

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

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Модернизация основного оборудования производства перекиси водорода

УДК: 005.936.31-048.35:661.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К41	Никулин Андрей Александрович		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

По разделу «Механический расчет оборудования»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2019 г.

Запланированные результаты обучения по ООП 18.03.02 выпуска 2019 г.

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р1	Применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические и специальные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОПК-1,2,3; ПК-8,10,11,12; ОК-1,2,3,4), Критерий 5 АИОР (п.1.1)
Р2	Применять знания в области энерго-и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии для решения производственных задач	Требования ФГОС (ОПК-1,2; ПК-1,3,,9; ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2)
Р3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.	Требования ФГОС (ОПК-2; ПК-2,4,5,16; ОК-5,7), Критерий 5 АИОР (пп.1.2)
Р4	Проектировать и использовать энерго-и ресурсосберегающее оборудование химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ОПК – 1; ПК-2,4,5,8,17,18; ОК-3,4), Критерий 5 АИОР (п.1.3)
Р5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области энерго-и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии	Требования ФГОС (ОПК -2,3; ПК-13,14,15; ОК-7), Критерий 5 АИОР (п.1.4)
Р6	Осваивать и эксплуатировать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ОПК – 3; ПК-1,4,6,7,9,10,11; ОК-9), Критерий 5 АИОР (п.1.5)
<i>Общекультурные компетенции</i>		
Р7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,6), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5)
Р8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-7), Критерий 5 АИОР (2.6)
Р9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-5), Критерий 5 АИОР (п.2.2)
Р10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-4,6,8), Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3)

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

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 **18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии**
Профиль Машины и аппараты химических производств

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Беляев В.М.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-2К41	Никулин Андрей Александрович

Тема работы:

Модернизация основного оборудования производства перекиси водорода	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	
Срок сдачи студентом выполненной работы:	

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>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></p>	<p>Расчет кожухотрубного теплообменника для конденсации водяного Производительность теплообменника $G=300$ кг/час</p>
---	---

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1 Технологический расчет теплообменного аппарата Тепловые расчеты</p> <p>2 Описание технологической схемы</p> <p>3 Конструктивно – механический расчет Расчет гладкой цилиндрической обечайки Подбор и расчет толщины крышки и днища Толщина трубных решеток Расчет патрубков Расчет опорных лап</p> <p>4 Механический расчёт Расчет температурных деформаций Расчет необходимости укрепления отверстий Расчет фланцев и их соединения</p> <p>5 Социальная ответственность</p> <p>6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения Планирование научно-исследовательских работ</p>
--	---

<p>Перечень графического материала</p>	<p>1. Чертёж теплообменника, общий вид 2. Чертёж теплообменника выносные элементы 3. Технологическая схема</p>
---	---

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Немцова О.А.</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Подопригора И.В.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Реферат</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К41	Никулин Андрей Александрович		

Реферат

Тема: Модернизация основного оборудования производства перекиси водорода

Ключевые слова: кожухотрубный теплообменник, неподвижные трубные решетки, двухходовой, перекись водорода.

Объектом является кожухотрубный теплообменник для конденсации водяного пара.

Цель работы – рассчитать аппарат для заданных условий.

При расчёте был подобран аппарат, а так же проведены расчёты для определения типа и размеров.

Результат - расчет теплообменного аппарата, подобран материал изготовления, рассчитаны основные узлы.

Характеристики теплообменника: диаметр кожуха 400 мм, длина труб 4, с неподвижной трубной решеткой, двухходовой, вертикальный.

Степень внедрения: производство перекиси водорода.

Область применения: химическая промышленность.

Теплообменник соответствует всем требованиям технологического процесса.

ABSTRACT

Topic: Modernization of the main equipment of hydrogen peroxide production.

Keywords: shell-and-tube heat exchanger, fixed tube grates, two-way, hydrogen peroxide.

The object is a shell-and-tube heat exchanger for condensation of water vapor.

The purpose of the work is to calculate the device for the given conditions.

In the calculation were selected, as well as carried out calculations to determine the type and size.

Result-calculation of the heat exchanger, the material of manufacture is selected, the main units are calculated.

Heat exchanger characteristics: casing diameter 400 mm, pipe length 4, with fixed pipe grid, two-way, vertical.

Degree of introduction: hydrogen peroxide production.

Field of application: chemical industry.

The heat exchanger meets all the requirements of the technological process.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

5

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	10
2. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ	21
3. РАСЧЕТ КОЖУХОТРУБЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА	56
3.1 ТЕПЛОВОЙ РАСЧЁТ.....	56
3.2 ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ВЫБОР СТАНДАРТНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА	60
3.3. УТОЧНЁННЫЙ РАСЧЁТ И ВЫБОР КОЖУХОТРУБЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА	61
4. КОНСТРУКТИВНО - МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ	66
4.1 РАСЧЁТ ОБЕЧАЙКИ.....	66
4.2 ПОДБОР КРЫШКИ И ДНИЩА.....	69
4.3 ТОЛЩИНА ТРУБНЫХ РЕШЁТОК.....	69
4.4 РАСЧЁТ И ПОДБОР ШТУЦЕРОВ И ФЛАНЦЕВ.....	70
5. МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННИКА	74
5.1. Исходные данные из условий эксплуатации и технологического расчёта	74
5.2. Обоснование выбора конструкционного материала	77
5.3. Расчет цилиндрической обечайки корпуса.....	79
5.4 Расчет толщины эллиптического днища.....	81
5.5. Расчет укрепления отверстий	82
5.6. Расчет основных элементов.....	85
5.8. Проверка прочности цилиндрической обечайки кожуха под действием опорных нагрузок.....	102
5.9. Расчет фланцевого соединения	106
6. Социальная ответственность.....	119
6.1 Производственная безопасность.....	119
6.2. Экологическая безопасность	127
6.3. Безопасность в аварийных и чрезвычайных ситуациях.....	127
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ..	130
8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	140
9. Список использованной литературы.	141

ВВЕДЕНИЕ

Электрохимическими называются производства, в которых химические процессы протекают под действием постоянного электрического тока. В промышленности широкое распространение получил электролиз водных растворов и расплавов. Электрохимические методы производства в ряде случаев имеют преимущества перед химическими упрощается технологический процесс, более полно используется сырье и энергия, одновременно может производиться несколько ценных продуктов, продукты получают высокой степени чистоты, недостижимой при химических способах производства. Благодаря указанным достоинствам электрохимические процессы используют при производстве важнейших продуктов хлора, щелочей, водорода, кислорода, неорганических окислителей (перманганаты, персульфаты, перекись водорода и др.), при получении и рафинировании металлов (алюминия, магния, цинка, натрия, меди и др.), декоративных и защитных (от коррозии) покрытий металлов.

В нашей стране электрохимический способ получения перекиси водорода является основным, с помощью которого производится 80% всей перекиси водорода. Перекись водорода — сильный окислитель, продуктами разложения ее являются только кислород и водород, поэтому она применяется для отбеливания дорогих тканей, мехов, в медицине, тонкой химической технологии. Высококонцентрированные перекиси применяются для получения парогазовой смеси в различных реактивных устройствах.

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

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

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

7

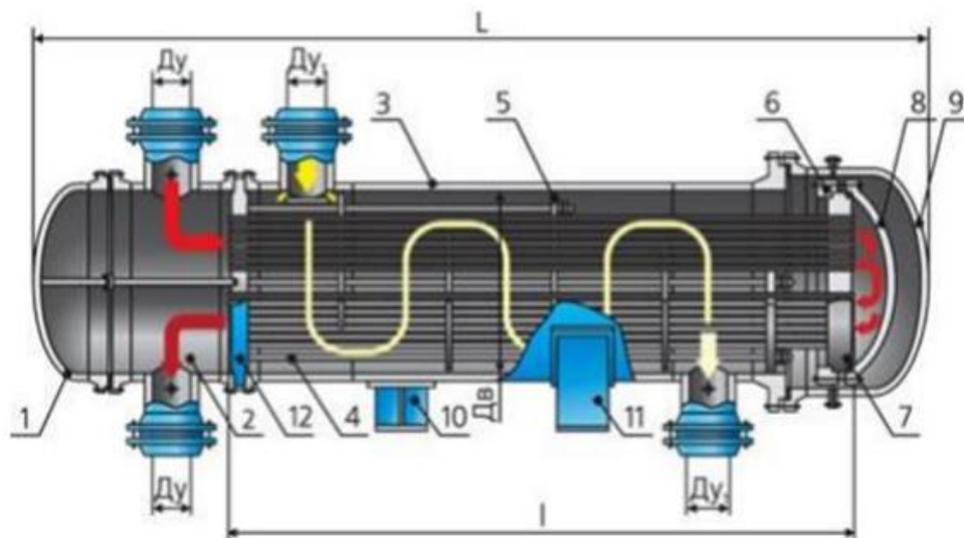


Рисунок 1 – Кожухотрубчатый теплообменник с плавающей головкой:
 1 – крышка кожуха; 2 – распределительная камера; 3 – кожух; 4 – трубы трубного пучка; 5 – перегородка; 6 – полукольцо плавающей головки; 7 – подвижная трубная решетка; 8 – внутренняя крышка плавающей головки; 9 – крышка наружная; 10 – опора подвижная; 11 – опора неподвижная

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

В данном дипломном проекте рассматривается модернизация теплообменника-конденсатора, вторичного пара после ректификации перекиси водорода, на предприятии ФКП «Анозит».

Федеральное казенное предприятие «Анозит», ранее ФГУП «Куйбышевский химзавод» - самое крупное предприятие г. Куйбышева Новосибирской области. Официальным днем рождения предприятия считается 28 декабря 1958 года. В этот день была выпущена первая продукция - перекись водорода. Предприятие является единственным производителем в России перхлората аммония - основного компонента твердых ракетных топлив. Указом Президента РФ №16 от 9 января 2006 года предприятие включено в перечень стратегических предприятий страны.

В настоящее время **ФКП «Анозит»** производит различные марки перхлората аммония, обеспечивает бесперебойное снабжение предприятий смежников стратегически важным сырьем для производства смесевых композиций твердого

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ракетного топлива, а так же электрохимическую перекись водорода, в том числе для предприятий оборонно-промышленного комплекса.

Теплообменные аппараты, разделение которых на виды, основано на зависимости направления движения теплоносителей, бывают:

- Прямоточными
- Противоточными
- Перекрестного тока

Теплообменники делятся на типы:

- С неподвижными трубными решетками;
- С компенсатором;
- С плавающей головкой;
- С U-образными трубками;

Наиболее значительным преимуществом кожухотрубного теплообменника является стойкость данного вида аппаратов к гидроударам. Большая часть современных видов теплообменных агрегатов не обладают данным качеством.

Также подобные агрегаты не нуждаются в чистой среде, в отличие, например, от пластинчатых теплообменников, которые способны работать только в чистых средах.

К тому же весомым достоинством кожухотрубных теплообменных аппаратов является их высокая эффективность, сравнимая с пластинчатым теплообменником, который по большинству параметров является наиболее эффективным.

Исходя из вышеперечисленного, можно с уверенностью говорить о кожухотрубных теплообменных аппаратах, как о высокоэффективных, долговечных и надежных аппаратах.

Целью данного дипломного проекта является расчет кожухотрубного теплообменного аппарата для конденсации водяных паров, получающихся при производстве перекиси водорода, после стадии ректификации.

1.ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Перекись водорода – это простейший представитель *пероксидов*, который содержит два атома водорода и два атома кислорода - H_2O_2 .

Пероксид водорода представляет собой прозрачную, бесцветную жидкость. H_2O_2 является сильным окислителем, энергично вступающим в реакции со многими веществами. Используется перекись только в виде водных растворов, и смешивающаяся с водой в любых соотношениях. Перекись водорода неограниченно растворима в воде, спирте и эфире. При низких концентрациях перекись водорода не имеет запаха, а при высоких характеризуется несколько резким ароматом.

Что касается бактерицидных свойств пероксида водорода, то клинические данные о применении H_2O_2 существовали уже в 1914 году. В 1919 году Дж. С. Халдон выдвинул предположение о том, что растворенный в крови кислород может способствовать уничтожению различных инфекций. С этого момента, «жизнь» перекиси разделилась на два направления:

Применение растворов пероксида водорода в медицинских целях;

Применение пероксида водорода в промышленности;

Физические свойства

Пероксид водорода - бесцветная прозрачная слегка вязкая жидкость со слабым своеобразным запахом, смешивающаяся с водой в любых соотношениях. Молекулярный вес пероксида водорода 34,02. В таблице 1 приводится информация об основных свойствах некоторых из наиболее часто применяемых растворов.

Чистый пероксид водорода очень сильно отличается от всем знакомого 3%-ного раствора H_2O_2 , который стоит почти в каждой домашней аптечке. Прежде всего, он почти в полтора раза тяжелее воды: ее плотность при 20°C составляет 1,45 г/см³. Замерзает пероксид водорода при температуре немного меньшей, чем температура замерзания воды (минус 0,41° С). Однако, если чистая жидкость подвергается быстрому охлаждению, а не замораживанию, то H_2O_2 обычно превращается в стеклообразную массу. Что касается менее концентрированных растворов, то замерзают при значительно более низкой температуре: 30%-ный раствор – при минус 25,7° С, а 60%-ный – при минус 55,5° С. Кипит H_2O_2 при температуре более высокой, чем обычная вода, – при 150,2° С.

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
						10
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

На коже чистый пероксид водорода и его концентрированные растворы оставляют белые пятна и вызывают ощущение жгучей боли из-за сильного химического ожога.

На практике чаще приходится встречаться с менее концентрированным 30%-ным раствором H_2O_2 , который называется пергидролем, но и такой раствор опасен: вызывает ожоги на коже (при его действии кожа сразу же белеет из-за обесцвечивания красящих веществ), при попадании примесей возможно взрывное вскипание. Разложение H_2O_2 и его растворов, в том числе и взрывное, вызывают многие вещества, например, ионы тяжелых металлов, которые при этом играют роль катализатора. Взрывы H_2O_2 объясняются сильной экзотермичностью реакции, цепным характером процесса и значительным снижением энергии активации разложения H_2O_2 в присутствии различных веществ, о чем можно судить по данным, приведенным в таблице 2.

Таблица 1. Энергия активации разложения пероксида водорода в присутствии катализаторов

Катализатор	Энергия активации, кДж/ моль	Относительная скорость реакции при 25 °С
<i>без катализатора</i>	73	1
<i>Ионы I⁻</i>	56	$1,1 \cdot 10^3$
<i>Платина</i>	48	$2,3 \cdot 10^4$
<i>Ионы Fe²⁺</i>	42	$2,5 \cdot 10^5$
<i>Каталаза</i>	7	$3 \cdot 10^{11}$

Фермент каталаза содержится в крови. Именно благодаря ей «вскипает» аптечная перекись водорода от выделения кислорода, когда ее используют для дезинфекции кровоточащих ран.

Химические свойства

Пероксид водорода - негорючая, пожаро-взрывоопасная жидкость, которая является сильным окислителем, энергично вступающим в реакции:

Окисления;

Восстановления с образованием органических и пероксидных соединений;

Разложение на кислород и воду.

Как правило, механизм разложения сложен, состоит из многих реакций и зависит от наличия в системе других веществ.

Как окислитель, перекись вступает в реакции по одному из следующих механизмов:

Перенос электрона;

Свободно радикальный (обычно в присутствии металлов);

Классификация и нормативы

Определяют несколько типов перекиси водорода:

Асептическая перекись водорода;

Техническая перекись водорода;

Особо чистая перекись водорода;

Медицинская перекись водорода;

Косметическая перекись водорода;

Техническая ПВ

Техническая перекись водорода представляет собой стабилизированный раствор, который производится под двумя марками (согласно ГОСТ 177-88):

Марка А

Марка Б

Высший сорт

Первый сорт

По физико-химическим показателям перекись водорода техническая должна соответствовать нормам и правилам, указанным в таблице 3.

Стоит отметить, что по ГОСТ 177-88 допускается снижение массовой доли перекиси водорода в течение гарантийного срока хранения технической перекиси водорода – 2,5%. По согласованию с потребителем допускается производство перекиси марки А с массовой долей 27%-40%. При этом, раствор марки А стабилизируют не более чем 0,6 г/дм³ пиррофосфорно-кислого натрия (по ГОСТ 342) или однозамещенного фосфорно-кислого натрия (по ГОСТ 245), а марки Б - не более 0,5г/дм³ однозамещенного фосфорно-кислого натрия.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

12

Таблица 2. Физико-химические нормативы для технической переписи водорода

Наименование показателя	Перекись водорода		
	Марка А	Марка Б (высший сорт)	Марка В (первый сорт)
<i>Внешний вид</i>	<i>Бесцветная прозрачная жидкость</i>		
<i>Массовая доля перекиси водорода (%), в пределах</i>	35-40	35-40	30-40
<i>Массовая концентрация серной кислоты, г/дм³, не более</i>	0,35	-	-
<i>Массовая концентрация уксусной кислоты, г/дм³, не более</i>	-	6	8
<i>Массовая концентрация нелетучего остатка, г/дм³, не более</i>	0,7	0,7	0,7

Источник: ГОСТ 177-88

Согласно ТУ 2123-002-25665344-2008 техническая перекись водорода выпускается следующим образом:

Марка А

Марка Б

Марка В

Таблица 3. Физико-химические нормативы для технической переписи водорода

Наименование показателя	Техническая перекись водорода		
	А	Б	В
<i>Внешний вид</i>	<i>Бесцветная прозрачная жидкость</i>		
<i>Массовая доля перекиси водорода (%), в пределах</i>	30-40	50-52	58-60
<i>Массовая концентрация свободных кислот (в пересчете на серную кислоту), г/дм³, не более</i>	0,25	0,25	0,25
<i>Степень разложения (за 16 часов при 96°С), % отн., не более</i>	5	5	5
<i>Массовая концентрация нелетучего остатка, г/дм³, не более</i>	0,6	0,6	0,6

Источник: ТУ 2123-002-25665344-2008

Область применения: для отбелики хлопка, тканей, трикотажа, мыл, бумажной и древесной массы, для производства отбеливающих и дезинфицирующих средств, а

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

13

также как окислитель, катализатор, гидрирующее и эпоксидирующее средство, применяемое в различных областях промышленности.

Медицинская ПВ

Медицинская перекись водорода по физико-химическим нормативам должна удовлетворять следующим критериям:

Таблица 4. Физико-химические нормативы для медицинской перекиси водорода

Наименование показателя	Перекись водорода медицинская
<i>Внешний вид</i>	<i>Бесцветная прозрачная жидкость</i>
<i>Массовая доля перекиси водорода, %, не менее</i>	<i>30-40</i>
<i>Массовая концентрация свободных кислот (в пересчете на серную кислоту), г/дм³, не более</i>	<i>0,25</i>
<i>Массовая концентрация нелетучего остатка, г/дм³, не более</i>	<i>0,6</i>
<i>Массовая концентрация мышьяка, мг/дм³, не более</i>	<i>Должна выдерживать испытания</i>

Источник: ГОСТ 177-88

Область применения: в медицинской и фармацевтической промышленности, как асептическое, кровоостанавливающее средство. Дезинфекция и стерилизация изделий медицинского и стоматологического назначения.

Асептическая перекись водорода

Асептическая перекись водорода по физико-химическим нормативам должна удовлетворять следующим критериям:

Таблица 5. Физико-химические нормативы для асептической перекиси водорода

Технические характеристики	Пуроксид асептик	Пуроксид асептик S
<i>Внешний вид</i>	<i>Чистая прозрачная жидкость</i>	
<i>Массовая доля перекиси водорода, %, в пределах</i>	<i>35-36</i>	<i>35-36</i>
<i>Степень разложения (за 16 часов при 960С), % мас., не более</i>	<i>2</i>	<i>2</i>
<i>РН уточненный</i>	<i>2,5-3,5</i>	<i>3-4</i>
<i>Массовая концентрация нелетучего остатка, г/дм³, не более</i>	<i>0,15</i>	<i>0,5</i>
<i>Массовая концентрация железа, мг/л, не более</i>	<i>0,05</i>	<i>0,05</i>
<i>Массовая концентрация нитратов, мг/л, не более</i>	<i>30</i>	<i>30</i>
<i>Массовая концентрация фосфатов, мг/дм³, не</i>	<i>0</i>	<i>15</i>

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

14

<i>более</i>		
<i>Массовая концентрация хлоридов, мг/дм3, не более</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>

Источник: ТУ 2123-004-25665344-2009

Перекись водорода Асептическая используется в пищевой промышленности (для обработки упаковки: марка «пуроксид асептик» - методом погружения, марка «пуроксид асептик С» - методом распыления), в косметической и других отраслях промышленности.

Перекись водорода особой чистоты

Перекись водорода особой чистоты – это нестабилизированный водный раствор пероксида водорода. Перекись ОСЧ выпускается согласно ТУ 2611-003-25665344-2008 и имеет следующие категории:

Марка ОСЧ 6-5

Марка ОСЧ 8-4

Марка ОСЧ 33-4

Марка ОСЧ 39-4

По физико-химическим показателям перекись водорода особой чистоты должна соответствовать требованиям и нормам.

Область применения: для технических целей в полупроводниковой технике, электронной, радиоэлектронной промышленности и космической технике.

Косметическая перекись водорода

Косметическая перекись водорода - стабилизированный водный раствор пероксида водорода, которая выпускается согласно ТУ 2123-005-25665344-2009 по следующим маркам:

Марка ПВК 59

Марка ПВК 35

По физико-химическим показателям перекись водорода косметическая должна соответствовать нормам и правилам, указанным в таблице 7.

Таблица 6. Физико-химические нормативы для косметической перекиси водорода

Наименование показателя	Косметическая перекись водорода	
	ПВК-59	ПВК-35
Внешний вид	бесцветная прозрачная жидкость	
Массовая доля перекиси водорода (%), в пределах	59,0-59,7	35,0-35,7
Степень разложения (за 16 часов при 96°C), % отн., не более	2	3
Массовая концентрация нелетучего остатка, г/дм ³ , не более	0,35	0,2
Показатель активности водородных ионов(рН), в пределах	2,0-4,0	2,0-4,0
Массовая концентрация железа, мкг/дм ³	200	200
Массовая концентрация свинца, мг/дм ³	0,1	0,1
Массовая концентрация мышьяка, мг/дм ³	0,1	0,1
Массовая концентрация общего органического углерода, мг/дм ³	80	50

Источник: ТУ 2123-005-25665344-2009

Область применения: в производстве красок для волос в косметической промышленности.

Высококонцентрированная перекись водорода

Высококонцентрированная перекись водорода – раствор пероксида водорода, содержащий в качестве стабилизаторов дифосфат натрия 10-водный и оловянно-кислый натрий.

Такую перекись водорода применяют в качестве однокомпонентного топлива или окислительного компонента в двухкомпонентных топливах и других системах.

В зависимости от массовой доли основного вещества пероксид водорода выпускают трех марок:

ПВ-85;

ПВ-98;

ПВ-100.

Коды ОКП для марок пероксида водорода приведены в таблице 8.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

16

Таблица 7. Коды ОКП для марок высококонцентрированного пероксида водорода

Марка	Код ОКП
<i>ПВ-85</i>	<i>2123520800</i>
<i>ПВ-98</i>	<i>2123520900</i>
<i>ПВ-100</i>	<i>2123521000</i>

Источник: ГОСТ Р 50632-93

По физико-химическим свойствам высококонцентрированный пероксид водорода должен соответствовать требованиям и нормам, указанным таблице 9.

Таблица 8. Физико-химические нормативы для высококонцентрированной переписи водорода

Наименование показателя	Норма для марок		
	В-85	В-98	В-100
<i>Внешний вид</i>	<i>Прозрачная бесцветная жидкость</i>		
<i>Массовая доля пероксида водорода, %, не менее</i>	<i>84,5</i>	<i>7,5</i>	<i>9,5</i>
<i>Среда раствора - щелочность, в пересчете на NaOH, г/дм³, не более</i>	<i>0,04</i>		
<i>Массовая концентрация оловянно-кислого натрия, г/дм³</i>	<i>0,020-0,030</i>		
<i>Массовая концентрация дифосфата натрия, г/дм</i>	<i>0,012-0,018</i>		
<i>Массовая концентрация азотно-кислого аммония, г/дм³</i>	<i>0,020-0,050</i>		
<i>Массовая доля механических примесей (взвешенных веществ), %, не более</i>	<i>0,001</i>		
<i>Массовая концентрация остатка после прокаливания в фильтрованном продукте, г/дм³, не более</i>	<i>0,08</i>		
<i>Показатель термостабильности (ПТ) (объем кислорода в кубических сантиметрах, выделившегося в течение второго часа нагрева 50 см пробы, при 100 °С), см, не более</i>	<i>18</i>	<i>25</i>	<i>25</i>

Источник: ГОСТ Р 50632-93

При применении пероксида водорода допускается снижение массовой доли для марки:

ПВ-85 не менее чем до 80,5%;

ПВ-98 - не менее чем до 96,0%;

ПВ-100 - не менее чем до 98,0%.

