального микроклимата в рабочей зоне и чистоты воздуха на рабочих местах в значительной степени зависит от правильно организованной системы вентиляции

7.2.2 Вентиляция

Для обеспечения нормальных условий труда в цехе проектируется общеобменная приточно-вытяжная вентиляция.

Минимальное количество воздуха, которое необходимо заменить в рабочем помещении общеобменной вентиляцией, определяется по формуле

$$W = \frac{g \cdot 10^6}{C_g - C_0},$$

где W – объем воздуха, отсасываемого из помещения;

C_g – предельно допустимая концентрация гидроксида натрия по санитарным нормам, мг/м³;

C_0 – содержание гидроксида натрия в поступающем свежем воздухе,

$C_0 = 0,3\text{ПДК} = 0,013 \text{ мг/м}^3$.

Количество вредных веществ в воздухе рассчитывается по формуле :

$$g = \frac{n\eta P}{100P_0} V_{\alpha} \rho ,$$

где g – количество вещества, выделяющегося через неплотности аппаратуры, кг/час;

n – потери герметичности в течении 1 часа, принятые при испытании, %;

η - коэффициент запаса, принимаемый в зависимости от состояния оборудования;

P – рабочее давление в аппаратуре, атм;

P₀ – давление в помещении, атм;

V_α - внутренний суммарный объем всей аппаратуры и коммуникаций в цехе, м³;

ρ - плотность паров или газов, выделяющихся из аппаратуры, кг/м³.

$$g = \frac{1,05 \cdot 0,1 \cdot 1,1}{100 \cdot 1} 0,32 \cdot 7,62 = 0,028 \text{ кг/ч.}$$

Тогда минимальное количество воздуха, отсасываемого из помещения, будет равен:

$$W = \frac{0,028 \cdot 10^6}{0,3 - 0,013} = 8534 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Кратность воздухообмена определяем по формул:

$$K = W/V_{\text{пом}},$$

$$K = 8534/6048 = 1,4 \text{ ч}^{-1}$$

Кратность воздухообмена на производстве-аналоге соответствует расчетному. Для обеспечения рассчитанного воздухообмена принимаем к установке вентилятор, используемый на производстве-аналоге – А2 5105-2, тип электродвигателя АОА-22-2, мощность 8 кВт. Приточный воздух подается в рабочую зону помещения равномерно с помощью системы распределения. Вытяжка осуществляется из верхней зоны помещения.

7.2.3 Освещение

Правильное и достаточное освещение помещений и рабочих мест - один из важнейших элементов благоприятных условий труда. При правильном освещении повышается производительность труда, улучшается безопасность, снижается утомляемость.

Естественное освещение является наиболее гигиеничным и предусматривается, как правила, для помещений, в которых постоянно работают люди.

7.2.4 Производственные шумы

Допустимые уровни шума по ГОСТ 12.1.003-83

Таблица 7.4 – Уровни шума.

Рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октановых полосах со среднегеометрическими частицами, Гц	Уровни звука и эквивалентные
---------------	---	------------------------------

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

ФЮРА.065112.001.ПЗ

Лист

86

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	уровни звука, дБА
Насосная	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Для защиты от шума могут применяться следующие основные методы:

- 1) технические устранение причин шумообразования или ослабление его в источнике возникновения;
- 2) планировочные снижение уровня шума по пути его распространения;
- 3) организационные или административные.

7.2.5 Пожаробезопасность

Производство относится к категории Б. В связи с этим основные несущие строительные конструкции здания (каркас, перекрытие) выполнены из негоряемых железобетонных и металлических оштукатуренных конструкций, соответствующих 2-й степени огнестойкости здания.

В проекте применены приборы пневматической системы ГСП. Датчики с электрическим выходом не имеют собственного источника питания. Кабели и проводка имеют негоряемую обмотку. Электрические проводки защищены от механических повреждений металлической трубкой. Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала, все электро-приемники занулены четвертой жилой питающих кабелей.