<i>Ли</i>	<i>Изм.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дат</i>

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

17

Исходное сырье и материалы, применяемые для производства пероксида водорода, должны подвергаться входному контролю в соответствии с требованиями ГОСТ 24297-87 (входной контроль продукции, основные положения)

По форме выпуска перекись водорода делится на растворы различной концентрации: 1-6 %, 30, 38, 50, 60, 85, 90 и 98 %.

Упаковка, хранение и транспортировка

Упаковка

Перекись водорода упаковывают:

В стеклянные бутылки по ОСТ 6-09-108-85 (Тара стеклянная для химических реактивов и особо чистых веществ. Технические условия) вместимостью 20 дм³;

Бутылки закрывают стеклянными пробками или завинчивающимися полиэтиленовыми крышками, обеспечивающими свободный выход газа. Горловины бутылей и бочек обертывают эластичной пленкой и обвязывают шпагатом или полипропиленовой лентой, концы которых заклеивают под этикетку или бумажный ярлык с маркой предприятия. Допускается горловины бутылей и бочек не обвязывать, а продевать шпагат в отверстие на крышке, завязывать и концы заклеивать под этикетку или бумажный ярлык.

Стеклянные бутылки вместимостью 20 дм³ помещают в деревянные ящики (ГОСТ 18573- ящики деревянные для продукции химической промышленности) номер 3-1 типа II-1, номер 3-2 типа V-1 или номер 3-3 типа VI, или полиэтиленовые барабаны. Ящики должны быть выложены внутри деревянной стружкой, пропитанной растворами хлористого кальция, хлористого магния, диамонийфосфата или сернокислого аммония, или негорючим уплотняющим материалом (например шлаковатой).

Транспортировка

Перекись водорода транспортируют железнодорожным и автомобильным транспортом в соответствии с правилами перевозки грузов, действующих на данном виде транспорта.

Железнодорожным транспортом пероксид транспортируется повагонно в крытых железнодорожных вагонах, в алюминиевых сосудах и контейнерах (на платформах). Грузовые места в железнодорожных вагонах следует размещать и крепить в соответствии с техническими условиями погрузки и крепления грузов, утверждёнными Министерством путей и сообщения.

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
						18
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

Дополнительно на бутылки и бочки с перекисью водорода наклеивают этикетки (или прикрепляют к горловине бутылей, бочек или люков алюминиевых сосудов и контейнеров с продуктом) картонные ярлычки в полиэтиленовых мешочках, на которых указывают: наименование предприятия-изготовителя или его товарный знак; наименование продукта, его марку и сорт; номер партии; массу нетто; дату изготовления; предупреждающую надпись «берегись ожога».

Хранение

Хранить перекись водорода следует в сухом, темном и прохладном месте. Допускается хранение на открытых площадках, снабженных навесом, исключающих попадания прямых солнечных лучей, в складских емкостях с изометрическим устройством, обеспечивающим температуру продукта не выше 30 °С и не ниже -30 °С.

Таблица 9. Температура замерзания раствора перекиси водорода

Массовая доля перекиси водорода, %	Температура замерзания, °С
20	-14,6
30	-25,7
35	-33,0
40	-41,4

Источник: ГОСТ 177-88

Для обеспечения сохранности при хранении и транспортировании перекиси водорода в алюминиевые емкости вносят (0,20 +/- 0,05) г/дм³ ингибитора коррозии – азотно-кислого аммония (по ГОСТ 22867).

При возникновении пожара в процессе хранения перекиси водорода, пламя следует тушить обильной струей воды.

Требование к безопасности

Перекись водорода относится ко 2-му классу опасности по ГОСТ 12.1.007-76 (вредные вещества, классификация и общие требования безопасности).

Высококонцентрированный пероксид водорода вызывает острые и хронические отравления при поступлении в организм человека через органы дыхания, кожные покровы и желудочно-кишечный тракт. Концентрация паров пероксида водорода 10 мг/м³ и выше вызывает раздражение слизистых оболочек глаз и дыхательных путей,

<i>Ли</i>	<i>Изм.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дат</i>

при этом наблюдаются слезотечение, покалывание в носу, царапанье и ощущение металлического вкуса в глотке, хрипота, кашель, головная боль, быстрая утомляемость, сонливость. Пероксид водорода в капельно-жидком состоянии вызывает ощущение жжения и может вызвать химический ожог кожи.

При работе с технической и медицинской перекисью водорода обслуживающий персонал должен быть обеспечен ...

Порог запаха пероксида водорода составляет 6 мг/м^3 .

Предельно допустимая концентрация пероксида водорода в воздухе рабочей зоны производственных помещений - $0,3 \text{ мг/м}^3$, в водоемах хозяйственно-питьевого и коммунально-бытового водопользования - $0,1 \text{ мг/дм}^3$. Пероксид водорода в воздухе рабочей зоны определяют фотоколориметрическим методом, в воде водоемов - спектрофотометрическим методом.

Пероксид водорода не чувствителен к удару и трению. Пероксид водорода чувствителен к нагреву

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

2. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ

Процесс получения 30-40 %-ного раствора пероксида водорода состоит из следующих стадий:

- стадии приготовления электролита;
- стадии электролиза серной кислоты;
- стадии гидролиза надсерной кислоты и ректификации продукта гидролиза с получением 30-40 %-ного раствора пероксида водорода;
- стадии очистки пероксида водорода от серной кислоты;
- стадии очистки цикловых растворов;
- стадии подготовки и пассивации тары;
- стадии розлива готового продукта.

Приготовление электролита

(технологическая схема № 692/1-35-ТХ лист 1)

Приготовление раствора электролита производится в смесителях поз. 1/1-2 путем смешивания возвратной кислоты (дистиллированной или реактивной серной кислоты) с конденсатом. Реактивная и дистиллированная серная кислота вводится с целью повышения и поддержания регламентной чистоты цикловых растворов.

Возвратная серная кислота с удельным весом 1,56-1,62 г/см³ поступает при помощи центробежного насоса поз. 1107/1-2 из отделения гидролиза в напорные емкости поз. 13/1-2, откуда самотеком направляется в смесители поз. 1/1-2. Сюда же самотеком поступает конденсат из бака поз. 7, который подается в бак поз. 7 центробежным насосом поз. 1120/1-2 из отделения гидролиза через холодильник поз. 7а или, минуя его, напрямую. Количество конденсата регулируется по удельному весу электролита с помощью пьезометрического плотномера ПР-3 поз. DE 1/1-1 (DE 1/2-1), дифманометра ДМПК-100 поз. DT 1/1-2 (DT 1/2-2,) в комплекте со вторичным прибором ПВ10.1Э поз. DRK 1/1-3 (DRK 1/2-3), регулятором ПР3.31 поз. DC 1/1-4 (DC 1/2-4) и регулирующим клапаном поз. 1/1-6 (1/2-6) «НО».

Заданное количество кислоты поддерживается с помощью щелевого расходомера поз. FE 1/1-1 (FE 1/2-1) в комплекте с дифманометром ДМПК-100 поз. FT 1/1-2 (FT 1/2-2), вторичным прибором ПВ10.1Э поз. FRK 1/1-3 (FRK 1/2-3), регулятором ПР3.31 поз. FC 1/1-4 (FC 1/2-4,) и регулирующим клапаном поз. 1/1-5 (1/2-5) «НЗ».

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
						21
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

Уровень возвратной серной кислоты в емкостях поз. 13/1-2 поддерживается автоматически с помощью дифманометра ДМПК-100 поз. ЛТ 13/2-2, вторичного прибора ПВ10.1Э поз. LRK 13/2-3, электроконтактного манометра ЭКМ-1У поз. ЛИА 13/2-4, регулятора ПРЗ.31 поз. LC 13/2-5 и регулирующего клапана поз. 106-6 с сигнализацией максимального уровня 80 % при помощи ЭКМ-1У поз. ЛИА 13/2-4. Кроме того, для удобства обслуживания установлен на местном щите вторичный прибор уровня ППВ.1.1 поз. LI 13/2-6

Уровень конденсата в баке поз. 7 поддерживается автоматически с помощью дифманометра ДМПК-100 поз. ЛТ 7-2, вторичного прибора ПВ10.1Э поз. LRK 7-3, электроконтактного манометра ЭКМ-1У поз. ЛИА 7-4, регулятора ПРЗ.31 поз. LC 7-5 и регулирующих клапанов поз. 7-6 или поз. 7а-6, установленных на линии приема конденсата после теплообменника поз. 7а или на обводной линии. Кроме того, для удобства обслуживания установлен на местном щите вторичный прибор уровня ППВ 1.1 поз. LI 7-7.

Смешивание кислоты и конденсата сопровождается значительным выделением тепла, которое отводится охлаждающей водой через свинцовые змеевики смесителей поз. 1/1-2. Электролит из смесителей поз. 1/1-2 самотеком проходит через холодильники поз. 8/1-2, охлаждается до 15-40 °С, проходит через фильтры поз. 2/1-2 для очистки от механических примесей и поступает в емкости поз. 14/1-3.

Уровень электролита в емкостях поз. 14/1-3 контролируется с помощью дифманометра ДМПК-100 поз. ЛТ 14/1-2, вторичного прибора ПВ4.3Э поз. LIR 14/1-4, электроконтактного манометра ЭКМ-1У поз. ЛИА 14/1-3 с сигнализацией максимального и минимального уровней.

К электролиту в фильтр поз. 2/1-2 добавляется промотор из напорной туриллы поз. 12/1-2 через фильтр поз. 32 в соотношении добавки промотора к электролиту 1:100. Количество подаваемого промотора из туриллы поз. 12/1-2 в фильтр поз. 2/1-2 контролируется и регистрируется с помощью ротаметра РПФ-0,16 ЖУЗ поз. FGT 32-1, вторичного прибора ПВ4.3Э поз. FIR 32-2, регулируется вручную. Промотором является раствор роданистого аммония, соляной кислоты и конденсата. Соляная кислота поступает в бутылках или канистрах. Из них с помощью вакуума транспортируется в туриллу поз. 9.

Роданистый аммоний поступает в бумажных или полиэтиленовых мешках с полиэтиленовыми вкладышами.

Готовится промотор в баке поз. 10/1-2. На решетку бака поз. 10/1-2 засыпается расчетное количество роданистого аммония и растворяется конденсатом. Из туриллы поз. 9 через мерник поз. 10а добавляется в бак поз. 10/1-2 расчетное количество раствора

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
						22
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

соляной кислоты под слой роданистого аммония по сифону. Раствор в баке поз. 10/1-2 перемешивается сжатым технологическим воздухом, анализируется. Содержание роданистого аммония в растворе должно быть 12-25 г/дм³, соляной кислоты 1-3 г/дм³. Технологическое оборудование для приготовления промотора оборудовано системой местных отсосов. Заполнение вакуум-туриллы поз. 9 производится в зоне расположения местных отсосов.

Из бака поз. 10/1-2 раствор промотора через фильтр поз.10^б /1-2 с помощью вакуума транспортируется в туриллы поз. 12/1-2 . Электролит с добавкой промотора из емкостей поз. 14/1-3 центробежным насосом поз. 15/1-2 непрерывно подается в напорную емкость поз. 16/1-2, предварительно охлаждаясь до 15-20 °С фильтрованной водой в холодильниках поз. 17/1-2, установленных на линиях циркуляции и нагнетания насоса. Избыточное количество электролита по линии перелива из емкости поз. 16/1-2 сливается в фильтры поз.2/1-2.

В процессе работы происходит загрязнение цикловых растворов, т.е. увеличение содержания примесей (аммония, титана, меди, железа). Для поддержания требуемой чистоты цикловых растворов периодически производится обмен цикловых растворов, т.е. ввод в цикл дистиллированной и реактивной серной кислоты и одновременный вывод возвратной серной кислоты на очистку в отделение перегонки серной кислоты.

Дистиллированная и реактивная серная кислота поступает в сборные емкости поз. 3/1-4, в баки поз. 48/1-3 из отделения перегонки серной кислоты.

Уровень кислоты в емкостях поз. 3/1-4 контролируется с помощью дифманометра ДМПК-100 поз. LT 3/1-2 (LT 3/2-2), вторичного прибора ППВ1.1 поз. LI 3/1-4 (LI 3/2-4), электроконтактного манометра ЭКМ-1У поз. LIA 3/1-3 (LIA 3/2-3) с сигнализацией максимального уровня. Уровень кислоты в баках поз. 48/1-3 контролируется с помощью дифманометра ДМПК-100 поз. LT 48/1-2 (LT 48/2-2, LT 48/3-2), вторичного прибора ПВ 4.3Э поз. LIR 48/1-4 (LIR 48/2-4, LIR 48/3-4), электроконтактного манометра ЭКМ-1У поз. LIA 48/1-3 (LA 48/2-3, LA 48/3-3) с сигнализацией максимального уровня. Во время обмена цикловых растворов кислота из емкостей поз. 3/1-4, баков поз. 48/1-3 центробежным насосом поз. 4 откачивается в емкости поз. 48а/1-2, из которых самотеком поступает в смесители поз. 1/1-2 для приготовления электролита, подача же возвратной кислоты в емкости поз. 13/1-2 прекращается и производится в отделение перегонки.

Уровень кислоты в емкостях поз. 48а/1-2 контролируется и регистрируется с помощью дифманометра ДМПК-100 поз. LT 48а/2-2, вторичного прибора ППВ1.1 поз. LIR 48а/2-3, электроконтактного манометра ЭКМ -1У поз. LIA 48а/2-4 с сигнализацией

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лист
						23
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

максимального уровня, регулятора ПП12.2 поз. НС 48а/ 2-5, регулирующего клапана поз. 48а/2-6.

Приготовленный электролит имеет следующий состав:

Удельный вес 1,3-1,355 г/дм³

Содержание серной кислоты 520-620 г/дм³

Содержание роданистого аммония 0,12-0,25 г/дм³

Содержание соляной кислоты 0,01-0,03 г/дм³

Содержание Fe⁺³ в два раза меньше, чем в возвратной кислоте.

Воздухоснабжение

(технологическая схема № 692/1-35-ТХ лист 10)

Воздух для приборов КИПиА давлением 0,5-0,8 МПа (5-8 кгс/см²) поступает из реципиентов поз. 48 корпуса № 203 цеха № 4.

Расход воздуха КИПиА контролируется и регистрируется с помощью диафрагмы ДКН-50 поз. FE в.к-1, дифманометра ДМПК-100 поз. FT в.к-2 и вторичного прибора ПВ4.3Э поз. FIR в.к-4.

Давление воздуха КИПиА контролируется и регистрируется с помощью манометра МС-П2 поз. РТ в.к-3, вторичного прибора ПВ4.3Э поз. РIR в.к-4 с сигнализацией минимального давления 0, 2 МПа (2,0 кгс/см²) с помощью электроконтактного манометра

ЭКМ-1У поз. РIA в.к-5.

Давление воздуха, используемого для приборов КИПиА корпуса 1, редуцируется до давления 0,14 МПа при помощи манометра МС-П2 поз. РТ в.к-1, вторичных приборов ПВ10.1Э поз. PRK в.к-2 (PRK в.к-2а), регуляторов ПР3.31 поз. РС в.к-3 (РС в.к-3а) и регулирующих клапанов поз. в.к.-4, в.к-5 (в.к-4а, в.к-5а).

Воздух для технологических нужд производства, ремонтных работ давлением до 0,8 МПа (8 кгс/см²) поступает из корпуса № 203 цеха № 4 из поз. 48 по специальному трубопроводу Ду 50.

Давление воздуха контролируется с помощью манометра ОБМ-160 поз. РG в.т-1.

Расход контролируется с помощью диафрагмы поз. FE в.т-1, дифманометра ДМПК-100 поз. FT в.т-2, вторичного прибора ПВ4.2Э поз. FIR в.т-3.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

24

Для технологических нужд, для транспортировки кислоты из вакуум-монжусов поз. 513, поз. 518 корпуса 3/5 используется воздух $P = 0,25 \text{ МПа}$ ($2,5 \text{ кгс/см}^2$), редуцирующийся при помощи манометра МС-П2 поз. РТ в.т.-1, вторичного прибора ПВ10.1Э поз. РРК в.т.-2, регулятора давления типа ПР3.31 поз. РС в.т.-3, регулирующего клапана поз в.т.-4.

Давление воздуха, используемого для приборов КИПиА корпуса 3/5, редуцируется до давления $0,16-0,25 \text{ МПа}$ при помощи редукторов РДФ-3

Электролиз серной кислоты

(технологическая схема № 692/1-ТХ-35 лист 2)

Избыточное количество электролита по линии перелива из напорных баков поз. 16/1-2 сливается в фильтры поз. 2/1-2. Уровень электролита в напорном баке поз. 16/1 измеряется и регулируется при помощи дифманометра ДМПК-100 поз. ЛТ 16/1-2, вторичного прибора ПВ10.1Э поз. LРК 16/1-3, регулятора ПР3.31 поз. LC 16/1-4 и регулирующего клапана поз. 16-6 с сигнализацией максимального уровня при помощи ЭКМ-1У поз. ЛИА 16/1-5. Уровень в напорном баке поз. 16/2 замеряется с помощью дифманометра ДМПК-100 поз. ЛТ 16/2-2, вторичного прибора ПВ10.1Э поз. LIR 16/2-4 с сигнализацией максимального уровня при помощи ЭКМ-1У поз. ЛИА 16/2-3. Температура в напорном баке поз. 16/2 замеряется и регистрируется при помощи термометра сопротивления ТСМ 5071 поз. ТЕ 16/2-1, вторичного прибора КСМ 3 поз. TIR 16/2-2.

Из напорных баков поз. 16/1, 16/2 электролит самотеком, через ротаметры постоянного перепада, поступает в электролизеры поз. 18, в отделении электролиза установлено 32 электролизера, расположенных в 3 ряда (9 электролизеров в резерве или ремонте).

Источником постоянного тока служат кремниевые выпрямители ВАК-12500/300, установленные в корпусе № 16, откуда по шинопроводам постоянный ток подается на питание электролизеров. Электролизеры по источнику тока соединены последовательно, по питанию электролитом – параллельно.

Электролит поступает в катодное пространство электролизера и перетекает в анодное пространство первого анода с последовательным перетоком через все 7 анодов.

Электролизеры имеют отдельный отбор анодного и катодного газов.

Токовая нагрузка на электролизер 1-14 кА

Напряжение 4,0-5,5 В

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

Температура анолита 10-22 °С

Выход по току до 75 %

Допустимый «перекос» напряжения на сериях электролизеров не более 20 % от общего напряжения.

Охлаждение анодов производится технической фильтрованной водой.

Фильтрованная вода из корпуса № 205 поступает в корпус № 1 через ввод № 4 в количестве до 600 м³/ч. Количество поступающей воды замеряется с помощью диафрагмы поз. FE вфп-1, дифманометра ДМПК-100 поз. FT вфп-2, вторичного показывающего и регистрирующего прибора ПВ4.3Э поз. FIR вфп-3. Температура прямой охлаждающей воды измеряется с помощью термометра сопротивления ТСМ-5071 поз. TE вфп-1 и вторичного прибора КСМЗ поз. TIR вфп-2.

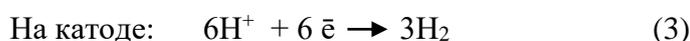
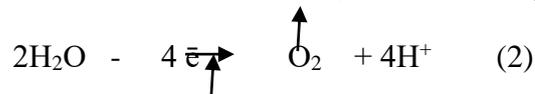
От ввода № 4 вода подается на охлаждение анодов-холодильников, на узел приготовления электролита, холодильников поз.7а, 8/1-2, 17/1-2, используется в качестве рабочей жидкости для вакуумных насосов поз.1124 /1-4, 1126/1-2.

Обратная охлаждающая вода после анодов-холодильников сбрасывается в бак – расширитель поз.23, из которого сбрасывается в дамбу пруда-охладителя завода через корпус 249. Температура обратной охлаждающей воды измеряется с помощью термометра сопротивления ТСМ -5071 поз. TE вфо-1 и вторичного прибора КСМЗ поз. TIR вфо-2. Уровень воды в баке-расширителе поз. 23 измеряется с помощью прибора ДМПК-100 поз. LT 23-2, вторичного прибора ППВ1.1 поз. LI 23-3. Щелочность (кислотность) охлаждающей воды контролируется с помощью рН-метра РН 261 поз. QE 23а-1, вторичного прибора КСПЗ поз. QIRA 23а-2 с сигнализацией при рН= 7.

Процесс электролиза в электролизере протекает суммарно по следующей реакции:



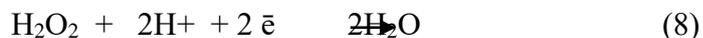
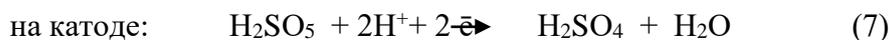
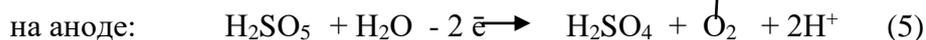
и слагается из отдельных процессов, протекающих на аноде и катоде.



Кроме основных реакций возможно протекание ряда побочных реакций:

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
						26
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

в электролите:



На аноде наряду с образованием надсерной кислоты неминуемо должен идти процесс разряда молекул воды, приводящий к образованию кислорода, процесс образования кислорода должен идти в первую очередь поскольку стандартный потенциал его, равный 1,5 в, значительно ниже потенциала образования надсерной кислоты 3-3,2 в. Для максимального подавления этого процесса следует вести электролиз из концентрированных растворов серной кислоты, в которых максимально снижена активность воды и повышена кислотность и, следовательно, равновесный потенциал сдвинут в сторону образования надсерной кислоты.

Однако, одним сдвигом равновесного потенциала не удастся добиться преимущественного протекания реакции образования $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$. Необходимо еще выбрать материал анода, на котором перенапряжение выделения кислорода было бы возможно большим.

Таким материалом является гладкая платина. Выделение кислорода на гладкой платине в концентрированной серной кислоте сопровождается окислением поверхности платины – образованием поверхностных и фазовых окислов. На аноде, покрытом такими окисными соединениями, богатыми кислородом и с большой энергией связи металл-кислород, перенапряжение выделения кислорода резко повышено, что благоприятствует протеканию реакции образования $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$.

Таким образом, условия, благоприятствующие получению надсерной кислоты, следующие:

- высокая концентрация серной кислоты (уд. вес 1,3-1,35 г/см³), обеспечивающая максимальную электропроводность;
- низкая температура (10-15 °С);
- высокая плотность тока (6000 - 7000а/м²);
- материал анода с высоким перенапряжением выделения кислорода (титановый

корпус с накаткой гладкой листовой платины с целью экономии последней).

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

27

Накатка платины на аноды.

Лист платиновой фольги по ГОСТ 24353-80 режется на полосы размером 954×3,0×0,02 мм, на каждый анод нарезается 144 полосы средним весом 177 г. Накатка платиновых полос на титановую коробку производится на специальном стенде ручной накатки по 72 полосы с каждой стороны.

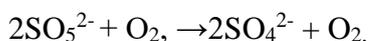
После накатки платины на титановую коробку привариваются титановые токоподводы из титановой проволоки при помощи контактной точечной сварочной машинки типа МЦА-5. Затем аноды обвязываются винипластовыми кожухами, на которые наклеивается винипоровая диафрагма марки ДВА по ТУ 2291-002-95465078-2009, предназначенная для образования анодного пространства.

На каждый электролизер устанавливается 7 анодов и 8 катодов.

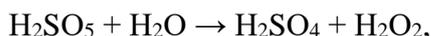
В процессе электролиза происходит незначительное растворение платины. Расход платины составляет от 0,0025 до 0,01 г на 1 кг 100 % пероксида водорода, в среднем 0,006 г на 1 кг 100 % пероксида водорода, увеличиваясь при добавлении ионов хлора в качестве промотора. Часть платины осаждается на поверхности катодов (при снятии нагрузки переходит в раствор), остальная часть уходит с цикловыми растворами на стадию дистилляции серной кислоты и в виде шламов выводится и сбрасывается в загрязненные стоки производства.

Реакции 7 и 8 протекают в результате восстановления активного кислорода (пероксида водорода и моноадсерной кислоты), содержащегося в электролите, приготовленном из возвратной кислоты.

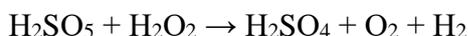
Для снижения образования пероксомонсерной кислоты H_2SO_5 (кислоты Каро) в результате гидролиза пероксодисерной кислоты, а также снижения потерь активного кислорода от разложения кислоты Каро на аноде по реакции:



снижения образования пероксида водорода от гидролиза по реакции:



снижения разложения кислоты Каро под действием пероксида водорода по реакции:



Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

и, в целом, для увеличения выхода по току, необходимо применение высокой анодной плотности тока (около 1а/см^2), а также необходимо работать с возможно более холодным электролитом, температура которого не должна превышать $20\text{ }^\circ\text{C}$.

Вводимая в электролит добавка промотора (поверхностно-активного вещества NH_4CNS , HCl), адсорбируясь на поверхности анода, увеличивает перенапряжение выделения кислорода, что приводит к увеличению выхода по току надсерной кислоты.