Внутреннее пожаротушение осуществляется через пожарные краны, установленные в корпусе на сетях хоз. пожарного трубопровода. Наружное пожаротушение предусмотрено через пожарные гидранты, установленные в колодцах. Подъезд пожарных машин обеспечен в любое время года ко всем установкам цеха.

Трубы для системы пожарного водоснабжения приняты стальные электросварные по ГОСТ 10704-76. В корпусе устанавливаются ручные пожарные извещатели типа ИПР как на внутренних, так на наружных стенах. Сигналы от пожарных извещателей поступают на устройство УОТС – М. При срабатывании пожарной сигнализации устройство УОТС – М включает выносные световые и звуковые оповещатели.

7.3 Экологическая безопасность

Первостепенной задачей является разработка безотходных производств, дающих минимальное количество выбросов в атмосферу и сточных вод, а также внедрение замкнутых водооборотных циклов.

Для снижения отрицательного воздействия вредных веществ на окружающую среду на установке нагрева гидроксида натрия предусмотрены следующие природоохранные мероприятия:

- периодически, по мере накопления, химзагрязненные стоки откачиваются в канализационные колодцы, откуда, совместно с химзагрязненными стоками других производств предприятия, по действующей схеме направляются на очистные сооружения предприятия;

- хозяйственные сточные воды по существующей канализационной системе выводятся в цех очистки сточных вод, где усредняются и передаются на БОС ".

Твердые бытовые отходы собираются в полиэтиленовые мешки и вывозятся на свалку вместе со строительными отходами. Порядок вывоза отходов осуществляется в соответствии с общезаводской инструкцией «О порядке сбора, складирования, транспортировки и организации учета отходов»

7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В процессе эксплуатации производства возможно возникновение производственных неполадок и аварийных ситуаций. В этом случае осуществляются мероприятия по предупреждению и локализации аварийных ситуаций. Возникновение аварийных ситуаций возможно по следующим причинам:

- прекращение подачи энергетических средств (энергии, теплоэнергии, охлаждающей воды, рассола, воздуха);
- возникновение пожара в производственных корпусах;
- разгерметизация трубопроводов. Необходимо перекрыть вентиль подачи, снизить температуру в реакторах и подать инертный газ – азот. Отглушить участок разгерметизированного трубопровода; выявить причины и устранить неисправность;

В случае возникновения аварийной ситуации производится аварийная остановка производства, вызывается аварийно – спасательная служба, осуществляются неотложные работы по оказанию первой медицинской помощи пострадавшим, локализация и устранение аварийных повреждений, ликвидация источников химической опасности.

При выполнении раздела «Социальная ответственность» были рассмотрены основные опасные и вредные производственные факторы процесса нагрева гидроксида натрия, определены ПДК вредных веществ.

Был произведен расчет вентиляции, проведен анализ пожарной безопасности проектируемого объекта.

Для снижения отрицательного воздействия вредных веществ на окружающую среду на установке нагрева гидроксида натрия предусмотрены природоохранные мероприятия.

					ФЮРА.065112.001.ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		89

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенных расчетов были выявлены размеры кожухотрубчатого теплообменника типа КНВ. Диаметр теплообменника составил 600мм. Материал исполнения корпуса нержавеющая сталь 12Х18Н10Т. Расположение горизонтальное, на теплообменнике установлены 4 опорные лапы, рассчитанные на общую нагрузку 22224 Н. Горячим теплоносителем является пар с температурой 133,5 0С, подогреваемой средой является 20% раствор щелочи NaOH, которая подогревается с 5⁰С до 40⁰С.

Аппарат имеет плоскую крышку и эллиптическое днище, выполненные из такого же материала что и корпус, с наружным диаметром 616 мм и толщиной стенки 8 мм. Внутри аппарата расположены перегородки, толщиной 10 мм.

Были подобраны фланцы соединения шип-паз, для крепления крышки и днища.