Электролит, проходя все анодные ячейки электролизера, обогащается надсерной кислотой до содержания $200\text{-}330\text{ г/дм}^3$ и через прерыватель струи поз. 22 поступает в приемные емкости поз. 20/1-3. На каждые 7 электролизеров установлен один прерыватель струи.

Температура анолита замеряется при помощи термометра сопротивления ТСМ -5071 поз. ТЕ поз. 20-1, электронного моста КСМ-3 поз. ТИР 20-2.

Из емкостей поз. 20/1-3 анолит насосом поз. 21/1-2 подается в емкости поз. 1101/1-3 отделения гидролиза. Уровень анолита в поз. 20/1-3 контролируется с помощью дифманометра ДМПК-100 поз. ЛТ 20-2, вторичного прибора ППВ1.1 поз. ЛИР 20-3, электроконтактного манометра ЭКМ-1У поз. ЛИА 20-4 с сигнализацией максимального уровня. Кроме того, уровень в поз. 20/1-3 замеряется вторичным прибором ПВ4.3Э поз. ЛИР 101-6. Расход анолита замеряется при помощи ротаметра РПФ 16 ЖУЗ поз. FGT 21-1 и вторичного прибора ПВ 4.3Э поз. FIR 21-2.

Выходящий из электролизеров катодный газ - водород, содержащий не более 1,5 % об. кислорода, брызг и тумана серной кислоты, сбрасывается в атмосферу «на свечу» через гидрозатвор поз. 1024. В зимнее время «свеча» - трубопровод сброса водорода в атмосферу обогревается паровым «спутником». Температура «спутника» замеряется с помощью термометра сопротивления поз. ТЕ 1024-1 и вторичного прибора КСМЗ поз. ТИР 1024-2 с сигнализацией минимальной температуры при $50\text{ }^\circ\text{C}$.

Давление водорода в водородном коллекторе контролируется с помощью напорометров НС-П1 поз. РТ 18/1,2 кг-1, поз. РТ 18 кг-1, вторичных приборов ПВ4.3 Э поз. РИР 18/1,2 кг-2, поз. РИР кг-2, электроконтактных манометров ЭКМ-1У поз. РИА 18/1,2 кг-2, поз. PAS кг-3 с сигнализацией минимального давления при $0,3\text{ кПа}$ (30 мм вод. ст.) и автоматическим отключением электропитания электролизеров при $0,2\text{ кПа}$ (20 мм вод. ст.), с одновременным открытием отсечного клапана поз. кг-6, установленного на линии подачи азота давлением $1,8 - 2\text{ кПа}$ ($180\text{-}220\text{ мм вод. ст.}$). Давление азота, поступающего в водородные коллектора (при аварийной ситуации), поддерживается автоматически с помощью напорометра НС-П1 поз. РТ 1042-1, вторичного прибора

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
						29
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

ПВ10.1Э поз. PRK 1042-2, регулятора ПР 3.31 поз. РС 1042-3, регулирующего клапана поз. 1042-4 и гидрозатвора поз. 1042. Давление водорода в коллекторе создается гидрозатвором поз. 1024

в пределах 0,3- 0,8 кПа (30-80 мм вод. ст.), регулируется вручную заслонкой, обеспечивающей изменение уровня воды в гидрозатворе. Предусмотрены кнопки ручного аварийного отключения токовой нагрузки на электролизеры, кнопка дистанционного открытия отсечного клапана на подаче азота для продувки водородного коллектора. Данные средства автоматики используются по плану мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий (ПМЛЛПА).

Анодный газ (смесь кислорода и озона), бортовые отсосы от электролизеров, местный отсос от пробоотборных шкафов поз. 49 выводятся из системы с помощью технологической вентиляции В-50, В-14, В-15 и В-16 соответственно за пределы цеха в атмосферу.

Катодный газ в коллекторе анализируется на содержание водорода газоанализатором ГТВ-1101 блочно-модульной конструкции поз. QIA кг-2 с сигнализацией содержания водорода при 98,5 % об. и на содержание кислорода с сигнализацией содержания кислорода в водороде при 1,5 % об. поз. QIA кг-1

Для анализа воздуха рабочих зон установлен десятиканальный газоанализатор водорода типа СТМ-10ПЦ с 8 точками забора воздуха из электролизного зала, по 1 точке из помещения гидрозатвора поз. 1024 и газоанализаторной производств с контролем содержания водорода в пределах 0-20% НКП РП, сигнализацией при 20% НКП РП от каждой точки поз. QIAS пом., с включением аварийной вентиляции АВ/1-б при 20% НКП РП водорода из каждой точки отбираемого забора воздуха помещения электролизного зала. Данные средства автоматики используются по плану мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий (ПМЛЛПА).

Для контроля, за содержанием озона в воздухе рабочего помещения в отделении электролиза установлен газоанализатор «ЭССА-О₃» с сигнализацией содержания озона в помещении при 0,1 мг/м³ поз. QIA пом.11.

Обвязка электролизеров по электролиту и газам выполнена с учетом возможного отключения каждого отдельного электролизера. Для отключения электролизера на ремонт предусмотрена его шунтировка при токовой нагрузке 1кА. Опорожнение электролизеров после их отключения производится с помощью вакуума в вакуум-туриллу поз. 28/1. Слив кислоты из нее производится в бак поз. 5. Можно производить слив кислоты из

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
						30
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

электролизеров поз. 18 сразу после отключения при помощи сифона и шланга в емкость поз. 14, если в ней содержание ионов железа и меди не выше, чем в цикловом растворе.

Остатки промывных вод из электролизеров поз. 18 отсасывают с помощью вакуум-турбиллы поз. 28/2 с последующим сливом в канализацию при разбавлении водой до ПДК. Кислота из бака поз. 5 периодически перекачивается насосом поз. 6 в отделение перегонки на очистку.

Уровень кислоты в баке поз. 5 контролируется дифманометром ДМПК-100 поз. LT 5-2, вторичным прибором ППВ1.1 поз. LI 5-3, электроконтактным манометром ЭКМ-1 поз. LIA 5-4 с сигнализацией максимального уровня.

Азот, поступающий из реципиентов корпуса № 236, после редуцирования до 0,05 – 0,06 МПа (0,5 - 0,6 кгс/см²) направляется через ротаметр на «свечу» поз.1024 для исключения образования взрывоопасной смеси в количестве не менее 18 нм³/час, а также используется для поддержания избыточного давления в водородном коллекторе и для продувки водородного коллектора в ручном режиме. Давление азота контролируется и регулируется манометром МПД поз. РТ а-1, вторичным прибором ПВ10.1Э поз. PRK а-2, регулятором ПРЗ.31 поз. РС а-3, регулирующим клапаном поз. а-4 и электроконтактным манометром поз. PIA а-5 с сигнализацией минимального давления 0,05 МПа (0,5 кгс/см²).

Расход азота давлением 0,6 МПа замеряется диафрагмой ДКН-50 поз. FE а-1, дифманометром ДМПК-100 поз. FT а-2 с регистрацией при помощи вторичного прибора ПВ4-3Э поз. FIR а-3.

При необходимости кратковременной остановки электролиза без промывки электролизных ванн от рабочих растворов допускается перевод отделения электролиза в режим «катодной защиты» при периодической циркуляции растворов под токовой нагрузкой 0,5 - 1 кА. При этом для исключения образования взрывоопасной смеси водорода с воздухом в водородном коллекторе поддержание избыточного давления водорода в коллекторе в пределах 5 - 10 мм вод. ст. осуществляется поддувом азота P = 0,05 МПа (0,5 кгс/см²) в ручном режиме в количестве не менее 15 м³/ч с автоматическим отключением токовой нагрузки до 0 кА при достижении давления в коллекторе, равного 5 мм вод. ст. Поддув азота в водородный коллектор на выбросе водорода на «свечу» после гидрозатвора поз. 1024 при этом допускается не производить.

Отключение системы ПАЗ отделения электролиза по отдельному параметру (блокировки по автоматическому отключению токовой нагрузки на электролизеры до 0 кА)

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лист
						31
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

допускается производить только специально назначенной заводской комиссией инженерно-технических работников по графику, утвержденному главным инженером предприятия, на срок до 10 минут и только в дневное время.

Отделение перегонки и гидролиза

Состоит из следующих узлов:

- гидролиза надсерной кислоты;
- ректификации перекиси водорода;
- подготовки конденсата;
- системы высокого и низкого вакуума;
- очистки перекиси водорода от серной кислоты.

Гидролиз надсерной кислоты

(технологическая схема № 692/1-ТХ-35 лист 3)

Надсерная кислота (анолит) $H_2S_2O_8$ из отделения электролиза насосом поз. 21/1-2 подается в емкости поз. 1101/1-3. Уровень кислоты в емкостях поз. 1101/1-3 замеряется и регулируется с помощью дифманометра ДМПК-100 поз. LT 101-2, вторичных приборов ПВ10.1Э поз. LRK 101-3 и ПВ4.3Э поз. LIR 101-6, регулятора уровня ПР3.31 поз. LC 101-4, регулирующего клапана поз.20-5, электроконтактного манометра ЭКМ-1У поз. LIA 101-7 с сигнализацией максимального уровня при 80 %.

Из емкостей поз. 1101/1-3 анолит с помощью вакуума поступает в гидролизеры первой ступени поз.1102/1-6,1а-6а,15 в количестве до 0,3 м³/ч на каждый гидролизер. Количество анолита регулируется с помощью расходчика переменного перепада – индикатора расхода (конструкции КХЗ) поз. FG 102/1-1.

Греющий пар давлением 0,5 -1,1 МПа (5-11 кгс/см²) поступает из ЦТП корп.330 в корпус 1, проходит через РОУ - редуциционно-охладительную установку.

Давление поступающего пара контролируется и регистрируется с помощью манометра МС-П2 поз. РТ пар 11-1 и вторичного прибора ПВ4.3Э поз. PIR пар 11-2.

Расход пара контролируется и регистрируется с помощью диафрагмы ДКН-25/250 поз. FE пар 11-1, дифманометра ДМПК-100 поз. FT пар 11-2 и вторичного прибора ПВ4.3Э поз. FIR пар 11-3.

Температура пара контролируется и регистрируется с помощью термометра сопротивления ТСМ-5071 поз. ТЕ пар 11-1 и электронного самопишущего моста КСМЗ поз. TIR пар 11-2.

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
						32
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

Пар контролируется на содержание солей жесткости при помощи солемера типа РС-25 поз. QE пар 11-1 с регистрацией показаний до 2 мг/кг при помощи вторичного прибора КСМЗ поз. QIR пар 11-2.

Давление пара после РОУ измеряется и редуцируется до 0,1-0,3 МПа (1-3 кгс/см²) с помощью манометра МС-П2 поз. РТ пар 3-1, вторичного прибора ПВ10.1Э поз. PRK пар 3-2, регулятора ПР3.31 поз. РС пар 3-3 и регулирующего клапана поз. пар 3-4.

Температура пара после РОУ измеряется и регулируется в пределах 130-140 °С с помощью термометра сопротивления ТСМ-5071 поз. ТЕ пар 3-1, вторичного прибора КСМЗП поз. TRK пар 3-2, регулятора ПР3.31 поз. ТС пар 3-3 и регулирующего клапана поз. пар 3-5.

После редуцирования пар поступает в рубашки гидролизеров 1 ступени.

Давление пара, поступающего к гидролизерам, измеряется и регулируется до 0,1-0,3 МПа (1-3 кгс/см²) с помощью манометра МС-П2 поз. РТ пар 3-6, вторичного прибора ПВ10.1Э поз. PRK пар 3-7, регулятора ПР3.31 поз. РС пар 3-8, байпасной панели поз. НС пар 3-9 и регулирующих клапанов поз. пар 3-11, поз. пар 3-12

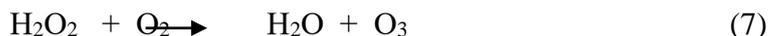
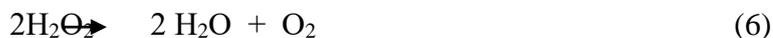
Гидролиз надсерной кислоты в гидролизере 1 ступени происходит при температуре 85-125 °С в вакууме 80-90 кПа (600 - 675 мм рт. ст.). Вакуум создается с помощью вакуум-насосов поз. 1124/1-4 и подводится к гидролизерам поз. 1102/1-6,1а-6а,15 через барометрические конденсаторы поз. 1122/1-3, поверхностные конденсаторы поз. 1121/1-6,15 ректификационные колонны поз. 1108/1-6,15, гидролизеры поз. 1103/1-6,1а-6а,15.

Гидролиз протекает по реакциям:



В присутствии каталитических примесей и температуры протекают побочные реакции:

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
						33
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		



Реакции 4, 5, 6,7 приводят к снижению выхода по гидролизу.

Парожидкостная смесь, состоящая из паров воды и пероксида водорода, раствора серной кислоты и неразложившейся мононадсерной кислоты, из гидролизера I ступени с помощью вакуума поступает в гидролизер II ступени, где происходит разделение на паровую и жидкую фазы.

Температура парожидкостной смеси замеряется термометром сопротивления ТСП-5071 поз. ТЕ 102/1-1, поз. ТЕ 102/1а-1 в комплекте с электронным автоматическим самопишущим мостом КСМЗ поз. ТИР 102/1-2, поз. ТИР 102/1а-2. Остаточное давление на выходе из гидролизера II ступени замеряется с помощью вакуумметра ВС-П1 поз. РТ 103/1-1, поз. РТ 103/1а-1 и вторичного прибора ПВ 4.3Э поз. РИР 103/1-2.

Паровая фаза из гидролизеров II ступени поступает в циклон, расположенный после гидролизера II ступени, в котором пары воды и пероксида водорода отделяются от брызг серной кислоты.

Жидкая фаза стекает в нижнюю часть гидролизера II ступени, из нижней части гидролизера II ступени выходит отработанная серная кислота (возвратная) с содержанием мононадсерной кислоты и пероксида водорода (в пересчете на надсерную кислоту) 1-50 г/дм³ и серной кислоты 1000-1200 г/дм³.

Возвратная кислота из гидролизеров II ступени по барометрической трубе стекает в холодильники поз. 1104/1-6,15, поз. 1104/1а-6а, служащие одновременно и гидрозатворами, где охлаждается до температуры 10-55 °С и поступает в бак - сборник поз. 1106 .

Уровень возвратной кислоты в сборнике поз. 1106 замеряется с помощью дифманометра ДМПК-100 поз. ЛТ 106-2, вторичных приборов поз. Л1 106-3, поз. ЛИР

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
						34
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

106-5, электроконтактного манометра ЭКМ-1У поз. ЛИА 106-4 с сигнализацией минимального и максимального уровней.

Из бака - сборника поз. 1106 возвратная серная кислота центробежным насосом поз. 1107/1-2 подается в емкости поз. 13/1-2, а во время обмена цикловых растворов в отделение перегонки серной кислоты (дистилляции) на очистку от примесей. Отбор проб из бака - сборника поз. 1106 производится из специального перфорированного кармана-сборника.

Для освобождения холодильников поз. 1104/1-6,15, поз. 1104/1а-6а, бака - сборника поз. 1106 от кислоты при подготовке к ремонту служит вакуум-турилла поз. 1115/2. Заполнение кислотой холодильников поз. 1104/1-6,1а-6а,15 после их ремонта производится из вакуум-туриллы поз. 1115/3, кислота в которую набирается из бака - сборника поз. 1106 или коллектора возвратной кислоты. Для создания предварительного вакуума в системе гидролиза и ректификации, а также для транспортирования растворов служат вакуум-насосы низкого вакуума поз. 1126/1-2.

Для предотвращения попадания раствора пероксида водорода в вакуум-насосы поз. 1124/1-4 служит вакуум-ловушка поз.1138.

Для предотвращения попадания раствора пероксида водорода и кислоты в вакуум-насосы поз. 1126/1-2 служат вакуум-туриллы поз.1115/1-3, 1125/1 и вакуум-ловушка поз. 1137. Уровень в ловушках поз. 1137 и 1138 контролируется с помощью сигнализаторов уровня СУС-13 поз. ЛИА 137-2, поз. ЛИА 138-2 с сигнализацией максимального уровня при 10%. (см. технологическую схему № 692/1-ТХ-35 лист 5)

Отделение гидролиза и ректификации состоит из 3 систем. В одну технологическую систему входит один вакуумный насос, один барометрический конденсатор, до 3 поверхностных конденсаторов, трех ректификационных колонн, шести гидролизеров II ступени, шести гидролизеров I ступени. На каждую ректификационную колонну работают два гидролизера, кроме колонны поз.1108/15, на которую работают по одному гидролизеру I и II ступени. Регулирование технологического процесса во всех системах выполнено одинаково.

Ректификация пероксида водорода

Из гидролизеров II ступени поз. 1103 пары воды с содержанием пероксида водорода 5-7 %, пройдя циклон, поступают в нижнюю часть фарфоровой колонны поз. 1108, заполненную насадкой – фарфоровыми кольцами Рашига 25 × 25 мм. Установлено 7 ректификационных колонн.

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лист
						35
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

Режим работы ректификационных колонн поз. 1108/ 1-6,15:

Остаточное давление в колонне - 40 - 80 мм рт. ст. (5,33 - 10,66 кПа)

Температура: верха - не более 40 °С

 низа - не более 50 °С

Выход продукта при гидролизе - 65 - 85 %.

Остаточное давление колонны контролируется и регистрируется при помощи манометра типа МАС-ПЗ поз. РТ 108/1-1, вторичного прибора ПВ-4.3Э поз. РИР 108/1-2. Замер температуры верха колонн осуществляется с помощью термометра сопротивления ТСМ поз. ТЕ 108/1-1, лагометра Л-64И поз. ТИ 108/1-2, низа колонн - с помощью термометра сопротивления ТСМ поз. ТЕ 108/2-1, лагометра Л-64И поз. ТИ 108/2-2. Регулирование плотности пероксида водорода осуществляется изменением количества конденсата, подаваемого в колонну в качестве флегмы из туриллы для подпитки поз. 108а через индивидуальные расходчики поз. FG 108.

Замер и регулирование уровня конденсата в емкости поз. 108а осуществляется с помощью дифманометра ДМПК-100 поз. ЛТ 108а-2, вторичного прибора ПВ10.1Э поз. LRK 108а-3, регулятора ПР3.31 поз. LC 108а-5, регулирующего клапана поз. 108а-6, с сигнализацией минимального уровня с помощью электроконтактного манометра ЭКМ-1У поз. ЛИА 108а-4. В качестве флегмы используется смесь технологического и технического (парового) конденсата из сборника поз. 1119/1-2.

Ввиду разности температур кипения пероксида водорода и воды в колонне поз. 1108 происходит конденсация паров пероксида водорода и переход его во флегму при одновременном испарении из флегмы пропорционального количества воды.

Из нижней части колонны вытекает раствор, обогащенный пероксидом водорода до концентрации 30 – 40 %, с содержанием серной кислоты 0,7-2,5 г/дм³, который охлаждается в холодильниках поз. 1109/1-6,15 и направляется в вакуум-приемники поз. 1110/1-6,15.

Плотность пероксида водорода, выходящего из колонн поз. 1108/1-6,15, контролируется с помощью ареометров поз. QG 109/1, QG 109/2, установленных в сосудах постоянного уровня на линии слива из холодильников поз. 1109/1-6,15 в вакуум - приемники

поз. 1110/1-6,15, по мере заполнения которых производится ручное переключение на резервные.

Из вакуум - приемников поз. 1110/1-6,15 пероксид водорода транспортируется в туриллы поз. 1112/1-6, 1150/1-8, 1300/1-8 с помощью вакуума от вакуум-насоса поз. 1126/1-2, а при необходимости от вакуум-насоса поз. 1124/4 через вакуум-ловушку поз.1125/1.

Из турилл поз. 1300/1-8 пероксид водорода направляется на очистку от серной кислоты в колонну для очистки пероксида водорода поз. 1310/2-3. Из верхней части продуктовых колонн поз. 1108/1-6,15 выходят водяные пары с незначительным содержанием пероксида водорода 0 - 1 г/дм³ и примесью газообразного кислорода, которые поступают в поверхностные конденсаторы поз.1121/1-6, .15.

Подготовка конденсата (конденсатный узел)

В поверхностных конденсаторах поз. 1121/1-6, 15 пары воды конденсируются и образовавшийся конденсат по барометрической трубе стекает в барометрические баки поз. 1118/1-4, служащие одновременно сборниками конденсата и гидрозатворами. Не сконденсировавшаяся парогазовая смесь из поверхностных конденсаторов поз. 1121/1-6,15 поступает в барометрические конденсаторы поз. 1122/1-3, в один барометрический конденсатор поступает парогазовая смесь из трех поверхностных конденсаторов, конденсируется и вместе с водой по барометрической трубе стекает в барометрический бак поз. 1123, откуда направляется в систему условно-чистых стоков.

Газы и не сконденсировавшиеся пары из барометрического конденсатора отсасываются вакуум-насосом поз. 1124 и сбрасываются в атмосферу. Технологический конденсат из барометрических баков поз. 1118/1-4 поступает в сборники конденсата поз. 1119/1-2.

В сборники конденсата поз. 1119/1-2 кроме технологического конденсата поступает технический конденсат. Технический конденсат из рубашек гидролизеров первой ступени поз. 1102 через конденсатоотводчики, охлаждаясь технической водой последовательно в холодильниках поз.128/1-2, 129/1-2, поступает в приемные баки поз. 134/1-2, из которых насосами поз. 135/1-2 направляется в корпус 7 через теплообменник поз. 139 на промывку винипоровых диафрагм, в корпус 3/5 на промывку кварцевых аппаратов и тары, в корпус 16 на охлаждение кремниевых выпрямителей, через теплообменник поз.138/1-2 на РОУ, в лабораторию и на технологические нужды в напорный бак поз. 1131, бак для приготовления промотора в поз. 10/1-2. Излишки технического конденсата сбрасываются в сеть обратной водохранилищной воды в барометрический бак поз. 1123. Регулирование уровня в емкости поз. 134 осуществляется автоматически с помощью дифманометра ДМПК-100 поз. ЛТ 134/1-2, вторичного прибора ПВ10.1Э поз. LRK 134/1-3, регулятора поз. ЛС 134/1-4 и регулирующего клапана поз. 134-6 с сигнализацией максимального уровня

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	<i>Лис</i>
<i>Ли</i>	<i>Изм.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дат</i>		37

при помощи электроконтактного манометра ЭКМ-1У поз. ЛИА 134/1-5. (См. лист 6 технологической схемы). Сброс конденсата производится по заданному уровню в емкости поз. 134. Перед использованием технического конденсата в технологических целях последний подвергают очистке от ионов железа. В напорный бак поз. 1131 постоянно подается сжатый воздух для барботажа конденсата. Под действием кислорода воздуха происходит коагуляция железа в конденсате с образованием гидроокиси железа $Fe(OH)_3$, которая выпадает в осадок. В напорном баке поз. 1131 поддерживается постоянный уровень конденсата за счет стока его в фильтры поз. 1132/1-2 и патронный фильтр поз. 1132/3 через линию перелива.

В фильтрах поз. 1132/1-2 фильтрующим материалом служит стекловолокно, на которое оседает гидроокись железа, выпавшая в осадок. Из фильтров поз. 1132/1-2 конденсат стекает в баки конденсата поз. 1133/1-2, из которых сливается в сборники поз. 1119/1-2 по заданному уровню в сборнике поз. 1119/2. Из патронного фильтра поз. 1132/3 конденсат поступает также в сборники поз. 1119/1-2.

Из сборников поз. 1119/1-2 технологический конденсат в смеси с фильтрованным техническим конденсатом насосом поз. 1120/1-2 откачивается в бак поз. 7 через холодильник поз. 7а или напрямую, в емкости поз. 1153/1-2, в колонну поз. 1310/1-2, в емкость поз. 1315/2, в туриллу поз. 108а.

Уровень конденсата в сборнике поз. 1119/2 контролируется и регулируется с помощью прибора ДМПК-100 поз. ЛТ 119/2-2, вторичного прибора ПВ10.1Э поз. LРK 119/2-3, регулятора ПР3.31 поз. LC 119/2-4 и регулирующего клапана поз. 119-6 с сигнализацией минимального уровня с помощью электроконтактного манометра ЭКМ-1У поз. ЛИА 119/2-5. Уровень конденсата в сборнике поз. 1119/1 контролируется с помощью дифманометра ДМПК-100 поз. ЛТ 119/1-2, вторичного прибора ПВ4.3Э поз. LIR 119/1-3 с сигнализацией минимального уровня с помощью электроконтактного манометра ЭКМ-1У поз. ЛИА 119/1-4

Система высокого и низкого вакуума (вакуумирование)

Гидролиз надсерной кислоты и ректификация пероксида водорода ведется под вакуумом 600-675 мм рт. ст. (83-90 кПа) и остаточном давлении 40-80 мм рт. ст. (5,33-10,66 кПа) соответственно.

Для обеспечения такого вакуума служат водокольцевые насосы высокого вакуума поз. 1124/1-4. Все вакуум-насосы поз. 1124/1-4 между собой закольцованы, но могут работать и на отдельную систему.

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
						38
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

При отключении вакуум-насоса поз. 1124/1-4 срабатывает световая и звуковая сигнализация в ЦЩУ-2. Величина вакуума в вакуумном коллекторе контролируется и регистрируется в двух точках с помощью манометров МАС - ПЗ поз. РТ вак-1, поз. РТ вак-1а, вторичного прибора ПВ4.3Э поз. РІR вак-3, электроконтактных манометров ЭКМ-1У поз. РІА вак-4, поз. РІА вак-2а с сигнализацией снижения вакуума при 600 мм рт. ст. (83 кПа).

Вакуум, создаваемый вакуум-насосами поз. 1124/1-4, называется «высоким» вакуумом. Вакуум, создаваемый вакуум-насосами поз. 1126/1-2, называется «низким» вакуумом и используется для транспортирования растворов и в качестве форвакуума (предварительного вакуума), чтобы подключение вакуум-турилл поз. 1110 или резервных аппаратов происходило без существенного нарушения (снижения) вакуума.

Рабочей жидкостью для водокольцевых насосов служит фильтрованная вода. Кроме того, предусмотрено использование в качестве рабочей жидкости для водокольцевых насосов технической воды.

К вакуум-приемникам поз. 1110 «высокий вакуум» подводится через ловушку «высокого» вакуума поз. 1138, «низкий» вакуум от вакуумных насосов поз. 1126 подводится через ловушку «низкого» вакуума поз. 1137.

К аппаратам с растворами серной кислоты «низкий» вакуум от поз. 1126 подводится через вакуум-ловушки поз. 1137, поз. 1115. К продуктовым туриллам поз. 1112, 1150, 1300 вакуум подводится через вакуум-ловушки поз. 1137, 1125/1-2. Вакуум-ловушки поз. 1125/1-2, 1137, 1138 и продуктовые туриллы снабжены дыхательными клапанами. Предусмотрена световая и звуковая сигнализация максимальных уровней в вакуум-ловушках поз. 1137 и поз. 1138 при помощи сигнализаторов уровня СУС -13 поз. LA137-2, поз. LA 138-2.

Очистка пероксида водорода от серной кислоты на смоле АН-251К,

ВП-1П, АМ-2Б.

Процесс очистки пероксида водорода от серной кислоты ведется на анионитной смоле АН-251К, АМ-2Б или ВП-1П в колонне поз.1310/1-3 и состоит из следующих стадий:

- очистки пероксида водорода от кислоты;
- стабилизации, ингибирования пероксида водорода;
- регенерации смолы АН-251, ВП-1П, АМ-2Б.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

Режим работы анионитных колонок поз. 1310/1-3 периодический. Очистка пероксида водорода от серной кислоты ведется в трех колонках поз. 1310/1-3 в следующем режиме, повторяющемся поочередно:

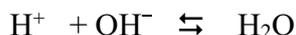
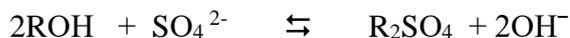
- первая колонна находится в стадии сорбции;
- вторая в стадии регенерации;
- третья на промывке.

Очистка пероксида водорода от серной кислоты

Раствор пероксида водорода из турилл поз. 1300 самотеком поступает на очистку в анионитную колонку поз. 1310/1-3 в количестве не менее 3,5 м³/ч, что особенно важно при работе со смолой «новой», имеющей большую ионообменную емкость. Для обеспечения требуемого расхода пероксида водорода пуск колонки необходимо начинать в этом случае только при наличии неочищенного пероксида водорода в количестве не менее 8-10 м³.

Расход пероксида водорода контролируется и регистрируется с помощью ротаметра РПФ-6,3 ЖУЗ поз. FGT 310-1, вторичного прибора ПВ4.3Э поз. FIR 310-2 с сигнализацией минимального расхода при 3,5 м³/ч от ЭКМ-1У поз. FIA 310-3.

При прохождении пероксида водорода через анионитную колонку поз. 1310 происходит процесс сорбции серной кислоты анионитом, находящемся в OH⁻ форме.



При достижении кислотности очищенного пероксида водорода до 0,3 - 0,35 г/дм³ подачу его в анионитную колонку поз. 1310/1 прекращают и устанавливают заглушку № 2 на подаче пероксида водорода в колонку поз. 1310/1 для надежности отключения.

При кратковременной остановке колонки поз. 1310 до 2 часов на стадии сорбции необходимо залить в нее 15-20 мл ортофосфорной кислоты. При более длительной остановке пероксид водорода из колонки поз. 1310 слить в емкость поз. 1153/1-2 и заполнить конденсатом, первую порцию которого 100-200 л слить в емкость поз. 1153/1-2, следующую слить в канализацию. При сливе пероксида водорода с колонки поз. 1310 «воздушка» на ионообменной колонке должна быть открыта с целью ее полного опорожнения.

Температура пероксида водорода в колонке поз. 1310/1-3 контролируется и регистрируется в двух точках (верх и низ) с помощью термометров сопротивления ТСП 5071

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
						40
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

поз. ТЕ 310/1-1, поз. ТЕ 310/2-1, поз. ТЕ 310/3-1, электронного моста КСМ 4 поз. ТИРА 310-6, термометров сопротивления ТСП 5071 поз. ТЕ 310/1-1а, поз. ТЕ 310/2-1а, поз. ТЕ 310/3-1а, вторичных приборов ДИСК-250 поз. ТИРА 310/1-2а, поз. ТИРА 310/2-2а, поз. ТИРА 310/3-2а соответственно с сигнализацией температуры пероксида водорода в обеих точках при 35 °С от собственных контактов КСМ-4 и ДИСК-250.

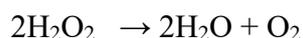
Температура пероксида водорода на выходе из колонн поз. 1310/1-3 контролируется и регистрируется с помощью термометра сопротивления ТСП 5071 поз. ТЕ 310 -5, электронного моста КСМ 4 поз. ТИРА 310-6 с сигнализацией температуры пероксида водорода при 35 °С от собственных контактов КСМ-4.

Уровень пероксида водорода в емкостях поз. 1153/1-2 контролируется с помощью приборов ДМПК-100 поз. ЛТ 153/1-2, поз. ЛТ 153/2-2 вторичных приборов ПВ4.3Э поз. Л1 153/1-4, поз. Л1 153/2-4 с сигнализацией максимального уровня с помощью ЭКМ-1У поз. Л1А 153/1-3, поз. Л1А 153/2-3. Очищенный от серной кислоты пероксид водорода собирается в емкости поз. 1153/1-2, откуда с помощью вакуума транспортируется в монжус поз. 1157/1 или направляется непосредственно в монжусы поз. 1157/3-4. Первые порции очищенного пероксида водорода могут иметь щелочную среду. Это обусловлено физико-химическими свойствами анионита. Поэтому при пуске колонки нужно иметь такое количество продукта, чтобы после проведения сорбции продукт на выходе с колонок имел кислую среду. При нехватке продукта или другой причине, при остановке колонки, временном прекращении сорбции при щелочной реакции продукта необходимо колонку остановить, опорожнить, промыть конденсатом. Щелочной пероксид водорода смешивается с неочищенным кислым пероксидом водорода, расчетное количество которого предварительно подается в емкости поз. 1157/1,3,4

Стабилизация, ингибирование пероксида водорода

Чистый пероксид водорода любой концентрации, свободный от загрязняющих катализаторов, в совершенно чистом сосуде из некаталитического материала представляет собой весьма устойчивое соединение.

Почти одновременно с открытием пероксида водорода стала известной и реакция его разложения:



Это свойство является в одних условиях весьма полезным, в других – нежелательным. Разложение пероксида водорода при его получении, хранении и транспортировании является нежелательным и зависит от многих факторов: случайных примесей, примесей, обусловленных производственным процессом, рН растворов

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	<i>Лис</i>
<i>Ли</i>	<i>Изм.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дат</i>		41

пероксида водорода, состояния поверхности сосудов, в которых находится пероксид водорода. Повышение температуры растворов пероксида водорода увеличивает скорость его разложения от указанных факторов. На практике невозможно достичь таких условий, как совершенная чистота раствора и полное отсутствие каталитического эффекта со стороны стенок сосуда или же отсутствие растворенных и взвешенных примесей.

Поэтому при производстве, хранении и перевозке осуществляются мероприятия по получению пероксида водорода в состоянии высокой чистоты, поддержанию pH раствора на уровне, обеспечивающем максимальную стабильность, внесением специальных добавок. Добавки некоторых веществ - стабилизаторов - противодействуют эффекту каталитических примесей или поверхностей сосуда, ингибиторов – ведут к снижению корродирующего действия примесей на алюминиевое оборудование, емкости, тару.

Так, известно, что сульфаты и хлориды повышают растворимость алюминия, фосфат на нее не влияет, а дифосфат ее снижает. Нитрат тормозит действие сульфата и хлорида, а поэтому его добавляют к пероксиду водорода для предотвращения точечной коррозии алюминиевых емкостей, тары.

Для стабилизации водорода пероксида марок «медицинская» и «А» по данному регламенту в производстве применяют дифосфат натрия по ГОСТ 342-77 или однозамещенный фосфорнокислый натрий по ГОСТ 245-76 в количестве от 0,2 г до 0,6 г на 1 дм³ раствора пероксида водорода.

Количество загружаемых стабилизаторов определяется начальником цеха или начальником отделения в зависимости от условий работы производства: чистоты получаемого пероксида водорода на стадиях гидролиза, ректификации и ионообменной очистки (особенно последней), состояния поверхности стенок оборудования, емкостей, тары, контактирующих с пероксидом водорода, pH его растворов, температуры окружающей среды на складе хранения. При этом следят за массовой концентрацией нелетучего остатка. Чем не благоприятнее эти условия, тем выше добавки стабилизатора.

Для обеспечения сохранности при хранении и транспортировании пероксида водорода в алюминиевых емкостях вносят $0,15 \pm 0,05$ г ингибитора коррозии (азотнокислого аммония по ГОСТ 22867-77) на 1 дм³ пероксида водорода.

Раствор стабилизатора и ингибитора готовится на отм. +10.80 в емкости поз. 1157а (винилпластовый бачок с крышкой объемом 10 л).

Расчетное количество стабилизатора и ингибитора, в зависимости от объема пероксида водорода, находящегося в монжусах поз. 1157/1,3,4 и подготовленного для

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
						42
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

передачи в емкость поз. 313, и для достижения в нем заданных концентраций стабилизатора и ингибитора, взвешивается на весах типа РН-10Ц13У ТУ 2506575-77 и загружается в емкость поз. 1157а. В последнюю добавляется технологический конденсат в количестве 5 литров. Все содержимое перемешивается винипластовой лопаткой до полного растворения (в течение 3-5 мин.) и при помощи вакуума отсасывается в монжус поз. 1157/1 или заливается в монжусы поз. 1157/3-4.

Пероксид водорода вместе с добавленным раствором стабилизатора и ингибитора перемешивается в течение 15 минут барботажем воздуха из атмосферы с помощью вакуумной системы в монжусе поз. 1157/1 или сжатым воздухом в монжусах поз. 1157/3-4.

Пероксид водорода после внесения стабилизатора и ингибитора транспортируется из монжуса поз. 1157/1 самотеком, а из монжусов поз. 1157/3-4 при помощи насосов поз. 1158/1-2 в емкость поз. 313 корпуса 3/5. Для полноты опорожнения монжусов поз. 1157/3-4 и обеспечения безаварийной работы насосов поз. 1158/1-2 предусмотрен промежуточный расширительный бак поз.1158 а, уровень в котором контролируется прибором КСФМА с автоматическим отключением насосов при снижении уровня в баке до минимального значения, равного 400 мм от днища бака, от собственных контактов КСФМА поз. LSIA 158а-2.

В процессе хранения пероксида водорода на складе в емкостях поз. А1/(4-7, 9-10) осуществляется контроль его качества не реже одного раза в месяц (на 1-е число каждого месяца). В случае падения концентрации пероксида водорода более чем на 0,25 % его массовой доли в месяц осуществляется контроль содержания стабилизатора и ингибитора, и они вносятся в эту емкость по технологии, указанной выше, но в пределах достижения массовой концентрации нелетучего остатка. В «медицинской» не более 0,6 г/дм³, в марке «А» не более 0,7 г/дм³.

Уровень пероксида водорода в монжусе поз. 1157/1 контролируется с помощью буйкового уровнемера Р-РР-1А поз. LT 157/1-1 и вторичного прибора ППВ1.1 поз. LI 157/1-3 с сигнализацией максимального уровня с помощью электроконтактного манометра ЭКМ-1У поз. LIA 157/1-2. Уровень пероксида водорода в монжусах поз. 1157/3-4 контролируется с помощью буйковых уровнемеров УБ-ПВ поз. LT 157/3-1, поз. LT 157/4-1 и вторичного прибора ПВ4-3Э поз. LIR 157-5 с сигнализацией максимального уровня с помощью электроконтактных манометров ЭКМ-1У поз. LIA 157/3-4, поз. LIA 157/4-3. Температура пероксида водорода в поз. 1157/1 контролируется с помощью термометра сопротивления ТСП поз. ТЕ 157/1-1, регистрируется на электронном мосту КСМ-4 поз. TIRA 157-4 с сигнализацией

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лист
						43
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

максимальной температуры 35 °С от собственных контактов КСМ-4. Температура пероксида водорода в поз. 1157/3-4 контролируется с помощью термометров сопротивления ТСП поз. ТЕ 157/3-1, поз. ТЕ 157/4-1 регистрируется на электронном мосту КСМ-4 поз. ТИРА 157-4 с сигнализацией максимальной температуры 35 °С от собственных контактов КСМ-4. По окончании опорожнения от пероксида водорода колонну поз. 1310 промывают конденсатом. Конденсат подается сверху вниз для смыва остатка пероксида водорода.

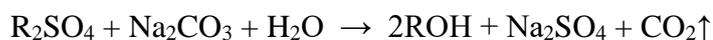
Промывка колонны поз. 1310 от пероксида водорода ведется в течение 2 часов до равного содержания пероксида водорода в промывном конденсате на входе и выходе поз. 1310. Расход конденсата в поз. 1310 контролируется и регистрируется с помощью ротаметра РП-4 ЖУЗ поз. FGT к-1, вторичного прибора ПВ10.1Э поз. FRK к-2, регулятора ПРЗ.31 поз. FC к-3, регулирующего клапана поз. к-4.

После отмывки смолы от пероксида водорода в поз. 1310/1 устанавливают заглушки № 2, 3, 4 на продуктовых линиях и приступают к её регенерации.

Регенерация ионообменных смол

Регенерация анионитной смолы заключается в десорбции анионов серной кислоты 2,5-5 % раствором кальцинированной соды. Раствор для регенерации готовят в емкости поз. 1315/2, в которую заливают 600 л конденсата, засыпают 18-36 кг кальцинированной соды и перемешивают воздухом в течение 10-15 мин. Готовый раствор анализируют и с помощью насоса поз. 1316 перекачивают в напорный бак поз. 1312. Уровень содового раствора в напорном баке поз. 1312 замеряется по месту при помощи уровнемерного стекла. Из бака поз. 1312 содовый раствор самотеком поступает в колонну поз. 1310 в течение 3 - 5 часов в количестве 0,1 - 0,5 м³/ч. Для повышения эффективности регенерации первую порцию содового раствора подают в колонну поз. 1310 снизу вверх и выдерживают в ней 5 - 10 мин. Из колонны поз. 1310 отработанный раствор сливают в емкость поз. 1315/1, где его анализируют, донасыщают кальцинированной содой и возвращают в бак поз. 1312 или разбавляют водой до ПДК (щелочность не выше 0,5 г/дм³) и сливают в канализацию.

В процессе регенерации происходит восстановление первоначальной формы смолы по реакции:



Об окончании процесса регенерации судят по концентрации содового раствора на выходе из колонны поз. 1310/1, которая должна быть равна концентрации содового

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
						44
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

раствора на входе. После регенерации ставится заглушка № 1 на содовой линии и проводится отмывка от соды со сбросом промывного конденсата в канализацию напрямую или через емкость поз. 1315/1, для полного опорожнения колонок от содового раствора на них открываются «воздушки». Промывку ведут конденсатом со скоростью подачи 1-3 м³/ч до содержания соды в промывном конденсате на выходе из колонны поз. 1310 равного 0 - 0,02 г/дм³ в течение 3-5 часов. После промывки проводят взрыхление смолы потоком конденсата, подаваемого в колонну поз. 1310 снизу вверх.

Для снижения щелочности первых порций пероксида водорода через анионитную колонну пропускают конденсат из переносной емкости содержащий 15 - 20 мл ортофосфорной кислоты. Затем смолу повторно отмывают конденсатом в пределах содержания соды 0 - 0,02 г/дм³, после чего колонна поз. 1310 готова к работе. При длительной остановке после регенерации анионитную колонну заливают конденсатом во избежание разрушения смолы.

Периодически, по мере необходимости, производится дозагрузка или полная замена смолы. Перед загрузкой просеянную смолу обрабатывают 10 % раствором серной кислоты для отмывки ее от ионов железа, которую ведут до прекращения прироста ионов железа в раствор, после чего раствор сливают и заполняют свежим. После прекращения прироста железа раствор сливают, смолу промывают до отсутствия кислоты и загружают в колонку поз. 1310.

Очистка цикловых растворов (дистилляция)

В процессе обращения раствора серной кислоты в замкнутом цикле происходит накопление в нем солей аммония и ионов тяжелых металлов. Поэтому часть цикловых кислот (возвратной серной кислоты) выводится на очистку. Для компенсации потерь кислоты, имеющих место в процессе производства, используют техническую серную кислоту. Очистке (дистилляции) подвергается:

- цикловая кислота (возвратная кислота из отделения перегонки и гидролиза) в количестве 0 – 5 % от потока;
- техническая серная кислота, вводимая в цикл для восполнения потерь.

Техническая серная кислота поступает в железнодорожных цистернах, из которых через переносной сифон центробежным насосом поз. 501 перекачивается в приемные баки хранилища поз. 502/1-4, установленные в 2 поддонах, оборудованных приемками и линиями забора пролитой в поддоны кислоты при помощи центробежного насоса поз. 501. Уровень кислоты в баке поз. 502/1 контролируется с помощью дифманометра ДМПК-100 поз. ЛТ 502/1-2, вторичного шестишкального пневматического прибора ПП6К

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	<i>Лис</i>
<i>Ли</i>	<i>Изм.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дат</i>		45

поз. LI 502-6 с сигнализацией максимального уровня с помощью электроконтактного манометра ЭКМ-1У поз. LIA 502/1-4 с одновременным отключением насоса поз. 501 для предотвращения переполнения приемных емкостей поз. 502/1-4 при помощи электроконтактного манометра поз. LISA 502/1-3. Уровень кислоты в баках поз. 502/2-4 контролируется аналогично. Приемная емкость поз. 502/4 является аварийной, предназначена для приема в неё кислоты из других емкостей в случае их разгерметизации и должна быть постоянно пустой и готовой к приему.

Приготовление питающей серной кислоты плотностью 1,60 - 1,62 г/см³ производится периодически в емкостях поз. 504/1-2 по мере необходимости из технической серной кислоты и воды. В емкостях поз. 504/1-2 охлаждение приготовленной кислоты производится с помощью свинцовых змеевиков-холодильников, охлаждаемых технической водой.

Цикловая (возвратная) кислота из корпуса 1 поступает на очистку в поз. 504/1-2, 505/1-2 во время обмена цикловых растворов. В емкости поз.504/1-2 также поступает загрязненная кислота из бака поз. 5 корпуса 1. Для укрепления возвратной кислоты в емкостях поз. 504/1-2 до удельного веса 1,60 - 1,62 г/см³ используется техническая серная кислота из емкостей поз. 502/1-3, которая подается центробежным насосом поз. 501. Уровень кислоты в емкостях поз. 504/1-2 контролируется с помощью дифманометров ДМПК-100 поз. LT 504/1-2, поз. LT 504/2-2 вторичного шестишкального пневматического прибора поз. LI 502-6 с сигнализацией максимального уровня с помощью электроконтактных манометров ЭКМ-1У поз. LIA 504/1-3, поз. LIA 504/2-3. Уровень кислоты в баках поз. 505/1-2 контролируется с помощью дифманометров ДМПК-100 поз. LT 505/1-2, поз. LT 505/2-2 вторичного шестишкального пневматического прибора поз. LI 517-6 с сигнализацией максимального уровня с помощью электроконтактных манометров ЭКМ-1У поз. LIA 505/1-3, поз. LIA 505/2-3. Из напорных баков поз. 504/1-2, 505/1-2, охлажденная кислота через сифон с помощью вакуума от вакуум-насосов поз. 1126 поступает в фильтр поз. 528, где фильтруется от механических примесей, далее поступает в емкости-сборники постоянного уровня поз. 506/1-2.

Емкости-сборники поз. 506/1-2. имеют линию перелива, по которой излишек кислоты стекает в емкость поз. 515/1. Из баков поз. 506/1-2 питающая кислота поступает в кварцевые аппараты-испарители поз. 507 на перегонку (дистилляцию).

Кварцевые аппараты установлены в кварцевых шкафах, один испаритель поз. 507 очищает 2,5 - 5 кг/ч серной кислоты.

Нагрев и испарение серной кислоты производится за счет тепла электрических нагревателей, которыми оборудован каждый кварцевый испаритель. Напряжение на

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		46

кварцевых испарителях держится в пределах 200 - 240 В, токовая нагрузка на каждый нагреватель - 24-30 А. Температура кислоты в аппарате составляет 300 - 320 °С. Для исключения переполнения кварцевого испарителя и поддержания в нем постоянного уровня кислоты каждый аппарат имеет специальное переливное устройство «носик», через которое излишек кислоты из аппарата сливается в коллектор переливной кислоты поз. 514а. Количество питающей кислоты на каждый кварцевый испаритель регулируется вручную с помощью стеклянного или фторопластового краника таким образом, чтобы небольшой избыток кислоты постоянно через переливной «носик» сливался в коллектор поз. 514а.

Образующиеся при дистилляции загрязнения (шламы) удаляются из кварцевого испарителя периодически через 15 - 20 мин. порциями по 30 - 45 мл через сливное устройство в коллектор загрязненной кислоты поз. 514. В коллектор поз. 514 непрерывно подается техническая вода для разбавления и смыва шламов в канализацию.

Расход технической воды, подаваемой в коллектор поз. 514 в поддон шкафа кварцевых аппаратов, замеряется с помощью пневматического ротаметра РПФ-2,5 ЖУЗ поз. FGT 514-1 с записью самопишущим прибором типа ПВ4.3Э поз. FIR 514-2 в количестве до 2,5 м³/ч.

Переливная кислота из коллектора поз. 514а самотеком сливается в сборно-отстойную емкость поз. 515/1 отстаивается, с помощью вакуума отсасывается в вакуум-монжус поз. 518, затем с помощью сжатого воздуха из вакуум-монжуса поз. 518 передается в напорные баки поз. 504/1-2, 505/1-2, из которых снова поступает на дистилляцию. Температура переливной кислоты замеряется с помощью термометра сопротивления ТСР поз. ТЕ 514-1, вторичного прибора КСМЗ поз. ТИРА 514-2 с сигнализацией максимальной температуры 50 °С.

Уровень кислоты в вакуум-монжусе поз. 518 контролируется сигнализаторами уровня СУС-13 поз. LA/518-2 со звуковой и световой сигнализацией минимального уровня и РОС 101 И поз. LA/518-2а со звуковой и световой сигнализацией максимального уровня.

Пары серной кислоты из кварцевых испарителей поз. 507 поступают в кварцевые холодильники поз. 508, охлаждаемые технической водой. В холодильниках поз. 508 происходит конденсация паров кислоты и охлаждение дистиллированной кислоты. Охлаждающая вода после кварцевых холодильников через приемный желоб поз. 522 направляется в канализацию условно-чистых стоков. Охлажденная дистиллированная кислота из холодильников поз. 508 поступает в винипластовый холодильник поз. 510, который расположен в желобе с проточной охлаждающей водой, дополнительно

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		47

охлаждается и поступает в сборные туриллы поз. 512/1-3. Температура дистиллированной кислоты в общем коллекторе перед сбором её в туриллы поз. 512/1-3 контролируется термометром сопротивления ТСП поз. ТЕ 510-1, вторичным прибором КСМЗ поз. ТИРА 510-2 с сигнализацией максимальной температуры 45 °С.

Из турилл поз. 512 дистиллированная серная кислота после анализа её на содержание Fe^{3+} и замера удельного веса отсасывается вакуумом в вакуум-монжус поз. 513. Затем сжатым воздухом из вакуум-монжуса поз. 513 передавливается в емкости поз. 3, баки поз. 48, а также в период капитального ремонта в бак-сборник поз. 1106 корпуса 1. Уровень кислоты в вакуум-монжусе поз. 513 контролируется аналогично уровню в вакуум-монжусе поз. 518.

Для предотвращения проникновения паров серной кислоты в рабочее помещение через неплотности в испарительной аппаратуре и коммуникациях во всей системе дистилляции создается разрежение 5 - 30 мм вод. ст. (50 - 300 Па) эжектором поз. 524, который подключается к туриллам поз. 512 через вакуум-ловушку поз. 523.