Прокладка между фланцами– паронит толщина 2 мм, внешний диаметр 661 мм.

Аппарат был рассчитан на прочность и устойчивость. Все условия прочности и устойчивости аппарата и его частей, выполняются.

					ФЮРА.065112.001.ПЗ			
<i>Ли</i>	<i>Изм.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	Заключение	<i>Лит</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Разраб.		Актанов И.С					90	94
Пров.		Тихонов В.В						
Консульт								
Н. контр.								
Рук ООП						НОЦ им Н.А Кижнера Гр 3-4Г61		

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков - М.: ООО ИД «Альянс», 2007. - 576с.
2. Процессы и аппараты химической технологии. Основы теории, технологический, конструктивный и гидравлический расчеты кожухотрубчатого теплообменника. Учебное пособие для студентов Химико-Технологического факультета ТПУ. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 84с.
3. Кувшинский М.Н. Курсовое проектирование по предмету "Процессы и аппараты химической промышленности": Учеб.пособие для учащихся техникумов. – 2-е изд., перераб. и доп. / М.Н. Кувшинский, А.П. Соболева – М.: Высш. школа, 1980. – 223с.
4. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Изд. 2-е. В 2-х кн.: Часть 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. – М.: Химия, 1995. – 400с.
5. Семакина О.К. Машины и аппараты химических производств. Ч. 1. Учеб. пособие. - Томск: Изд-во Томского Политехнического университета, 2003. - 118с.
6. Лацинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Справочник. – Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.
7. ГОСТ 34233.1-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования. – М.: Стандартиформ, 2018.
8. Беляев В.М. Конструирование и расчет элементов оборудования отрасли. Ч.1: Тонкостенные сосуды и аппараты химических производств / В.М. Беляев, В.М.

					ФЮРА.065112.001.ПЗ			
<i>Ли</i>	<i>Изм.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	Список литературы	<i>Лит</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Разраб.		Актанов И.С					91	94
Пров.		Тихонов В.В						
Консульт								
Н. контр.								
Рук ООП						НОЦ им Н.А Кижнера Гр 3-4Г61		

Миронов. - Томск: Изд-во Томского Политехнического университета, 2016. - 313с.

9. ГОСТ 34233.2-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек. – М.: Стандартиформ, 2018.

10. ГОСТ 19903-74 Прокат листовой горячекатаный. Сортамент. – М.: Изд-во стандартов, 1974.

11. ГОСТ 31842-2012 Нефтяная и газовая промышленность. Теплообменники кожухотрубчатые. Технические требования. – М.: Изд-во стандартов, 2012.

12. ГОСТ 8732-78 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент. – М.: Изд-во стандартов, 1978.

13. ГОСТ Р 55601-2013 Аппараты теплообменные и аппараты воздушного охлаждения. Крепление труб в трубных решетках. Общие технические требования. – М.: Изд-во стандартов, 2013.

14. ГОСТ 34233.4-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений. – М.: Стандартиформ, 2018.

15. ГОСТ 34233.7-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Теплообменные аппараты. – М.: Стандартиформ, 2018.

16. ГОСТ 27036-86* Компенсаторы и уплотнения сильфонные металлические. Общие технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1986.

17. ГОСТ 34233.6 - 2017. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность при малоцикловых нагрузках. – М.: Стандартиформ, 2018.

18. ГОСТ 15118-79. Аппараты теплообменные кожухотрубчатые с неподвижными трубными решетками и кожухотрубчатые с температурным компенсатором на кожухе. Размещение отверстий под трубы в трубных решетках и перегородках. Основные размеры. – М.: Изд-во стандартов, 1979.

19. ОСТ 26-2091-93. Опоры горизонтальных сосудов и аппаратов. Конструкция.

20. ГОСТ 33259-2015 Фланцы арматуры, соединительных частей и трубопроводов на номинальное давление до PN 250. Конструкция, размеры и общие технические требования. – М.: Стандартиформ, 2016.