Для создания вакуума служит вакуум-насос поз. 1126 корпуса 1, для защиты его от кислоты вакуум-насос подключен к аппаратам через ловушки поз. 526 и 527.

Заполнение вакуум-монжусов поз. 513 и поз. 518 кислотой осуществляется с помощью вакуума от вакуум-насоса поз. 1126. Передача кислоты из вакуум – монжусов поз. 513 и поз. 518 осуществляется с помощью технологического сжатого воздуха, который поступает из магистрали сжатого воздуха, после редуцирования его в корпусе 3/5 до давления 0,1-0,25 МПа (1 - 2,5 кгс/см²), через фильтр поз. 529.

Кварцевые испарители поз. 507 через 40 - 64 часов работы отключают на промывку. Перед промывкой аппаратов отключают токовую нагрузку на них, продолжая подачу питания в целях охлаждения и ведя периодический сброс шламов.

После охлаждения кислоты в аппаратах поз. 507 последнюю сливают в отстойную емкость поз. 515/3 через коллектор загрязненной кислоты поз. 514, предварительно перекрыв подачу воды в поз. 514 и вентиль сброса шламов в канализацию.

После слива кислоты из аппаратов поз. 507 открывают вентиль слива коллектора поз. 514 в канализацию, а на емкость поз. 515/3 закрывают и начинают промывку поз. 507 водой, заполняя аппараты дважды. Качество промывки определяется визуально: в аппарате не должно быть жидкого сульфата. Он должен быть полностью смыт. При недостаточной промывке следует провести дополнительную промывку водой.

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лист
						48
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

Затем поз. 507 заполняют раствором соляной кислоты и включают 1/2 токовой нагрузки, 10 -15 А, на 2 часа для растворения сульфатов.

Приготовление 3 – 10 %-ного раствора соляной кислоты производится в вакуум-турилле поз. 520, в которую подается вода или конденсат. Затем с помощью вакуума в неё подается необходимое количество раствора соляной кислоты из бутылей.

После промывки кварцевых аппаратов раствором соляной кислоты их промывают водой и конденсатом до отсутствия хлоридов в промывном конденсате. Затем аппараты освобождают и заполняют питающей кислотой из баков поз. 506, включают 1/2 токовой нагрузки на 1 час, затем на полную нагрузку, после чего подключают туриллы поз. 512 для сбора дистиллированной кислоты. Промывные воды из кварцевых аппаратов поз. 507 через коллектор для загрязненной кислоты поз. 514 отводятся в канализацию с разбавлением водой до pH = 2 - 7.

Кварцевые аппараты поз. 507 расположены над бассейном, который служит для сбора и нейтрализации не организованно пролитой кислоты (поломка аппарата).

Уровень кислоты в емкости поз. 515/1, замеряется и контролируется с помощью прибора ДМПК-100 поз. LT 515-2, вторичного шестиканального прибора поз. LI 517-6, электроконтактного манометра ЭКМ-1У поз. LIA 515-3 сигнализацией максимального уровня.

Емкость поз.515/3 служит для опорожнения кварцевых испарителей перед их промывкой, а также для сбора первых наиболее концентрированных порций промывных вод при промывке кварцевых аппаратов (в количестве до 0,4 м³ с концентрацией 100 - 200 г/л), с последующим сливом их в канализацию при разбавлении водой до pH = 2-7.

Емкость поз. 517/1 предназначена для приема возвратной кислоты из емкостей поз. 504 и поз. 505 во время длительной остановки.

Уровень в поз. 517/1 замеряется и контролируется с помощью прибора ДМПК-100 поз. LT 517-2, вторичного шестишкального прибора поз. LI 517-6 электроконтактного манометра ЭКМ-1У поз. LIA 517-3 с сигнализацией максимального уровня.

Контроль за кислотностью сточных вод в приемке корпуса 3/5 осуществляется с помощью промышленного pH-метра марки pH -261 поз. QE прием-1и вторичного прибора КСП-3 поз. QIRA прием-2 с сигнализацией при pH=2,0. Контроль за кислотностью сточных вод в 66 колодце осуществляется с помощью преобразователя П-215 поз QE 66-1 и вторичного прибора РП-160 поз. QIRA/66-2 с сигнализацией при pH=5,0.

Имеется сигнализация контроля напряжения, подаваемого на кварцевые аппараты.

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
						49
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

Хранение и розлив пероксида водорода

Раствор электрохимического пероксида водорода марки «А» и «медицинская» поступает из корпуса 1 через емкость поз. 313 корпуса 3/5 в емкости поз. А1/4-7, 9-11 корпуса 65. Из них: хранение продукта осуществляется в шести рабочих емкостях, седьмая емкость является аварийной, должна быть постоянно пустой и предназначена для приема пероксида водорода в нее в случае разгерметизации рабочей емкости. Допускается единовременное хранение на складе пероксида водорода, не превышающее 200 т в пересчете на 100 % концентрацию.

Уровень пероксида водорода в емкостях поз. А1/1, 4-7 контролируется с помощью дифманометров ДМПК-100 поз. LT1-1-2, поз. LT1-4-2, поз. LT1-5-2, поз. LT1-6-2 поз. LT1-7-2 и вторичного шестишкального пневматического прибора ПП.6К поз. LI ем-1с сигнализацией максимального уровня при помощи электроконтактных манометров поз. LIA 1-4-3, поз. LIA 1-5-3, поз. LIA 1-6-3, поз. LIA 1-7-3. Уровень пероксида водорода в поз. А1/9-11 контролируется с помощью дифманометров ДМПК-100 поз. LT 1-9-2, поз. LT 1-10-2, поз. LT 1-11-2, вторичного шестишкального пневматического прибора ПП.6К поз. LI ем-2 с сигнализацией максимального уровня при помощи электроконтактных манометров поз. LIA 1-9-3, поз. LIA 1-10-3, поз. LIA 1-11-3. Температура пероксида водорода в поз. А1/4-6 замеряется и регистрируется в двух точках с помощью термометров сопротивления ТСМ-5071 поз. ТЕ 1-4-1, поз. ТЕ 1-4-2, поз. ТЕ 1-5-1, поз. ТЕ 1-5-2, поз. ТЕ 1-6-1, поз. ТЕ 1-6-2 вторичного прибора «Метран 900» поз. TRA 1,3,4,5,6 с сигнализацией максимальной температуры при 30 °С. Температура пероксида водорода в поз. А1/7,9-11 замеряется и регистрируется в двух точках с помощью термометров сопротивления ТСМ-5071 поз. ТЕ 1-7-1, поз. ТЕ 1-7-2, поз. ТЕ 1-9-1, поз. ТЕ 1-9-2, поз. ТЕ 1-10-1, поз. ТЕ 1-10-2, поз. ТЕ 1-11-1, поз. ТЕ 1-11-2. вторичного прибора «Метран 900» поз. TRA 7,9,10,11,16 с сигнализацией максимальной температуры при 30 °С.

Готовый пероксид водорода марки «А», «медицинской» из поз. А1/4-7, 9-10 направляется насосом поз. 2/1-2 соответственно на заполнение специальных железнодорожных цистерн, алюминиевых контейнеров, автомобильных цистерн и в емкость поз. А3 для розлива в мелкую тару через дозаторы поз. 5.

Насосы поз. 2/1-2 имеют блокировку на отключение насоса по давлению в нагнетательной линии насоса и уровню в насосе.

Давление в нагнетательной линии насосов контролируется с помощью электроконтактных манометров ЭКМ-1У поз. PIS 2-1-2, поз. PIS 2-2-2 с автоматическим

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
						50
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

отключением насосов при снижении давления нагнетания до 1,5 кгс/см² (150 кПа). Уровень пероксида водорода в насосах поз. 2/1-2 контролируется с помощью сигнализаторов уровня КСФМА поз. LSA 2-1-2, поз. LSA 2-2-2 с сигнализацией и автоматическим отключением насосов при отсутствии в них уровня.

Температура пероксида водорода в емкости поз. А3 контролируется с помощью термометра сопротивления ТСМ-5071 поз. ТЕ 3-1, вторичного прибора «Метран 900» поз. ТРА 1,3,4,5,6 с сигнализацией максимальной температуры при 30 °С.

Для предотвращения переполнения цистерн при заполнении их пероксидом водорода в заливной люк цистерн устанавливается переносной датчик поз. LE ждц-1, обеспечивающий заполнение цистерн до уровня 400 мм от верхнего края заливного люка, за счет автоматического отключения насоса поз. 2/1-2 при достижении указанного уровня.

Залив пероксида водорода в полиэтиленовые бочки, канистры производится через дозаторы поз. 5.

Заполнение контейнеров пероксидом водорода производится на весах. Коэффициент заполнения тары (бутылей, бочек, контейнеров, сосудов, цистерн) не более 0,90. Заполнение пероксидом водорода канистр, бочек, цистерн допускается с отклонением $\pm 1,5\%$ объема; сосудов и контейнеров $\pm 3\%$ объема. Горловины канистр и полиэтиленовых бочек, а также люки железнодорожных цистерн и алюминиевых контейнеров закрывают согласно ОСТ 301-02.205-99 и ГОСТ 177-88.

Тара новая и возвратная перед заполнением пероксидом водорода должна быть промыта, осмотрена и проверена на отсутствие загрязнений.

Всю новую алюминиевую и коррозионностойкую стальную тару подвергают пассивации, а возвратную, при необходимости, подвергают частичной обработке. Алюминиевую и стальную тару для очистки внутренней поверхности подвергают пассивации в соответствии с правилами химической обработки металлической тары под пероксид водорода. Не допускается тару, предназначенную для хранения и транспортировки пероксида водорода, использовать для других целей.

При поступлении возвратной тары с остатком пероксида водорода необходимо произвести анализ продукта, направить остатки продукта с помощью вакуума в емкость поз. А16/1-2 и, в зависимости от результатов анализа, при соответствии остатка продукта требованиям ОСТ, ГОСТ насосом поз. 17 перекачать в емкости поз. А/4-7,9-10, в противном случае слить в канализацию с разбавлением водой до ПДК. Температура пероксида водорода в поз. А16/1-2 контролируется с помощью термометра сопротивления

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		51

ТСМ-5071 поз. ТЕ 16-1, поз. ТЕ 16-2 и вторичного прибора «Метран 900» поз. TRA 7,9,10,11,16.

В случае аварийного разложения пероксида водорода и повышения температуры в цистернах, контейнерах и продуктовых емкостях поз. А1/4-7,9-10 предусмотрены следующие меры:

- добавление раствора стабилизатора из переносной емкости (бачка) из расчета в количестве до 0,6 г/дм³ содержания его в аварийном перексиде водорода;

- наружное орошение емкостей поз. А1/4-7,9-10 технической водой из сети водопровода технической воды, при отсутствии технической воды предусмотрена подача на орошение конденсата из поз. А1/1 при помощи насоса поз. 4 по специальному съемному участку, который устанавливается непосредственно перед подачей конденсата на орошение;

- наружное охлаждение цистерн и контейнеров технической водой, подаваемой при помощи лафетного ствола из системы водоснабжения;

- подача конденсата на разбавление пероксида водорода из поз. А1/1 при помощи насоса поз. 4;

- слив разлагающегося пероксида водорода из поз. А1/4-7,9-10 в канализацию по линиям аварийного опорожнения, из контейнеров и цистерн за счет перелива при их переполнении с последующим дополнительным разбавлением технической водой до ПДК.

Температура конденсата в емкости поз. А1/1 замеряется и регистрируется с помощью термометра сопротивления ТСМ-5071 поз. ТЕ 1-1-1, вторичного прибора «Метран 900» поз. TRA 1,3,4,5,6. Пероксид водорода хранится в емкостях, находящихся в складских помещениях, обеспечивающих защиту от воздействия солнечных лучей, при температуре 10 - 30 °С. Ёмкости поз. А1/4-7,9-10 обеспечены дыхательными фильтрами.

Химическая обработка тары и прием пероксида водорода из корпуса 1

Алюминиевая тара, предназначенная для хранения и транспортирования пероксида водорода, должна подвергаться предварительной химической обработке, целью которой является очистка поверхности металла от загрязнений и создания на ней защитной окисной пленки.

Химической обработке подлежат:

- новая тара перед вводом ее в эксплуатацию;
- тара после ремонта с применением сварки;
- загрязненная тара

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

52

Примечание* – пустая, чистая и защищенная от попадания грязи и пыли тара, в которой раньше хранился пероксид водорода, повторной химической обработке не подвергается, а промывается водой и затем конденсатом.

Если в процессе хранения ранее обработанной тары на её внутренней поверхности образовались пятна различных оттенков, но нет пленок и следов коррозии (имеется металлический блеск), то при отсутствии в таре посторонних загрязнений она не подвергается повторной химической обработке. Химическая обработка алюминиевых емкостей, тары, предназначенных для хранения и транспортировки пероксида водорода, производится по специальной инструкции N 1-T-10 методом орошения или методом протирки.

Подготовка тары к химической обработке

Детали тары, покрытые защитной смазкой, обезжиривают путем протирки ветошью. Несъемные стальные фланцы на деталях, подвергающихся химической обработке обматываются пленочным полихлорвиниловым пластиком, а съемные – удаляются.

Поверхность тары, подвергающаяся химической обработке, промывается струей воды, по возможности протирается жесткими волосяными щетками. Сильно загрязненные поверхности, а также сварные швы в доступных местах:

- протираются в течение 1–5 мин. хлопчатобумажной тканью, смоченной 5% раствором едкого натра;
- промываются водой.

Приготовление рабочих растворов

Приготовление раствора щелочи

Приготовление 0,5–1 % раствора щелочи производится в мелкой таре (полиэтиленовой, нержавеющей) из водопроводной воды и крепкого раствора щелочи.

Приготовление раствора азотной кислоты

Приготовление 3 – 5 % раствора азотной кислоты производится в мелкой таре (полиэтиленовой, нержавеющей) из водопроводной воды и крепкого раствора азотной кислоты.

Порядок обработки алюминиевой и мелкой тары

Алюминиевая тара из-под пероксида водорода орошается с помощью специального оросительного устройства 0,5–1 % раствором едкого натра в течение 1,5 ч. По

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	<i>Лис</i>
						53
<i>Ли</i>	<i>Изм.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дат</i>		

окончании травления раствор щелочи сливается с разбавлением водой до ПДК в канализацию. Затем производится промывка алюминиевой тары водой до нейтральной реакции промывных вод (по фенолфталеину).

После промывки тара орошается 3–5% раствором азотной кислоты в течение 3 ч. По окончании обработки раствор азотной кислоты из тары сливается с разбавлением водой до ПДК в канализацию, а емкость промывается водой до нейтральной реакции по метилоранжу, затем ополаскивается конденсатом, подаваемым центробежным насосом поз. 312 из бака для конденсата поз. 311.

Промывные воды, конденсат из тары сливаются в канализацию с разбавлением не выше ПДК. Для предохранения вакуум-насоса поз. 321 от попадания в него агрессивных растворов служат вакуум-ловушка поз. 323.

Обработанная поверхность считается очищенной от загрязнений и покрыта защитной пленкой, если она не имеет участков неосветленного металла. Новые полиэтиленовые бочки, канистры, а также возвратные из-под пероксида водорода перед заливом пероксида водорода промывают конденсатом. Использовать возвратные полиэтиленовые бочки и канистры можно только из-под пероксида водорода.

Прием сырья и продукта

Прием конденсата

Конденсат поступает из корпуса 1 в бак поз. 311, откуда центробежным насосом поз. 312 транспортируется в подготовленную тару (алюминиевые контейнеры и железнодорожные цистерны) для споласкивания внутренней поверхности, а также для разбавления продукта при необходимости.

Прием пероксида водорода

Пероксид водорода из корпуса 1 из монжуса поз.1157/1 самотеком, а из монжусов поз.1157/3-4 при помощи центробежных насосов поз.1158/1-2 поступает в бак поз. 313, перемешивается путем циркуляции его насосами поз. 314/1-2, анализируется и через фильтр поз. 314а перекачивается в емкости поз. А1/4-7, 9-10 корпуса 65, а также производится заполнение цистерн, подготовленных и принятых контролером ЦЛ на чистоту непосредственно в корпусе 3/5.

Уровень пероксида водорода в емкости поз. 313 контролируется с помощью дифманометра ДМПК-100 поз. LT 313-2 с отключением насосов поз. 314/1-2 при снижении уровня до 10 % с помощью электроконтактных манометров ЭКМ-1У поз. LISA 313-3/1-2, со звуковой и световой сигнализацией отключения насосов .

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

54

Сигнализация минимального уровня в емкости поз. 313 осуществляется при помощи электроконтактного манометра поз. LIA 313-4.

Давление в нагнетательной линии насосов поз. 314/1-2 контролируется с помощью электроконтактных манометров ЭКМ-1У поз. PISA 314a -1,2, с отключением насосов при снижении давления до 1,5 кгс/см² (150 кПа) с включением световой и звуковой сигнализации.

Можно пероксид водорода из корпуса 1 передавать в корпус 65, минуя корпус 3/5.

Прием возвратного пероксида водорода

Возвратные алюминиевые железнодорожные цистерны и контейнера из-под пероксида водорода (из-под других продуктов не допускаются) поступают в корпус 3/5 на

промывку. Остаток возвратного пероксида водорода после определения его качества собирают с помощью вакуума в вакуум-сборник поз. 315, затем сливают в подготовленную, принятую контролером ЦЛ тару или в бак поз. 313, если продукт соответствует ОСТ.

Если остаток возвратного продукта не соответствует ОСТ, его разбавляют водой в 5-7 раз и отсасывают в вакуум-ловушку поз. 316, затем насосом поз. 317 перекачивают в емкость поз. 319 и производят циркуляцию раствора для разложения в нем пероксида водорода до 10 г/дм³, после чего сливают в канализацию, или, для большей безопасности, раствор из вакуум-ловушки поз. 316 сливают сразу в канализацию с дополнительным разбавлением водой до ПДК.

Температура раствора в вакуум-ловушке поз. 316 контролируется с помощью термометра ТКП-160СТ-МЗ-УХЛ2 поз. ПИА 316-2 с сигнализацией максимальной температуры при 30 °С.

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
						55
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

3. РАСЧЕТ КОЖУХОТРУБЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

3.1 ТЕПЛОВОЙ РАСЧЁТ

Целью технологического расчета является определение требуемой поверхности теплообмена и выбор стандартного теплообменника с проведением уточненного расчета.

Производительность по водяному пару, $\frac{\text{т}}{\text{час}}$

$$D := 0.6$$

Давление пара, кПа

$$P_{\text{ВХ}} := 10$$

Температура заходящей воды, °С

$$t_{\text{НАЧ}} := 14$$

$$t_{\text{КОН}} := 35$$

Давление заходящей воды, МПа

$$P_{\text{ЗВ}} := 0.3$$

Температура входящего пара, °С

$$T_{\text{НАЧ}} := 50$$

Температура выходящего конденсата, °С

$$T_{\text{КОН}} := 50$$

Тепловой расчёт теплообменника ведётся по производительности паровой фазы 300 кг/час

Расчёт теплофизических параметров заходящей воды [1,2]

Расчёт динамической вязкости

$$T_{\text{ср}} := \frac{T_{\text{НАЧ}} + T_{\text{КОН}}}{2}$$

$$T_{\text{ср}} = 50 \text{ } ^\circ\text{С}$$

$$t_{\text{ср}} := \frac{t_{\text{НАЧ}} + t_{\text{КОН}}}{2}$$

$$t_{\text{ср}} = 24.5 \text{ } ^\circ\text{С}$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

$$v_{xt} := \begin{pmatrix} 0 \\ 20 \\ 40 \end{pmatrix} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$v_{\mu} := \begin{pmatrix} 1.792 \\ 1.005 \\ 0.656 \end{pmatrix} \text{ мПа}\cdot\text{с}$$

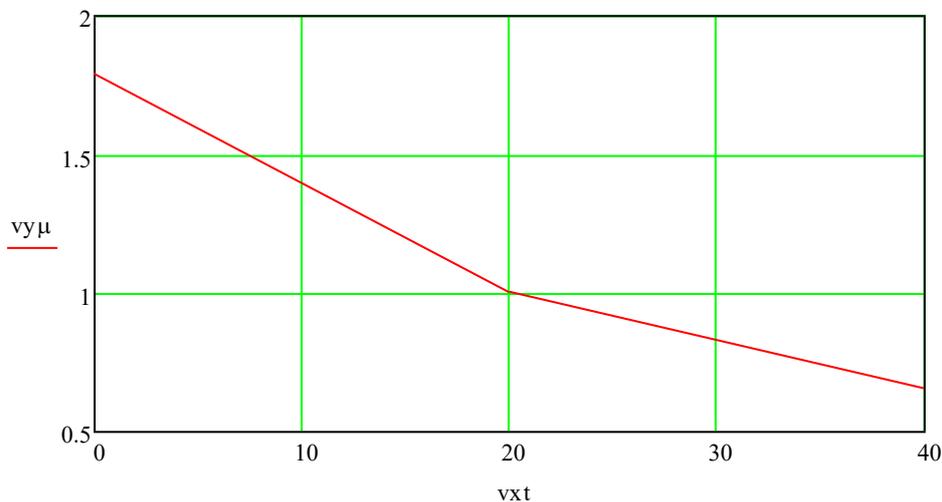


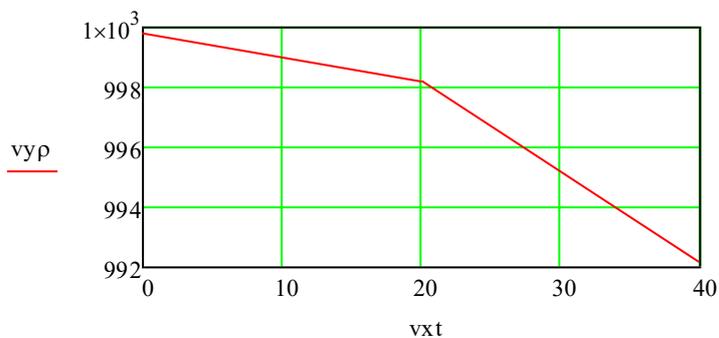
График зависимости динамического коэффициента вязкости воды от температуры

$$\text{linterp}(v_{xt}, v_{\mu}, t_{cp}) = 0.926 \text{ мПа}\cdot\text{с}$$

Зависимость плотности воды от температуры [2]

$$v_{xt} = \begin{pmatrix} 0 \\ 20 \\ 40 \end{pmatrix}$$

$$v_{\rho} := \begin{pmatrix} 999.8 \\ 998.2 \\ 992.2 \end{pmatrix}$$



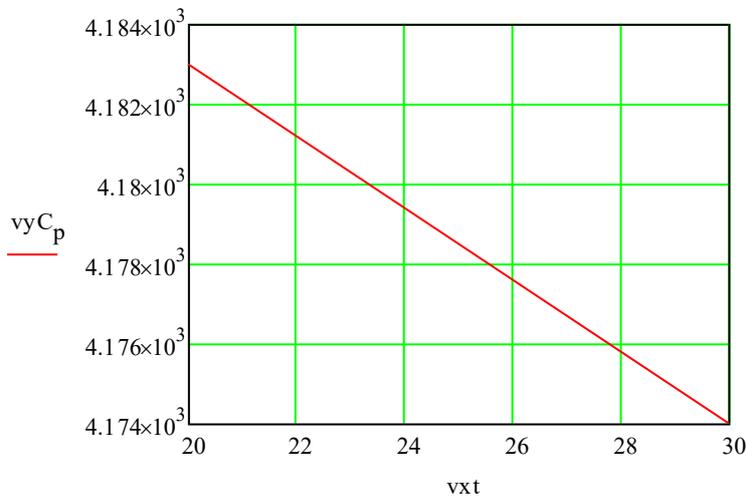
$$\text{linterp}(v_{xt}, v_{\rho}, t_{cp}) = 996.85$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

Удельная теплоёмкость воды [3]

$$v_{xt} := \begin{pmatrix} 20 \\ 30 \end{pmatrix}$$

$$v_{yC_p} := \begin{pmatrix} 4183 \\ 4174 \end{pmatrix} \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