21. ГОСТ 6533-78*. Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов. Основные размеры. – М.: Изд-во стандартов, 1985.

22. ГОСТ 15180-86. Прокладки плоские эластичные. Основные параметры и размеры. М.: Изд-во стандартов, 1988. –
23. ГОСТ 34233.3-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и внешнем давлениях. Расчет на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер. – М.: Стандартиформ, 2018.
24. ГОСТ 34233.5-2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок. – М.: Стандартиформ, 2018
25. ТУ 3612-024-00220302-02 аппараты теплообменные кожухотрубчатые с неподвижными решетками и кожухотрубчатыми с температурным компенсатором на кожухе
26. ГОСТ 52857.5-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок.
27. Стандарт предприятия СТП 10-04-02. Расчет на прочность сосудов и аппаратов. Том 1. Расчет вертикальных и горизонтальных сосудов. Москва 2005 г.
28. Галашов Н.Н. Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанции: учебное пособие. НИ ТПУ. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010. – 244 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

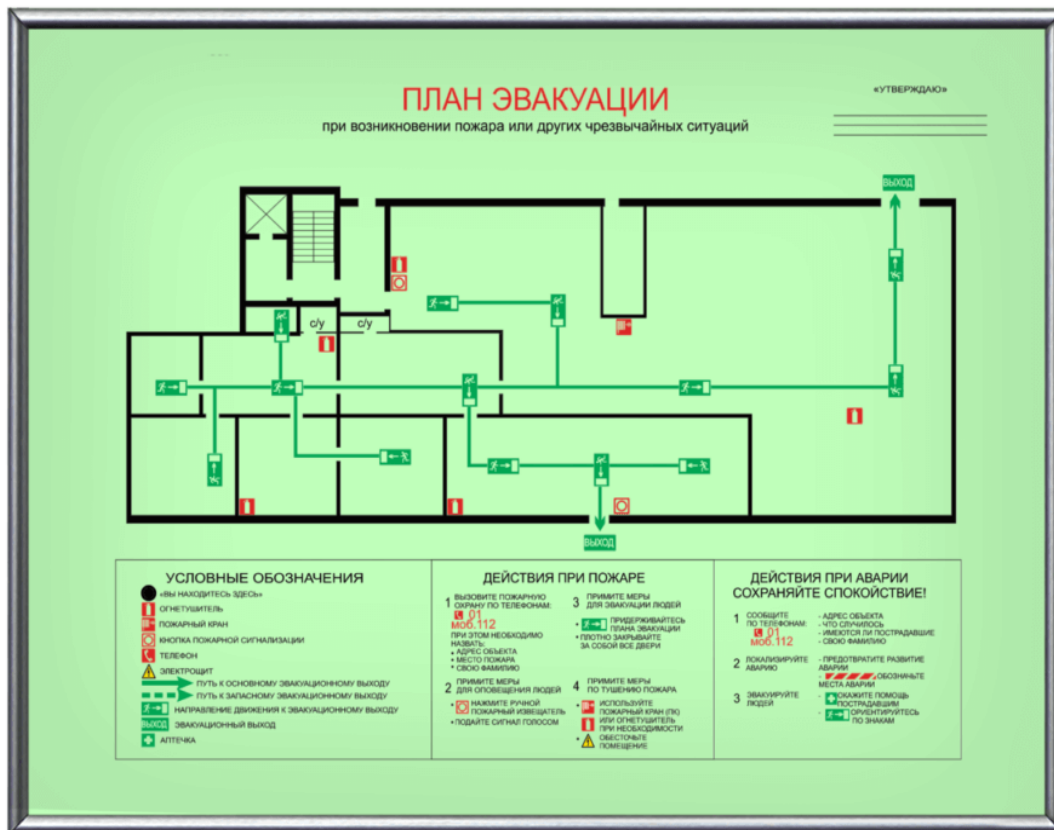


Рисунок 1 – План эвакуации