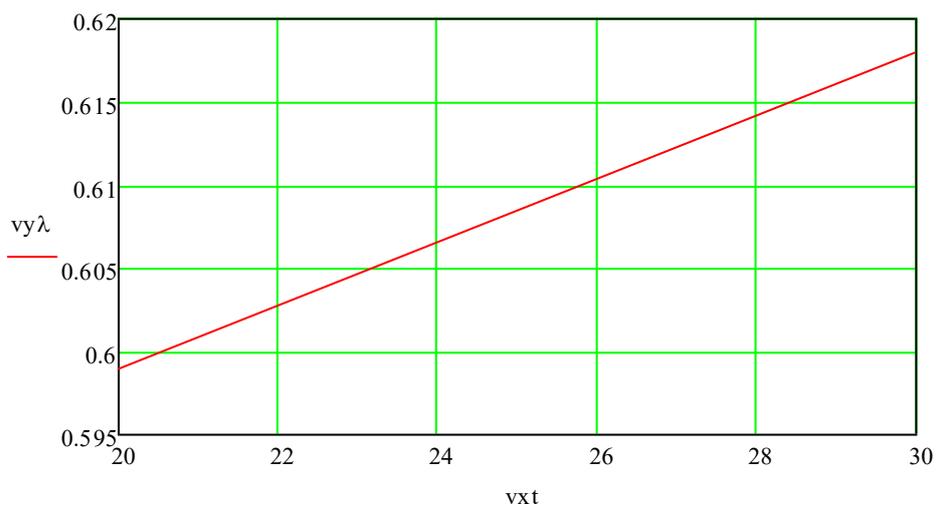


$$\text{linterp}(v_{xt}, v_{yC_p}, t_{cp}) = 4.179 \times 10^3$$

Коэффициент теплопроводности воды [4]

$$v_{xt} := \begin{pmatrix} 20 \\ 30 \end{pmatrix}$$

$$v_{y\lambda} := \begin{pmatrix} 0.599 \\ 0.618 \end{pmatrix} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$



$$\text{linterp}(v_{xt}, v_{y\lambda}, t_{cp}) = 0.608$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

$$\lambda_{\text{в}} := 0.608 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

В многоходовых теплообменниках с простым смешанным током, среднюю разность температур рассчитываем по формуле

$$\Delta t_{\text{б}} := T_{\text{нач}} - t_{\text{нач}}$$

$$\Delta t_{\text{м}} := T_{\text{нач}} - t_{\text{кон}}$$

$$\Delta t_{\text{б}} = 36 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{м}} = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{ср}} := \frac{\Delta t_{\text{б}} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln\left(\frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}}\right)}$$

$$\Delta t_{\text{ср}} = 23.987 \text{ К}$$

Теплофизические параметры заоложенной воды при 24 *C [4]

$$\rho_{\text{воды}} := 996.85 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$C_{\text{р.воды}} := 4.179 \times 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$\mu_{\text{воды}} := 0.925 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\lambda := 0.608 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

$$T_{\text{ср}} = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\rho_{\text{пара}} := 0.08303 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$C_{\text{р.пара}} := 1.907 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$\mu_{\text{пара}} := 10.586 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

$$\lambda_{\text{пара}} := 2.034 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

$$r_{\text{пара}} := 2382 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}$$

Расчёт тепловой нагрузки аппарата Q [5]

Примем тепловые потери 4% от тепла отданного греющим паром. Поскольку используемый для нагревания пар, как правило влажный, зададимся степенью его сухости 0.95. Тогда примет вид

G - расход воды

$$k_{\text{потерь}} := 1.04$$

$$k_{\text{влажности}} := 0.95$$

$$Q := G \cdot C_{\text{р.воды}} \cdot (t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}})$$

$$G_{\text{сух.пара}} := 0.17 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$G_{\text{пара}} := \frac{G_{\text{сух.пара}}}{0.95} = 0.179 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

$$\frac{G_{\text{сух.пара}} \cdot r_{\text{пара}} \cdot k_{\text{потерь}}}{k_{\text{влажности}}} = 4.433 \times 10^5$$

$$Q := \frac{G_{\text{пара}} \cdot r_{\text{пара}} \cdot 0.95}{1.04}$$

$$Q = 3.894 \times 10^5 \text{ Вт}$$

$$G := \frac{Q}{C_{\text{р.воды}} \cdot (t_{\text{кон}} - t_{\text{нач}})} = 4.437 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

3.2 ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ВЫБОР СТАНДАРТНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

Расчёт ориентировочной площади теплопередающей поверхности

Расчёт ориентировочной площади теплопередающей поверхности

Определим интервал For

$$K_{\text{min}} := 700 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

60

$$K_{\max} := 3500 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Уравнение теплопередачи

$$Q_{\cdot} := K \cdot F \cdot \Delta t_{\text{ср}}$$

$$F_{\text{ор.макс}} := \frac{Q_{\cdot}}{K_{\min} \cdot \Delta t_{\text{ср}}}$$

$$F_{\text{ор.макс}} = 23.189 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{ор.мин}} := \frac{Q_{\cdot}}{K_{\max} \cdot \Delta t_{\text{ср}}}$$

$$F_{\text{ор.мин}} = 4.638 \text{ м}^2$$

Таким образом теоретическая ориентировочная поверхность теплообмена должна лежать в пределах от 4,6 м² до 23,2 м²

3.3. УТОЧНЁННЫЙ РАСЧЁТ И ВЫБОР КОЖУХОТРУБЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

Находим скорость для холодного теплоносителя задавшись критерием Рейнольдса

$$Re_2 := 10000$$

Зададимся диаметром труб: примем стандартные трубы 25x2 мм

$$d_{\text{внутр}} := 21 \cdot 10^{-3}$$

$$d_{\text{нар}} := 25 \cdot 10^{-3}$$

$$\omega_2 := \frac{Re_2 \cdot \mu_{\text{воды}}}{d_{\text{внутр}} \cdot \rho_{\text{воды}}} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$\omega_2 = 0.442$$

Рассчитаем число труб одного трубного хода теплообменника, которое обеспечит заданный расход раствора

$$V_2 := \frac{G_{\cdot}}{\rho_{\text{воды}}}$$

$$G_{\cdot} = 4.437$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

61

$$V_2 = 4.451 \times 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{сек}}$$

$$n := \frac{V_2}{0.785 \cdot \omega_2 \cdot d_{\text{внутр}}^2}$$

$$\frac{4.451 \cdot 0.001}{0.785 \cdot 0.442 \cdot 0.021 \cdot 0.021} = 29.089$$

$$n_{\text{д.а.}} := 30$$

Согласно [6] этим условиям удовлетворяет двухходовый теплообменник

$$H_{\text{тр}} := 3 \text{ м}$$

$$D_{\text{кож}} := 0.40 \text{ м}$$

$$z := 2$$

$$N_{\text{общ}} := 10 \text{ С}$$

$$n := 50$$

Уточняем критерий Рейнольдса, поскольку количество труб в одном ходе 50

$$Re_y := \frac{10000}{50} \cdot 30 = 6 \times 10^3$$

Режим движения переходный

Определяем критерий Прандтля [2]

$$Pr := 6.2$$

Принимаем соотношение $Pr/Pr_{\text{стенки}}$ равное единице

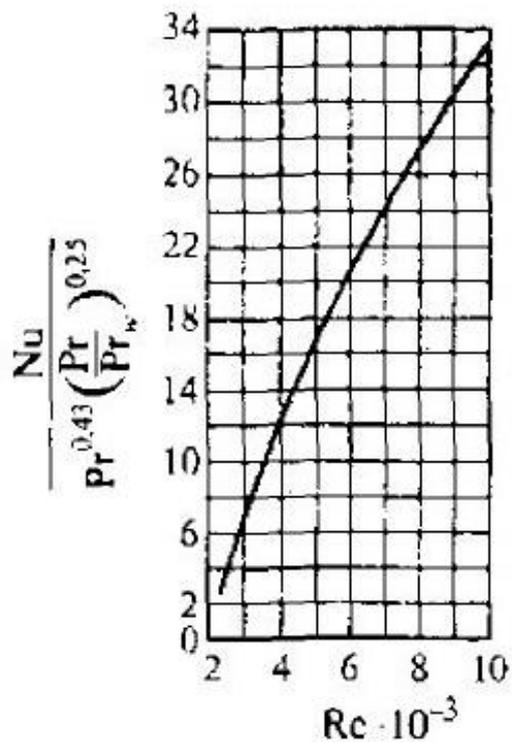
По номограмме вычисляем критерий Нуссельта

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

62



$$Pr_c := Pr$$

$$Nu := Pr^{0.43} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_c} \right)^{0.25} \cdot 20.5$$

$$Nu = 44.924$$

$$\alpha_{\text{воды}} := \frac{Nu \cdot \lambda}{d_{\text{внутр}}}$$

$$\alpha_{\text{воды}} = 1.301 \times 10^3$$

Определяем свободное сечение теплообменника

$$S_{\text{св}} := \left(\frac{\pi \cdot D_{\text{кож}}^2}{4} \right) - \left(\frac{N_{\text{общ}} \cdot \pi \cdot d_{\text{нар}}^2}{4} \right)$$

$$S_{\text{св}} = 0.077 \text{ м}^2$$

$$\omega_{\text{пара}} := \frac{G_{\text{пара}}}{S_{\text{св}} \cdot \rho_{\text{пара}}}$$

$$\omega_{\text{пара}} = 28.145 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$$

Вычислим эквивалентный диаметр аппарата

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

П - смоченный периметр

$$\Pi := \pi \cdot D_{\text{кож}} + N_{\text{общ}} \cdot \pi \cdot d_{\text{нар}}$$

$$\Pi = 9.111 \text{ м}$$

$$D_{\text{экв}} := \frac{4 \cdot S_{\text{св}}}{\Pi}$$

$$D_{\text{экв}} = 0.034 \text{ м}$$

$$Re_{..} := \frac{\omega_{\text{пара}} \cdot D_{\text{экв}} \cdot \rho_{\text{пара}}}{\mu_{\text{пара}}}$$

$$Re_{..} = 7.422 \times 10^3$$

$$\varepsilon_{\phi} := 30$$

$$Pr_{\text{пар}} := 0.99$$

$$Pr_{\text{ст}} := Pr_{\text{пар}}$$

$$Nu_{\text{пара}} := 0.4 \cdot \varepsilon_{\phi} \cdot Re_{..}^{0.6} \cdot Pr_{\text{пар}}^{0.36} \cdot \left(\frac{Pr_{\text{пар}}}{Pr_{\text{ст}}} \right)$$

$$Nu_{\text{пара}} = 2.511 \times 10^3$$

$$\alpha_{\text{пара}} := \frac{Nu_{\text{пара}} \cdot \lambda_{\text{пара}}}{D_{\text{экв}}}$$

$$\alpha_{\text{пара}} = 1.519 \times 10^3$$

Вычислим коэффициент теплопередачи

$$r_{\text{рж}} := \frac{1}{2320}$$

$$\delta_{\text{стенки}} := 0.002 \text{ м}$$

$$\lambda_{\text{стали}} := 46.4 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

$$K_{\text{теплопер}} := \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{воды}}} + r_{\text{рж}} + \frac{\delta_{\text{стенки}}}{\lambda_{\text{стали}}} + r_{\text{рж}} + \frac{1}{\alpha_{\text{пара}}}}$$

$$K_{\text{теплопер}} = 428.783$$

Поверхность теплообмена

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

$$F_{\text{теплообм}} := \frac{Q}{K_{\text{теплопер}} \cdot \Delta t_{\text{ср}}}$$

$$F_{\text{теплообм}} = 37.857 \text{ м}^2$$

По уточнённомu расчёту выбираем ближайший стандартизованный двухходовой теплообменник с площадью теплообмена 42 м²

Из технических условий [8] выбираем теплообменник

$$H_{\text{тр.}} := 4\text{м}$$

$$D_{\text{кож.}} := 0.40\text{м}$$

$$N_{\text{общ.}} := 10\text{с}$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

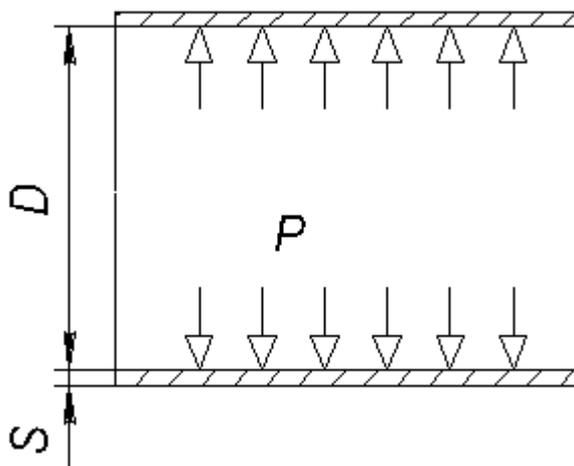
65

4. КОНСТРУКТИВНО - МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ

Исходя из того что в теплообменнике присутствует водяной пар и вода, материал выбираем так, чтобы он был устойчив к данной среде. По справочнику [9] выбираем сталь 16ГС. Из этой стали изготавливается корпус аппарата, трубные решётки

4.1 РАСЧЁТ ОБЕЧАЙКИ

Цель расчёта толщины обечайки - обеспечение необходимой прочности при работе и испытаниях.



Расчётная толщина стенки по ГОСТ 34233.2 - 2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек.

Принимаем, с учётом коэффициента запаса прочности, исполнительную стенку обечайки 6мм

Исходя из того что в теплообменнике присутствует водяной пар и вода, материал выбираем так, чтобы он был устойчив к данной среде. По справочнику выбираем сталь 16ГС. Из этой стали изготавливается корпус аппарата, трубные решётки

Цель расчёта толщины обечайки - обеспечение необходимой прочности при работе и испытаниях.

Расчётная толщина стенки по формуле 15.4 [9]

$$S := \frac{D \cdot p}{2\sigma_d \cdot \phi}$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

D - наружный диаметр обечайки, мм

p - рабочее давление, МПа

σ.д - допускаемое напряжение материала обечайки, МПа

φ - коэффициент прочности сварного шва

$$D := 400 \text{ м}$$

$$\phi := 0.9$$

$$P_{\text{абс}} := 0.01 \text{ МПа}$$

$$P_{\text{атм}} := 0.1 \text{ МПа}$$

$$P_{\text{изб}} := P_{\text{абс}} - P_{\text{атм}} = -0.09 \text{ МПа}$$

$$\rho := 1000$$

$$g := 9.8$$

$$H := 6 \text{ м}$$

$$P_{\text{гидр}} := \rho \cdot g \cdot H = 5.88 \times 10^4 \text{ Па}$$

$$P_{\text{гидр}} := 0.06 \text{ МПа}$$

Тогда рабочее давление

$$P := P_{\text{изб}} + P_{\text{гидр}}$$

$$p = -0.03 \text{ МПа}$$

Давление при испытаниях

Для стали 16ГС табличные значения

$$\sigma_{20} := 196 \text{ МПа}$$

$$\sigma_T := 195 \text{ МПа}$$

$$P_{\text{и.м.тр}} := 1.25 \cdot p \cdot \frac{\sigma_{20}}{\sigma_T}$$

$$P_{\text{и.м.тр}} = -0.038 \text{ МПа}$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

$$P_{и.гр} := 1.25 \cdot 0.3 \cdot \frac{\sigma_{20}}{\sigma_T}$$

$$P_{и.гр} = 0.377 \text{ МПа}$$

Номинальное допускаемое напряжение для стали 16ГС при T=50

$$\sigma_d := 189$$

Поправка на коррозию

$$c := 2 \text{ мм}$$

Толщина стенки обечайки

$$S := c + \frac{D \cdot p}{2 \sigma_d \cdot \phi}$$

$$S = 1.965 \text{ мм}$$

Принимаем исполнительную стенку обечайки 6мм

$$S_{об} := 6 \text{ мм}$$

$$P_{MT} := \frac{2 \cdot \sigma_T \cdot \phi \cdot (S_{об} - c)}{D + (S_{об} - c)}$$

$$P_{MT} = 3.475$$

$$P_{TP} := \frac{2 \cdot \sigma_T \cdot \phi \cdot (S_{об} - c)}{D + (S_{об} - c)}$$

$$P_{TP} = 3.475$$

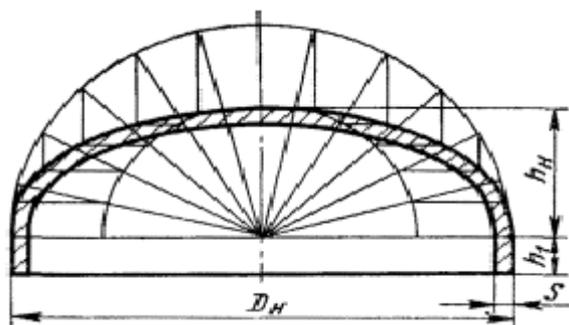
$$3.5 > 0.06$$

Условие выполняется

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

4.2 ПОДБОР КРЫШКИ И ДНИЩА

Принимаем крышку и днище эллиптическое



$$D_H = 400 \text{ мм}$$

$$h_1 := 50 \text{ мм}$$

$$h_H := 170 \text{ мм}$$

$$s_{кр} := 6 \text{ мм}$$

Проверим крышку на прочность, для этого рассчитываем условное давление и сравниваем его с условным допускаемым давлением для данной крышки

$$P_{усл} := 1 \text{ МПа}$$

$$P_{р.усл} := P \cdot \frac{\sigma_{20}}{\sigma_T}$$

$$P_{р.усл} = -0.03 \text{ МПа}$$

Расчётное условное давление не превышает допускаемое, значит данную крышку можно использовать

4.3 ТОЛЩИНА ТРУБНЫХ РЕШЁТОК

Толщина трубных решёток зависит от диаметра развальцованных теплообменных труб и конструкции теплообменника, поскольку напряжение, под действием которых находится и работает трубная решётка, определяется не только давлением рабочей среды, но и особенностями конструкции аппарат.

Толщину трубной решётки находим по формуле 25.1 [9]

Находим значение параметров из таблицы 25.3 [9]

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

Таблица 25.3

Значения величин K , D и ρ в формулах (25.1) и (25.2) для различных типов трубных решеток (см. рис. 25.1)

Тип решетки	В формуле (25.1)			В формуле (25.2)		
	K	D	ρ	K	D	ρ
II	0,28	D_g	Большее ρ_m или ρ_M	0,47	D_g	Большее ρ_m или ρ_M

$$K := 0.28$$

$$D = 400 \text{ мм}$$

$$p := 0.1 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{ид} := 142$$

$$S_{тр.реш} := K \cdot D \cdot \sqrt{\frac{p}{\sigma_{ид}}}$$

$$S_{тр.реш} = 2.972$$

Принимаем толщину трубной решетки по ГОСТ 55601-2013

$$S_{тр.реш} := 40 \text{ мм}$$

4.4 РАСЧЁТ И ПОДБОР ШТУЦЕРОВ И ФЛАНЦЕВ

Расчёт штуцеров сводится к определению диаметра по уравнению

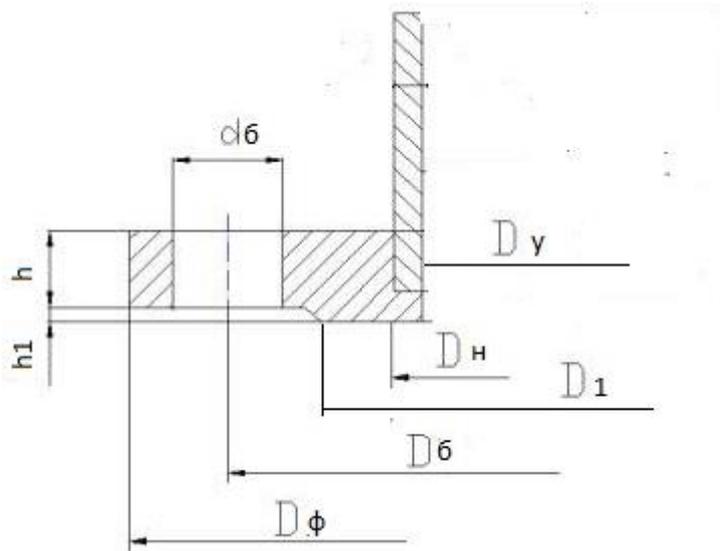
$$d := \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot \rho \cdot \omega}}$$

ω - скорость движения среды

G - массовый расход соответствующей среды

ρ - плотность

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----



Плотность воды при 25 С

$$\rho_{\text{В}} := 997 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$G_{\text{В}} := 4.437$$

$$\omega_{\text{В}} := 0.442$$

$$d := \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{В}}}{\pi \cdot \rho_{\text{В}} \cdot \omega_{\text{В}}}}$$

$$d = 0.113 \text{ м}$$

Выбираем фланец

$$D_{\text{y}} := 150$$

$$d_{\text{H}} := 159$$

$$D_{\phi} := 280$$

$$D_{\text{б}} := 240$$

$$D_1 := 212$$

d.6 -M20

$$h := 21$$

$$z := 8$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

71

Масса 6.52 кг

Диаметр штуцера для входа пара

Плотность водяного пара при T=50 С

$$\rho_{\text{пара}} := 0.08303 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$G_{\text{пара}} := 0.083 \frac{\text{кг}}{\text{сек}}$$

$$\omega_{\text{пар}} := 28.145$$

$$d_{\text{пара}} := \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{пара}}}{\pi \cdot \omega_{\text{пар}} \cdot \rho_{\text{пара}}}}$$

$$d_{\text{пара}} = 0.213 \text{ м}$$

$$D_{\text{ш}} := 250$$

$$d_{\text{ш}} := 273$$

$$D_{\text{ф}} := 390$$

$$D_{\text{с}} := 350$$

$$D_1 := 320$$

d.б -M20

$$h := 18$$

$$z := 8$$

Масса 9.33 кг

ДИАМЕТР ШТУЦЕРА ДЛЯ ВЫХОДА КОНДЕНСАТА

Плотность конденсата при 50 градусах

$$\rho_{\text{к}} := 988 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Примем

$$\omega_{\text{к}} := 1$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

72

$$d_{\text{конд}} := \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{пара}}}{\pi \cdot \omega_{\text{к}} \cdot \rho_{\text{к}}}}$$

$$d_{\text{конд}} = 0.01 \text{ м}$$

$$D_{\text{у}} := 20$$

$$d_{\text{н}} := 25$$

$$D_{\text{ф}} := 105$$

$$D_{\text{с}} := 75$$

$$D_{\text{1}} := 85$$

d.6 -M12

$$h := 10$$

$$z := 4$$

Масса 0.51 кг

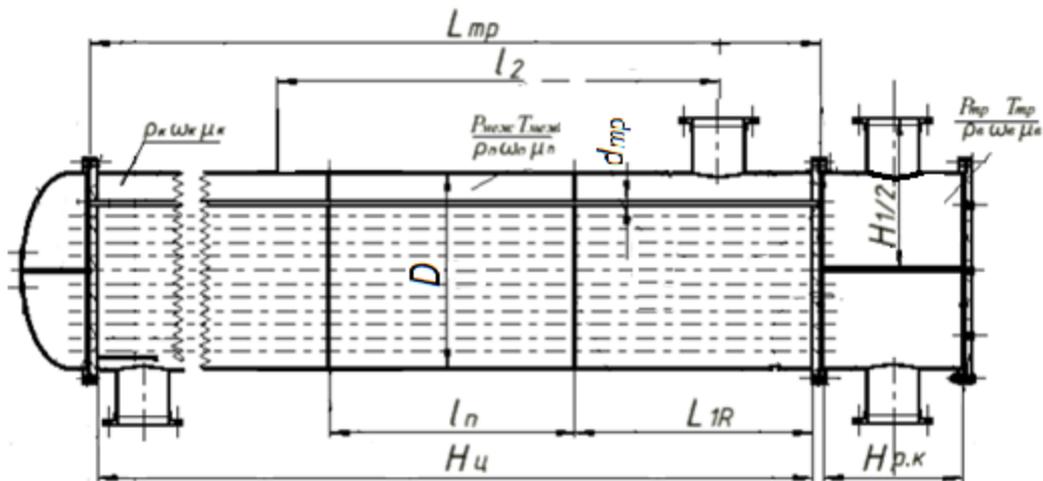
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

73

5. МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕПЛОБМЕННИКА



5.1. Исходные данные из условий эксплуатации и технологического расчёта

Исходные данные

1. Рабочее давление

$P_T := 0.3$ в трубном пространстве, МПа

$P_M := 0.01$ в межтрубном пространстве, МПа

$P_T := 0.3$

2. Расчетное давление

в трубном пространстве, МПа

$P_M := 0.1$

в межтрубном пространстве, МПа

$P_{пр.т} := 0.45$

3. Пробное давление

в трубном пространстве, МПа

$P_{пр.м} := 0.13$

в межтрубном пространстве, МПа

$t_k := 50$

4. Средняя температура стенки:

кожуха, *С

$t_T := 24.9$

труб, *С

$t_0 := 20$

при испытаниях, *С

$t' := 100$

5. Расчетная температура стенки, *С

6. Основной конструкционный материал 16ГС

По уточнённом расчёту выбираем ближайший гостированный двухходовой теплообменник с площадью теплообмена 49 м²

Согласно ГОСТ 15119-79, 15121-79 этим условиям удовлетворяет четырёхходовый теплообменник

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

74

$$H_{\text{тр.}} := 3 \text{ м}$$

$$D_{\text{кож}} = 0,400 \text{ м}$$

$$N_{\text{общ.}} := 206$$

7. Основные размеры:

диаметр кожуха, м

$$D_{\text{кож}} = 0,400 \text{ м}$$

расстояние между трубными решетками, м

$$l = 4,0 \text{ м}$$

диаметр труб (наружный), м

$$d_{\text{T}} := 0,025$$

число труб, шт

$$z_{\text{T}} = 100$$

толщина стенки кожуха, м

$$s_{\text{к}} := 0,006$$

толщина стенки труб, м

$$s_{\text{T}} := 0,002$$

толщина стенки днища, м

$$s_{\text{д}} := 0,020$$

толщина трубной решетки, м

$$s_{\text{реш}} := 0,040$$

8. Прибавка для компенсации коррозии, м

$$c := 0,0008$$

1. Расчет цилиндрической обечайки корпуса [2]

$$P := P_{\text{м}}$$

$$P = 0,1$$

- расчетное наружное давление, МПа

$$D = 0,6$$

- внутренний диаметр цилиндрической обечайки, м

$$s = 6 \times 10^{-3}$$

- толщина цилиндрической обечайки, м

$$\phi_{\text{p}} := 0,95$$

- расчетный коэффициент прочности продольного сварного шва [1]

$$\sigma_{\text{доп}} := 148$$

- допускаемое напряжение для материала, МПа [1]

Толщина стенки кожуха

из расчета на прочность при действии наружного давления

$$s_{1\text{p}} := \frac{P \cdot D}{2 \cdot \sigma_{\text{доп}} \cdot \phi_{\text{p}} - P}$$

$$s_{1\text{p}} = 2,134 \times 10^{-4} \text{ м}$$

$$s_{1\text{p}} + c = 1,013 \times 10^{-3} \text{ м}$$

$$P = 0,1$$

из расчета на устойчивость при действии наружного давления

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

75

$$E := 2.0 \cdot 10^5$$

МПа

$$H := H_{\text{тр.}}$$

$$B := \max \left[1.0, 0.47 \cdot \left(\frac{P_M}{E \cdot 10^{-5}} \right)^{0.067} \cdot \left(\frac{H}{D} \right)^{0.4} \right]$$

$$B = 1$$

$$s_{2p} := \max \left[1.06 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{D}{B} \cdot \left(\frac{P_M \cdot H}{10^{-5} \cdot E \cdot D} \right)^{0.4}, 1.2 \cdot P_M \cdot \frac{D}{(2 \cdot \sigma_{\text{доп}} - P_M)} \right]$$

$$s_{2p} = 3.653 \times 10^{-3}$$

м

Максимальная исполнительная толщина стенки

$$s_p := \max [(s_{2p} + c), (s_{2p} + c)]$$

$$s_2 := \text{Ceil} [(s_p + c) \cdot 1000, 1]$$

$$s_2 = 6$$

мм

$$s_2 := 0.006$$

м

Принимаем

Допускаемое давление, МПа

Допускаемое давление из условия прочности

$$P_{\text{дп}} := 2 \cdot \sigma_{\text{доп}} \cdot \frac{(s_2 - c)}{D + s_2 - c}$$

$$P_{\text{дп}} = 2.543$$

МПа

Допускаемое давление из условия устойчивости в пределах упругости

$$n_y := 2.4$$

$$B_1 := \min \left[1, 9.45 \cdot \frac{D}{H} \cdot \sqrt{\frac{D}{100 \cdot (s_2 - c)}} \right]$$

$$B_1 = 1$$

$$P_{\text{дЕ}} := \left(\frac{2.08 \cdot E \cdot 10^{-5} \cdot D}{n_y \cdot B_1 \cdot H} \right) \cdot \left[\frac{100 \cdot (s_2 - c)}{D} \right]^{2.5}$$

$$P_{\text{дЕ}} = 0.242$$

МПа

Допускаемое наружное давление

$$P_d := \frac{P_{\text{дп}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{P_{\text{дп}}}{P_{\text{дЕ}}} \right)^2}}$$

$$P_d = 0.241$$

МПа

$$P_M = 0.1$$

МПа

Условие выполняется, $P_M < P_d$

1.3 Условия применения расчетных формул

Расчетные формулы применимы при отношении толщины стенки к диаметру

$$\frac{s_2 - c}{D} \leq 0.1$$

для обечаек и труб при $D \geq 200$ мм;

$$\frac{s_2 - c}{D} = 8.667 \times 10^{-3} < 0.1 \text{ условие выполняется}$$

5.2. Обоснование выбора конструкционного материала

Основной конструкционный материал 16ГС

Марка: 16ГС (заменители: 17ГС, 15ГС, 20Г2ГС, 20ГС, 18Г2ГС).

Класс: Сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций

Применение: детали и части паровых котлов и сосудов, работающих под давлением. Корпуса аппаратов, днища, фланцы и др. детали, работающие при температурах от -40 до +475 °С под давлением. Стационарные трубопроводы питательной воды котлов СВП, работающих при 280 °С и давлении 38 МПа

Особенности электрошлаковой сварки стали 16ГС: зачастую низкоуглеродистые стали, содержащие определенное количество никеля, марганца, хрома или молибдена, обладают достаточно высокой стойкостью против хрупкого разрушения в зоне термического влияния. Неблагоприятное влияние крупного зерна в участке перегрева в этих случаях подавляется такими структурными изменениями, как устранение видманштеттовой структуры, частичное или полное подавление выделений избыточного феррита по границам зерен, значительное измельчение внутризеренной структуры. Стали с высокой стойкостью против перегрева отличаются обычно и более узким участком твердо-жидкого состояния в зоне термического влияния. Подобные структурные изменения, могут значительно увеличить стойкость металла вблизи границы сплавления против хрупкого разрушения. При оптимальном легировании сталь, подвергнутая перегреву в процессе электрошлаковой сварки, может сохранять уже в состоянии отпуска высокие значения ударной вязкости при весьма низких температурах, вплоть до 213-203 К (-60 -70° С).

Значительное влияние на свойства перегретого металла оказывает чистота его по примесям и газам, а также состав, форма и распределение неметаллических включений. Для изготовления конструкций особо ответственного назначения весьма эффективно применение сталей, прошедших электрошлаковый переплав и содержащих низкие количества примесей. Целесообразно дополнительно легировать такие стали

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
						77
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

элементами с высокой акцепторной активностью к сере. Очень низкое содержание серы и неметаллических включений может в ряде случаев приводить к увеличению склонности стали к перегреву, в особенности росту зерна и выделению сульфидов по границам зерен.

Поскольку электрошлаковый переплав увеличивает стоимость сталей, применительно к сталям общего назначения предпочтение следует отдавать более простым методам повышения стойкости их против перегрева при сварке, в частности, вводить в сталь микродобавки, благоприятно влияющие на состав, форму и распределение сульфидов.

По уточнённому расчёту выбираем ближайший двухходовой теплообменник с площадью теплообмена 46 м^2

Согласно этим условиям удовлетворяет двухходовой теплообменник со следующими характеристиками

$$N_{\text{тр}} = 4 \text{ м}$$

$$D_{\text{кож}} = 0,4 \text{ м}$$

$$N_{\text{тр}} = 100 \text{ шт}$$

7. Основные размеры:

диаметр кожуха, м $D_{\text{кож}} = 0,4$

расстояние между трубными решетками, м $l = 4 \text{ м}$

диаметр труб (наружный), м $d_{\text{т}} := 0.025$

число труб, шт $Z_{\text{т}} = 100$

толщина стенки кожуха, м $s = 0.006$

толщина стенки труб, м $s_{\text{т}} := 0.002$

толщина стенки днища, м $s_{\text{д}} := 0.020$

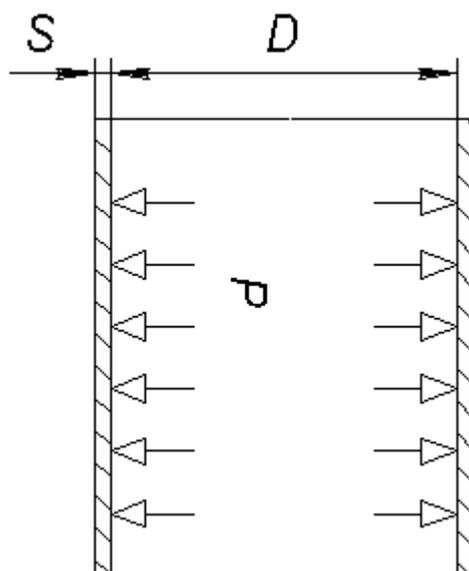
толщина трубной решетки, м $s_{\text{реш}} := 0.040$

8. Прибавка для компенсации коррозии, м $s_{\text{кк}} := 0.0008$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

5.3. Расчет цилиндрической обечайки корпуса [11]

Цель расчета толщины цилиндрической обечайки, является обеспечение механической прочности теплообменника в рабочих условиях и в условиях испытаний.



1. Расчет цилиндрической обечайки корпуса [2]

$$P := P_M$$

$P = 0.1$ - расчетное наружное давление, МПа

$D=0.4$ - внутренний диаметр цилиндрической обечайки, м

$s = 6 \times 10^{-3}$ - толщина цилиндрической обечайки, м

$\phi_p := 0.95$ - расчетный коэффициент прочности продольного сварного шва [1]

$\sigma_{\text{доп}} := 148$ - допускаемое напряжение для материала, МПа [1]

Толщина стенки кожуха

из расчета на прочность при действии наружного давления

$$s_{1p} := \frac{P \cdot D}{2 \cdot \sigma_{\text{доп}} \cdot \phi_p - P}$$

$$s_{1p} = 2.134 \times 10^{-4} \text{ м}$$

$$s_{1p} + c = 1.013 \times 10^{-3} \text{ м}$$

$P = 0.1$ МПа

из расчета на устойчивость при действии наружного давления

$$E := 2.0 \cdot 10^5$$

$$H := H_{\text{тр.}}$$

$$B := \max \left[1.0, 0.47 \cdot \left(\frac{P_M}{E \cdot 10^{-5}} \right)^{0.067} \cdot \left(\frac{H}{D} \right)^{0.4} \right]$$

$$B = 1$$

$$s_{2p} := \max \left[1.06 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{D}{B} \cdot \left(\frac{P_M \cdot H}{10^{-5} \cdot E \cdot D} \right)^{0.4}, 1.2 \cdot P_M \cdot \frac{D}{(2 \cdot \sigma_{\text{доп}} - P_M)} \right]$$

$$s_{2p} = 3.653 \times 10^{-3} \text{ м}$$

Максимальная исполнительная толщина стенки

$$s_p := \max [(s_{2p} + c), (s_{2p} + c)]$$

$$s_2 := \text{Ceil} [(s_p + c) \cdot 1000, 1]$$

$$s_2 = 6 \text{ мм}$$

Принимаем

$$s_2 := 0.006 \text{ м}$$

2 Допускаемое давление, МПа

Допускаемое давление из условия прочности

$$P_{\text{дп}} := 2 \cdot \sigma_{\text{доп}} \cdot \frac{(s_2 - c)}{D + s_2 - c}$$

$$P_{\text{дп}} = 2.543 \text{ МПа}$$

Допускаемое давление из условия устойчивости в пределах упругости

$$n_y := 2.4$$

$$B_1 := \min \left[1, 9.45 \cdot \frac{D}{H} \cdot \sqrt{\frac{D}{100 \cdot (s_2 - c)}} \right]$$

$$B_1 = 1$$

$$P_{\text{дЕ}} := \left(\frac{2.08 \cdot E \cdot 10^{-5} \cdot D}{n_y \cdot B_1 \cdot H} \right) \cdot \left[\frac{100 \cdot (s_2 - c)}{D} \right]^{2.5}$$

$$P_{\text{дЕ}} = 0.242 \text{ МПа}$$

Допускаемое наружное давление

$$P_d := \frac{P_{\text{дп}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{P_{\text{дп}}}{P_{\text{дЕ}}} \right)^2}}$$

$$P_d = 0.241 \text{ МПа}$$

$$P_M = 0.1 \text{ МПа}$$

Условие выполняется, $P_M < P_d$

Условия применения расчетных формул

Расчетные формулы применимы при отношении толщины стенки к диаметру

$$\frac{s_2 - c}{D} \leq 0.1$$

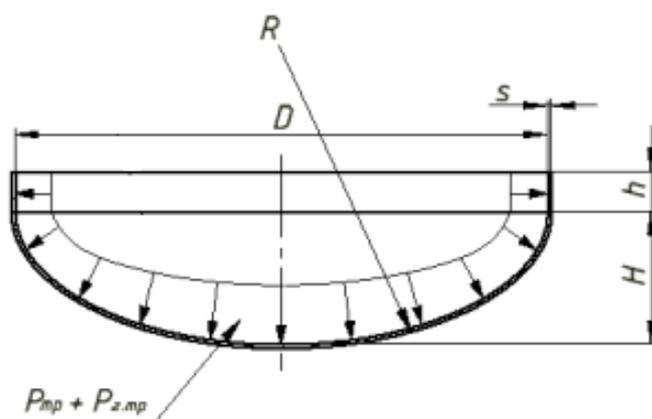
для обечаек и труб при $D \geq 200$ мм;

$$\frac{s_2 - c}{D} = 8.667 \times 10^{-3} < 0.1 \text{ условие выполняется}$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

5.4 Расчет толщины эллиптического днища [11]

Целью расчёта толщины эллиптического днища является определение минимальной толщины, при которой она выдержит заданные рабочие условия и условия испытаний.



$$P := P_1$$

- расчетное внутреннее давление, МПа

$$P = 0.3$$

$$D = 0.6$$

- внутренний диаметр днища, м

$$H_d := 0.112$$

- высота днища, м

$$s_d = 0.02$$

- толщина днища, м

$$c := 0.0008$$

- прибавка для компенсации коррозии, эрозии и минусового допуска и утонения, м

$$\sigma_{\text{доп}} := 148$$

- допускаемое напряжение для материала днища при расчетной температуре, МПа

2.1 Толщина стенки при действии внутреннего избыточного давления

Радиус кривизны в вершине днища равен :

$$R := \frac{D^2}{4 \cdot H_d}$$

$$R = 0.804$$

Расчетная толщина стенки, м

$$s_{\text{рд}} := \frac{P \cdot R}{2 \cdot \sigma_{\text{доп}} - 0.5 \cdot P}$$

$$s_{\text{рд}} = 8.148 \times 10^{-4}$$

$$s_{\text{рд}} + c = 1.615 \times 10^{-3}$$

Принимаем исполнительную толщину днища, м:

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

$$s_d := 0.006$$

2.2 Допускаемое внутреннее избыточное давление, МПа

$$P_{\text{доп}} := \frac{2 \cdot (s_d - c) \cdot \sigma_{\text{доп}}}{R + 0.5 \cdot (s_d - c)}$$

$$P_d = 1.909$$

Расчетное давление, МПа

$$P = 0.3 < P_d = 1.909$$

Допускаемое внутреннее давление больше расчетного

2.3 Условия применения расчетных формул

$$0.002 \leq \frac{s_d - c}{D} \leq 0.100$$

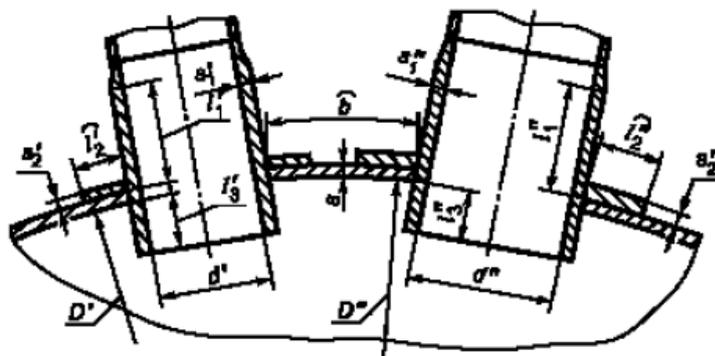
$$0.2 \leq \frac{H_d}{D} \leq 0.5$$

$$\frac{s_d - c}{D} = 8.667 \times 10^{-3}$$

$$\frac{H_d}{D} = 0.187$$

Условия применения расчетных формул выполняются.

5.5. Расчет укрепления отверстий [12]



В химических аппаратах, в их обечайках и днищах для установки штуцеров и люков вырезают отверстия. Эти отверстия ослабляют конструкционные элементы и вызывают концентрацию напряжений вблизи этих отверстий. Для того чтобы исключить деформацию или даже разрушение аппарата необходимо выяснить необходимость укрепления отверстий.

$$D_p := D$$

Расчетный диаметр наибольшего отверстия в стенке обечайки, м

$$d := 0.23$$

- диаметр отверстия, м

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

$$d_p := d + 2 \cdot c$$

$$d_p = 0.232$$

Расчетный диаметр одиночного отверстия, не требующего укрепления

$$d_0 := 2 \cdot \left(\frac{s - c}{s_{рд}} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)}$$

$$d_0 = 0.624 \text{ м}$$

здесь

$$s_{рд} = 8.148 \times 10^{-4}$$

м, расчетная толщина стенки (см. п. 1.1)

$$s = 6 \times 10^{-3}$$

м, исполнительная толщина стенки

Т. к. расчетный диаметр одиночного отверстия удовлетворяет условию

$$d_p \leq d_0$$

$$d_p = 0.232$$

м

$$d_0 = 0.624$$

м

то укрепление отверстия требуется.

В случае укрепления отверстия штуцером должно выполняться условие:

$$l_{1p} \cdot (s_1 - s_{1p} - c_s) \cdot \chi_1 + l_p \cdot (s_d - s_{рд} - c'') \geq 0.5 \cdot (d_p - d_{0p}) \cdot s_{рд}$$

$$R_{p0.2} := 222$$

- предел текучести материала штуцера при расчетной температуре, МПа

$$\sigma_{д1} := 148 \cdot \frac{R_{p0.2}}{240}$$

- допускаемые напряжения для материала штуцера (сортовой прокат сталь 16ГС), МПа

$$\sigma_{д1} = 136.9$$

$$\phi_p := 1$$

$$\phi_1 := 1$$

- коэффициенты прочности сварного соединения

$$c_s := c$$

- прибавка для компенсации коррозии для штуцера, м

Расчетная толщина стенки штуцера, нагруженного внутренним давлением:

$$s_{1p} := \frac{P \cdot (d + 2 \cdot c_s)}{2 \cdot \sigma_{д1} \cdot \phi_1 - P}$$

$$s_{1p} = 2.54 \times 10^{-4}$$

$$s_{1p} + c_s = 1.054 \times 10^{-3}$$

$$s_1 := 0.030$$

- толщина стенки штуцера, м

Коэффициент для внешней и внутренней частей штуцера

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

$$\chi_1 := \min \left(\left(1 \frac{\sigma_{д1}}{\sigma_{доп}} \right) \right)$$

$$\chi_1 = 0.925$$

Расчетная длина внешней части круглого штуцера, участвующие в укреплении отверстия:

$$l_1 := 0.140$$

- длина наружной части штуцера, м

$$l_{1p} := \min \left[\left[l_1 \quad 1.25 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot c_s) \cdot (s_1 - c_s)} \right] \right]$$

$$l_{1p} = 0.103$$

м

Ширина зоны укрепления в обечайке:

$$L_0 := \sqrt{D_p \cdot (s_d - c)}$$

$$l_p := L_0$$

$$l_p = 0.056$$

м

Расчетный диаметр определяют по формуле:

$$d_{0p} := 0.4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (s - c)}$$

$$d_{0p} = 0.022$$

м

Условие укрепления отверстия:

$$l_{1p} \cdot (s_1 - s_{1p} - c_s) \cdot \chi_1 + l_p \cdot (s_d - s_{рд} - c'') \geq 0.5 \cdot (d_p - d_{0p}) \cdot s_{рд}$$

>

$$l_{1p} \cdot (s_1 - s_{1p} - c_s) \cdot \chi_1 + l_p \cdot (s_d - s_{рд} - c) = 2.997 \times 10^{-3}$$

$$0.5 \cdot (d_p - d_{0p}) \cdot s_{рд} = 8.526 \times 10^{-5}$$

Условие укрепления отверстия выполняется.

3.2 Укрепление отверстий в эллиптическом днище

Расчетный диаметр укрепляемого элемента - эллиптического днища, м

$$x := 0$$

- смещение оси штуцера от оси днища, м

$$D_p := \frac{D^2}{2 \cdot H_d} \cdot \sqrt{1 - 4 \cdot \frac{D^2 - 4 \cdot H_d^2}{D^4} \cdot x^2}$$

$$D_p = 1.607$$

Расчетный диаметр отверстия в днище, м

$$d := 0.130$$

- диаметр отверстия, м

$$d_p := \frac{d + 2 \cdot c}{\sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot x}{D_p} \right)^2}}$$

$$d_p = 0.132$$

Расчетный диаметр одиночного отверстия, не требующего дополнительного

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

укрепления, при наличии избыточной толщины стенки сосуда вычисляется по формуле:

$$d_0 := 2 \cdot \left(\frac{s_d - c}{s_{pd}} - 0.8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (s_d - c)}$$

$$d_0 = 1.021$$

м

здесь

$$s_{pd} = 8.148 \times 10^{-4}$$

м, расчетная толщина стенки (см. п.2.1)

$$s_d = 6 \times 10^{-3}$$

м, исполнительная толщина стенки

Т. к. расчетный диаметр одиночного отверстия удовлетворяет условию

$$d_p \leq d_0$$

$$d_p = 0.132$$

$$d_0 = 1.021$$

укрепление отверстия не требуется.

$$K_1 := 2$$

- для выпуклых днищ

$$V := \min \left[1, \frac{1 + \frac{l_{1p} \cdot (s_1 - c_s) \cdot X_1}{l_p \cdot (s_d - c)}}{1 + 0.5 \cdot \frac{d_p - d_{0p}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot c_s}{D_p} \cdot \frac{\phi_p}{\phi_1} \cdot \frac{l_{1p}}{l_p}} \right]$$

$$V = 1$$

Допускаемое внутреннее избыточное давление

$$p_d := \frac{2 \cdot K_1 \cdot (s_d - c) \cdot \phi_p \cdot \sigma_{доп} \cdot V}{D_p + (s_d - c) \cdot V}$$

$$p_d = 1.909$$

$$P = 0.3 \text{ МПа} < p_d = 1.909 \text{ МПа}$$

Допускаемое внутреннее избыточное давление больше расчетного.

5.6. Расчет основных элементов [13]

Вспомогательные расчетные параметры.

$$a1 := 0.188$$

- расстояние от оси аппарата до оси наиболее удаленной трубы, м;

$$m_n := \frac{0.5 \cdot D}{a1}$$

$$m_n = 1.596$$

4.1.2 Коэффициенты влияния давления на трубную решетку:

$$\eta_M := 1 - \frac{z_T \cdot d_T^2}{4 \cdot a1^2}$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

$$\eta_M = 0.089$$

$$\eta_T := 1 - \frac{z_T \cdot (d_T - 2 \cdot s_T)^2}{4 \cdot a_1^2}$$

$$\eta_T = 0.357$$

Коэффициент ослабления трубной решетки:

$$d_0 := 0.02015$$

- диаметр отверстия в решетке, м

$$t_p := 0.026$$

- шаг расположения отверстий в решетке, м

$$\phi_p := 1 - \frac{d_0}{t_p}$$

$$\phi_p = 0.225$$

Коэффициент жесткости перфорированной плиты, принимаем по таблице

в зависимости от η_T :

$$\psi_0 := 0.51$$

Основные характеристики жесткости и упругости.

Модуль упругости основания (системы труб), МН/м³ :

$$E_T := 1.9 \cdot 10^5$$

- модуль упругости материала труб, МПа

$$\Gamma := 0.5 \cdot l$$

$$\Gamma = 1.5$$

- половина расстояния между трубными решетками, м.

$$K_y := E_T \cdot \frac{\eta_T - \eta_M}{\Gamma}$$

$$K_y = 3.396 \times 10^4$$

Приведенное отношение жесткости труб к жесткости кожуха:

$$E := 1.9 \cdot 10^5$$

- модуль упругости материала кожуха, МПа

$$\rho := \frac{K_y \cdot a_1 \cdot \Gamma}{E \cdot s}$$

$$\rho = 8.401$$

Коэффициенты изменения жесткости системы трубы-кожух:

Для аппарата без компенсатора

$$K_q := 1$$

$$K_p := 1$$

Коэффициент β системы решетка - трубы:

$$E_p := 1.9 \cdot 10^5$$

- модуль упругости материала трубной решетки, МПа

$$\beta := \frac{1.82}{s_{\text{реш}}} \cdot \sqrt[4]{\frac{K_y \cdot s_{\text{реш}}}{\psi_0 \cdot E_p}}$$

$$\beta = 15.656$$

Коэффициент β_1 системы кожух - решетка

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

$$s1 := 0.018$$

- толщина стенки кожуха и камеры в месте соединения с решеткой или фланцем, м

$$s2 := 0.020$$

$$\beta1 := \frac{1.3}{\sqrt{\frac{D}{2} \cdot s1}}$$

$$\beta1 = 17.691$$

Коэффициент $\beta2$ системы обечайка - фланец камеры

$$\beta2 := \frac{1.3}{\sqrt{\frac{D}{2} \cdot s2}}$$

$$\beta2 = 16.783$$

Жесткость фланцевого соединения (соединения стенок камеры и кожуха и трубной решетки), МН*м/м:

Жесткость стенки кожуха и стенки камеры при изгибе соответственно, МН*м/м:

$$R1 := 0.285$$

$$R2 := 0.285$$

- расстояния от центра тяжести сечения соответственно фланцев кожуха и камеры до оси аппарата.

$$E_k := 1.9 \cdot 10^5$$

- модуль упругости материала камеры, МПа;

$$h1 := 0.081$$

$$h2 := 0.081$$

- толщина фланцев кожуха и камеры, м

$$b1 := 0.120$$

$$b2 := 0.120$$

- ширина фланцев кожуха и камеры, м

$$K1 := \beta1 \cdot \frac{D}{2} \cdot E \cdot \frac{s1^3}{5.5R1}$$

$$K1 = 3.752$$

$$K2 := \beta2 \cdot \frac{D}{2} \cdot E_k \cdot \frac{s2^3}{5.5R2}$$

$$K2 = 4.882$$

$$K\phi_1 := \frac{E \cdot h1^3 \cdot b1}{12 \cdot R1^2} + K1 \cdot \left(1 + \frac{\beta1 \cdot h1}{2}\right)$$

$$K\phi_1 = 18.871$$

$$K\phi_2 := \frac{E_k \cdot h2^3 \cdot b2}{12 \cdot R2^2} + K2 \cdot \left(1 + \frac{\beta2 \cdot h2}{2}\right)$$

$$K\phi_2 = 20.632$$

$$K\phi := K\phi_1 + K\phi_2$$

$$K\phi = 39.503$$

Коэффициенты, учитывающие влияние давления среды в аппарате на изгиб фланцев кожуха и камеры:

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

$$m1 := \frac{1 + \beta1 \cdot h1}{2\beta1^2}$$

$$m1 = 3.887 \times 10^{-3}$$

$$m2 := \frac{1 + \beta2 \cdot h2}{2\beta2^2}$$

$$m2 = 4.188 \times 10^{-3}$$

Приведенное отношение жесткости труб к жесткости фланцевого соединения:

$$\rho1 := \frac{0.5 \cdot Ky \cdot D \cdot a1}{\beta^2 \cdot K\phi \cdot R1}$$

$$\rho1 = 0.694$$

Коэффициенты, учитывающие влияние беструбного края и поддерживающую способность труб:

$$\omega := \beta \cdot a1$$

$$\omega = 2.943$$

$$t := 1 + 1.41 \cdot \omega \cdot (m_n - 1)$$

$$t = 3.472$$

Φ_1, Φ_2, Φ_3 - коэффициенты, определяемые по таблице в зависимости от параметра w

	2	0.	0	0
	2	0.02	0.19	0.5
	2.06	0.19	0.76	1
	2.28	0.62	1.65	1.5
	2.79	1.32	2.75	2
	3.58	2.16	3.76	2.5
	4.5	2.94	4.65	3
$\Phi_1 :=$	5.32	$\Phi_2 :=$ 3.59	$\Phi_3 :=$ 5.36	$\Omega\Phi :=$ 3.5
	6.19	4.13	6.03	4
	7.65	5.13	7.38	5
	9.08	6.15	8.81	6
	10.51	7.17	10.24	7
	11.94	8.19	11.66	8
	13.36	9.2	13.08	9
	14.78	10.21	14.5	10

$$\omega = 2.943$$

$$\Phi1 := \text{linterp}(\Omega\Phi, \Phi_1, \omega)$$

$$\Phi2 := \text{linterp}(\Omega\Phi, \Phi_2, \omega)$$

$$\Phi3 := \text{linterp}(\Omega\Phi, \Phi_3, \omega)$$

$$\Phi 1 := \begin{cases} \Phi 1 & \text{if } \omega \leq 10 \\ \sqrt{2 \cdot \omega} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Phi 2 := \begin{cases} \Phi 2 & \text{if } \omega \leq 10 \\ \omega & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Phi 3 := \begin{cases} \Phi 3 & \text{if } \omega \leq 10 \\ \sqrt{2 \cdot \omega} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Phi 1 = 4.396$$

$$\Phi 2 = 2.852$$

$$\Phi 3 = 4.549$$

$$T1 := \Phi 1 \cdot [m_n + 0.5 \cdot (1 + m_n \cdot t) \cdot (t - 1)]$$

$$T1 = 42.56$$

$$T2 := \Phi 2 \cdot t$$

$$T2 = 9.902$$

$$T3 := \Phi 3 \cdot m_n$$

$$T3 = 7.259$$

Расчет усилий

Приведенное давление, МПа:

$$\alpha_K := 18 \cdot 10^{-6}$$

$$\alpha_T := 18 \cdot 10^{-6}$$

- коэффициенты линейного расширения материалов кожуха и труб, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

$$m_{cp} := \frac{0.15 \cdot z_T \cdot (d_T - s_T)^2}{a1^2}$$

$$m_{cp} = 0.462$$

$$P_o := [\alpha_K \cdot (t_K - t_0) - \alpha_T \cdot (t_T - t_0)] \cdot K_y \cdot l \dots$$

$$+ [\eta_T - 1 + m_{cp} + m_n \cdot (m_n + 0.5 \cdot \rho \cdot K_q)] \cdot P_T - [\eta_M - 1 + m_{cp} + m_n \cdot (m_n + 0.3 \cdot \rho \cdot K_p)] \cdot P_M$$

$$P_o = 25.124 \text{ МПа}$$

4.3.2 Изгибающий момент (МН*м/м) и перерезывающая сила (МН/м) в месте соединения трубной решетки с кожухом или фланцем:

$$P1 := \frac{K_y}{\beta \cdot K_{\phi}} \cdot (m1 \cdot P_M - m2 \cdot P_T)$$

$$P1 = -0.048 \text{ МПа}$$

$$M := \left(\frac{a1}{\beta} \right) \cdot \frac{P1 \cdot (T1 + \rho \cdot K_q) - P_o \cdot T2}{(T1 + \rho \cdot K_q) \cdot (T3 + \rho1) - T2^2}$$

$$M = -9.817 \times 10^{-3}$$

$$Q := a1 \cdot \frac{P_o \cdot (T3 + \rho1) - P1 \cdot T2}{(T1 + \rho \cdot K_q) \cdot (T3 + \rho1) - T2^2}$$

$$Q = 0.123$$

Изгибающий момент (МН*м/м) и перерезывающая сила, распределенные по периметру перфорированной части трубной решетки:

$$M_a := M + (0.5 \cdot D - a1) \cdot Q$$

$$M_a = 3.908 \times 10^{-3}$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

$$Q_a := m_n \cdot Q$$

$$Q_a = 0.196$$

Изгибающий момент (МН*м/м), перерезывающая (МН/м) осевая силы (МН) в месте соединения кожуха с трубной решеткой :

$$M_k := \frac{K1}{\rho1 \cdot K\phi \cdot \beta} \cdot (T2 \cdot Q + T3 \cdot \beta \cdot M) - \frac{P_M}{2 \cdot \beta 1^2}$$

$$M_k = 6.943 \times 10^{-4}$$

$$Q_k := 0.25 \cdot D \cdot P_T - Q$$

$$Q_k = -0.078$$

$$F := \pi \cdot D \cdot Q_k$$

$$F = -0.146$$

Изгибающий момент (МН*м) и осевая сила (МН) в месте соединения трубы с трубной решеткой:

J_T - момент инерции поперечного сечения трубы, м⁴.

$$J_T := \frac{\pi}{64} \cdot [d_T^4 - (d_T - 2 \cdot s_T)^4]$$

$$J_T = 9.628 \times 10^{-9}$$

$$l_{1R} := 0.650$$

- максимальный пролет трубы между решеткой и перегородкой, м

$$l_{pr} := \frac{l_{1R}}{3}$$

$$l_{pr} = 0.217$$

- приведенная длина труб, м

$$M_T := \frac{E_T \cdot J_T \cdot \beta}{K_y \cdot a1 \cdot l_{pr}} \cdot (\Phi2 \cdot Q_a + \Phi3 \cdot \beta \cdot M_a)$$

$$M_T = 1.731 \times 10^{-5}$$

$$N_T := \frac{\pi \cdot a1}{z_T} \cdot [(\eta_M \cdot P_M - \eta_T \cdot P_T) \cdot a1 + \Phi1 \cdot Q_a + \Phi2 \cdot \beta \cdot M_a]$$

$$N_T = 2.912 \times 10^{-3}$$

Расчетные напряжения в элементах конструкции

Расчетные напряжения в трубных решетках.

Напряжения в месте соединения с кожухом, МПа:

$s_{1p} := 0.090$ - толщина решетки в зоне кольцевой канавки, м

$c := 2 \cdot c$ - компенсационная прибавка для решетки при коррозии с 2-х сторон, м
изгибные:

$$\sigma_{p1} := \frac{6 \cdot |M|}{(s_{1p} - c)^2}$$

$$\sigma_{p1} = 7.538$$

касательные:

$$\tau_{p1} := \frac{|Q|}{s_{1p} - c}$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

$$\tau_{p1} = 1.386$$

Напряжения в перфорированной части трубной решетки, МПа:

$$m := \frac{\beta \cdot Ma}{Qa}$$

$$m = 0.313$$

$$\omega = 2.943$$

$$n := \frac{1}{m}$$

$$n = 3.196$$

$$A := 0.53$$

- коэффициент, определяемый по таблице Г2 в зависимости от m и ω

M_{max} - максимальный расчетный изгибающий момент в перфорированной части трубной решетки

при

$$-1.0 \leq \frac{\beta \cdot Ma}{Qa} \leq 1.0$$

$$M_{max} := A \cdot \frac{|Qa|}{\beta}$$

$$M_{max} = 6.62 \times 10^{-3}$$

$$B := 1$$

- коэффициент, определяемый по таблице Г3 в зависимости от n и ω

M_{max} - максимальный расчетный изгибающий момент в перфорированной части трубной решетки

при

$$\frac{\beta \cdot Ma}{Qa} < -1.0$$

$$\frac{\beta \cdot Ma}{Qa} > 1.0$$

$$M_{max} := B \cdot |Ma|$$

$$M_{max} = 3.908 \times 10^{-3}$$

$$M_{max} := A \cdot \frac{|Qa|}{\beta}$$

$$M_{max} = 6.62 \times 10^{-3}$$

Напряжения в перфорированной части трубной решетки, МПа:

изгибные:

$$\sigma_{p2} := \frac{6 \cdot M_{max}}{\phi_p \cdot (s_{реш} - c)^2}$$

$$\sigma_{p2} = 119.721$$

касательные:

$$\tau_{p2} := \frac{|Qa|}{\phi_p \cdot (s_{реш} - c)}$$

$$\tau_{p2} = 22.634$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

Расчетные напряжения в кожухе в месте присоединения к решетке.

Напряжения в меридиональном направлении, МПа:

мембранные:

$$\sigma_{mx} := \frac{|Q_K|}{s1 - c}$$

$$\sigma_{mx} = 4.729$$

изгибные:

$$\sigma_{ux} := \frac{6 |M_K|}{(s1 - c)^2}$$

$$\sigma_{ux} = 15.489$$

Напряжения в окружном направлении, МПа:

мембранные:

$$\sigma_{m\phi} := \frac{|P_M| \cdot 0.5 \cdot D}{s1 - c}$$

$$\sigma_{m\phi} = 1.829$$

изгибные:

$$\sigma_{u\phi} := 0.3 \cdot \sigma_{ux}$$

$$\sigma_{u\phi} = 4.647$$

Расчетные напряжения в трубах, МПа:

- в осевом направлении

$$\sigma_{1T} := \frac{|N_T|}{3.14(d_T - s_T) \cdot s_T}$$

$$\sigma_{1T} = 20.16$$

$$\sigma_1 := \sigma_{1T} + \frac{d_T \cdot |M_T|}{2 \cdot J_T}$$

$$\sigma_1 = 42.632$$

- в окружном направлении

$$\sigma_{2T} := \frac{(d_T + s_T) \cdot \max(|P_T|, |P_M|, |P_T - P_M|)}{2 \cdot s_T}$$

$$\sigma_{2T} = 2.025$$

Расчет трубных решеток на прочность и жесткость

Условие статической прочности трубной решетки:

$$\sigma_{рдоп} = 122.84$$

- допускаемое напряжение для материала трубной решетки, МПа

$$\max(\tau_{p1}, \tau_{p2}) \leq 0.8 \cdot \sigma_{рдоп}$$

$$\max(\tau_{p1}, \tau_{p2}) = 22.634$$

<

$$0.8 \cdot \sigma_{рдоп} = 98.272$$

Условие статической прочности трубной решетки выполняется.

Условие жесткости трубной решетки:

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

$$W_{\text{доп}} := \begin{cases} w \leftarrow 0.0012 & \text{if } D > 2 \\ w \leftarrow 0.0011 & \text{if } D \leq 2 \\ w \leftarrow 0.0009 & \text{if } D \leq 1 \\ w \leftarrow 0.0007 & \text{if } D \leq 0.6 \\ w \end{cases}$$

$$W_{\text{доп}} = 7 \times 10^{-4}$$

- рекомендуемый максимальный прогиб, м

$$\underline{W} := \frac{1.2}{K_y \cdot 0.5 \cdot D} \cdot |T1 \cdot Q + T2 \cdot \beta \cdot M| \leq W_{\text{доп}}$$

$$\underline{W} := \frac{1.2}{K_y \cdot 0.5 \cdot D} \cdot |T1 \cdot Q + T2 \cdot \beta \cdot M|$$

$$W_{\text{доп}} = 7 \times 10^{-4} < W = 4.351 \times 10^{-4}$$

<

Условие жесткости трубной решетки выполняется.

Проверка трубной решетки на малоцикловую прочность

- в месте соединения с кожухом

$$\Delta\sigma_1 := \sigma_{p1}$$

$$\Delta\sigma_2 := 0$$

$$\Delta\sigma_3 := 0$$

$$K_\sigma := 1.7$$

- коэффициент

$$\underline{N} := 1000$$

- число циклов нагружения за весь срок службы

Амплитуда напряжений, МПа

$$\sigma_a := \frac{K_\sigma}{2} \cdot \max(|\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_2|, |\Delta\sigma_2 - \Delta\sigma_3|, |\Delta\sigma_3 - \Delta\sigma_1|)$$

$$\sigma_a = 6.407$$

$$\sigma_{\text{адоп}} := 550$$

- допускаемая амплитуда напряжений, МПа, определяется по графику [6]

$$\sigma_a = 6.407$$

МПа <

$$\sigma_{\text{адоп}} = 550$$

МПа

- в педорированной части

$$\underline{\Delta\sigma_1} := \sigma_{p2}$$

$$\underline{\Delta\sigma_2} := 0$$

$$\underline{\Delta\sigma_3} := 0$$

$$\underline{K_\sigma} := 1$$

- коэффициент

Амплитуда напряжений, МПа

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

$$\sigma_a := \frac{K_\sigma}{2} \cdot \max(|\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_2|, |\Delta\sigma_2 - \Delta\sigma_3|, |\Delta\sigma_3 - \Delta\sigma_1|)$$

$$\sigma_a = 59.86$$

$$\sigma_a = 59.86$$

МПа <

$$\sigma_{\text{адоп}} = 550$$

МПа

Условия малоциклового прочностии решетки выполняются

4.6 Расчет кожуха на прочность и устойчивость

4.6.1 Условие статической прочностии кожуха в месте присоединения к трубной решетке:

$$\sigma_{\text{доп}} := 148$$

МПа - допускаемое напряжение для материала кожуха

$$\sigma_{\text{mx}} \leq 1.3 \cdot \sigma_{\text{кдоп}}$$

<

$$\sigma_{\text{mx}} = 4.729$$

$$1.3 \cdot \sigma_{\text{доп}} = 192.4$$

Условие статической прочностии кожуха выполняется.

4.6.2 Проверка кожуха на устойчивость от сжимающей силы F (в случае, если F < 0) [2]

$$F = -0.146$$

МН < 0

Так как F > 0, проверка кожуха на устойчивость требуется

4.6.3 Проверка кожуха на малоцикловую прочностии [4, 6] в месте соединения с решеткой

$$\Delta\sigma_1 := \sigma_{\text{mx}} + \sigma_{\text{ux}}$$

$$\Delta\sigma_2 := \sigma_{\text{mф}} + \sigma_{\text{уф}}$$

$$\Delta\sigma_3 := 0$$

$$K_\sigma := 1.0$$

- коэффициент

Амплитуда напряжений, МПа

$$\sigma_a := \frac{K_\sigma}{2} \cdot \max(|\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_2|, |\Delta\sigma_2 - \Delta\sigma_3|, |\Delta\sigma_3 - \Delta\sigma_1|)$$

$$\sigma_a = 10.109$$

$$\sigma_{\text{адоп}} := 550$$

- допускаемая амплитуда напряжений, МПа, определяется по графику [6]

$$\sigma_a = 10.109 < \sigma_{\text{адоп}} = 550$$

Условие малоциклового прочностии кожуха выполняется

4.3 Расчет усилий

Приведенное давление, МПа:

Приведенное давление, МПа:

$$p_k := 18 \cdot 10^{-6}$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

$$\alpha_T := 18 \cdot 10^{-6}$$

- коэффициенты линейного расширения материалов кожуха и труб, $^{\circ}\text{C}^{-1}$;

$$m_{cp} := \frac{0.15 \cdot z_T \cdot (d_T - s_T)^2}{a_1^2}$$

$$m_{cp} = 0.462$$

$$P_o := [\alpha_K \cdot (t_K - t_0) - \alpha_T \cdot (t_T - t_0)] \cdot K_y \cdot l \dots \\ + [\eta_T - 1 + m_{cp} + m_n \cdot (m_n + 0.5 \cdot \rho \cdot K_q)] \cdot P_T - [\eta_M - 1 + m_{cp} + m_n \cdot (m_n + 0.3 \cdot \rho \cdot K_p)] \cdot P_n$$

$$P_o = 25.124$$

МПа

Изгибающий момент (МН*м/м) и перерезывающая сила (МН/м) в месте соединения трубной решетки с кожухом или фланцем:

$$P_1 := \frac{K_y}{\beta \cdot K_{\phi}} \cdot (m_1 \cdot P_M - m_2 \cdot P_T)$$

$$P_1 = -0.048$$

МПа

$$M := \left(\frac{a_1}{\beta} \right) \cdot \frac{P_1 \cdot (T_1 + \rho \cdot K_q) - P_o \cdot T_2}{(T_1 + \rho \cdot K_q) \cdot (T_3 + \rho_1) - T_2^2}$$

$$M = -9.817 \times 10^{-3}$$

$$Q := a_1 \cdot \frac{P_o \cdot (T_3 + \rho_1) - P_1 \cdot T_2}{(T_1 + \rho \cdot K_q) \cdot (T_3 + \rho_1) - T_2^2}$$

$$Q = 0.123$$

4.3.3 Изгибающий момент (МН*м/м) и перерезывающая сила, распределенные по периметру перфорированной части трубной решетки:

$$M_a := M + (0.5 \cdot D - a_1) \cdot Q$$

$$M_a = 3.908 \times 10^{-3}$$

$$Q_a := m_n \cdot Q$$

$$Q_a = 0.196$$

4.3.4 Изгибающий момент (МН*м/м), перерезывающая (МН/м) и осевая силы (МН) в месте соединения кожуха с трубной решеткой :

$$M_K := \frac{K_1}{\rho_1 \cdot K_{\phi} \cdot \beta} \cdot (T_2 \cdot Q + T_3 \cdot \beta \cdot M) - \frac{P_M}{2 \cdot \beta_1^2}$$

$$M_K = 6.943 \times 10^{-4}$$

$$Q_K := 0.25 \cdot D \cdot P_T - Q$$

$$Q_K = -0.078$$

$$F := \pi \cdot D \cdot Q_K$$

$$F = -0.146$$

Изгибающий момент (МН*м) и осевая сила (МН) в месте соединения трубы с трубной решеткой:

J_T - момент инерции поперечного сечения трубы, м⁴.

$$J_T := \frac{\pi}{64} \cdot [d_T^4 - (d_T - 2 \cdot s_T)^4]$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

$$J_T = 9.628 \times 10^{-9}$$

$$l_{1R} := 0.650$$

- максимальный пролет трубы между решеткой и перегородкой, м

$$l_{пр} := \frac{l_{1R}}{3}$$

$$l_{пр} = 0.217$$

- приведенная длина труб, м

$$M_T := \frac{E_T \cdot J_T \cdot \beta}{K_y \cdot a_1 \cdot l_{пр}} \cdot (\Phi_2 \cdot Q_a + \Phi_3 \cdot \beta \cdot M_a)$$

$$M_T = 1.731 \times 10^{-5}$$

$$N_T := \frac{\pi \cdot a_1}{z_T} \cdot [(\eta_M \cdot P_M - \eta_T \cdot P_T) \cdot a_1 + \Phi_1 \cdot Q_a + \Phi_2 \cdot \beta \cdot M_a]$$

$$N_T = 2.912 \times 10^{-3}$$

4.4 Расчетные напряжения в элементах конструкции

Расчетные напряжения в трубных решетках.

4.4.1.1 Напряжения в месте соединения с кожухом, МПа:

$$s_{1p} := 0.090 \text{ - толщина решетки в зоне кольцевой канавки, м}$$

$c := 2 \cdot c$ - компенсационная прибавка для решетки при коррозии с 2-х сторон, м
изгибные:

$$\sigma_{p1} := \frac{6 \cdot |M|}{(s_{1p} - c)^2}$$

$$\sigma_{p1} = 7.538$$

касательные:

$$\tau_{p1} := \frac{|Q|}{s_{1p} - c}$$

$$\tau_{p1} = 1.386$$

4.4.1.2 Напряжения в перфорированной части трубной решетки, МПа:

$$m := \frac{\beta \cdot M_a}{Q_a}$$

$$m = 0.313$$

$$\omega = 2.943$$

$$n := \frac{1}{m}$$

$$n = 3.196$$

$$A := 0.53$$

- коэффициент, определяемый по таблице Г2 в зависимости от m и ω

M_{max} - максимальный расчетный изгибающий момент в перфорированной части трубной решетки при

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

$$-1.0 \leq \frac{\beta \cdot Ma}{Qa} \leq 1.0$$

$$M_{\max} := A \cdot \frac{|Qa|}{\beta}$$

$$M_{\max} = 6.62 \times 10^{-3}$$

$B := 1$ - коэффициент, определяемый по таблице ГЗ в зависимости от n и ω
 M_{\max} - максимальный расчетный изгибающий момент в перфорированной части трубной решетки

при

$$\frac{\beta \cdot Ma}{Qa} < -1.0$$

$$\frac{\beta \cdot Ma}{Qa} > 1.0$$

$$M_{\max} := B \cdot |Ma|$$

$$M_{\max} = 3.908 \times 10^{-3}$$

$$M_{\max} := A \cdot \frac{|Qa|}{\beta}$$

$$M_{\max} = 6.62 \times 10^{-3}$$

Напряжения в перфорированной части трубной решетки, МПа:

$$\sigma_{p2} := \frac{6 \cdot M_{\max}}{\phi_p \cdot (s_{\text{реш}} - c)^2}$$

$$\sigma_{p2} = 119.721$$

изгибные:

$$\tau_{p2} := \frac{|Qa|}{\phi_p \cdot (s_{\text{реш}} - c)}$$

$$\tau_{p2} = 22.634$$

касательные:

4.4.2 Расчетные напряжения в кожухе в месте присоединения к решетке.

4.4.2.1 Напряжения в меридиональном направлении, МПа:

мембранные:

$$\sigma_{mx} := \frac{|Q_K|}{s1 - c}$$

$$\sigma_{mx} = 4.729$$

изгибные:

$$\sigma_{ux} := \frac{6 |M_K|}{(s1 - c)^2}$$

$$\sigma_{ux} = 15.489$$

4.4.2.2 Напряжения в окружном направлении, МПа:

мембранные:

$$\sigma_{m\phi} := \frac{|P_M| \cdot 0.5 \cdot D}{s1 - c}$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

$$\sigma_{\text{мф}} = 1.829$$

изгибные:

$$\sigma_{\text{уф}} := 0.3 \cdot \sigma_{\text{ух}}$$

$$\sigma_{\text{уф}} = 4.647$$

4.4.3 Расчетные напряжения в трубах, МПа:

- в осевом направлении

$$\sigma_{1\Gamma} := \frac{|N_{\Gamma}|}{3.14(d_{\Gamma} - s_{\Gamma}) \cdot s_{\Gamma}}$$

$$\sigma_{1\Gamma} = 20.16$$

$$\sigma_1 := \sigma_{1\Gamma} + \frac{d_{\Gamma} \cdot |M_{\Gamma}|}{2 \cdot J_{\Gamma}}$$

$$\sigma_1 = 42.632$$

- в окружном направлении

$$\sigma_{2\Gamma} := \frac{(d_{\Gamma} + s_{\Gamma}) \cdot \max(|P_{\Gamma}|, |P_{\text{М}}|, |P_{\Gamma} - P_{\text{М}}|)}{2 \cdot s_{\Gamma}}$$

$$\sigma_{2\Gamma} = 2.025$$

4.5 Расчет трубных решеток на прочность и жесткость

4.5.1 Условие статической прочности трубной решетки:

$$\sigma_{\text{рдоп}} = 122.84$$

- допускаемое напряжение для материала трубной решетки, МПа

$$\max(\tau_{\text{р1}}, \tau_{\text{р2}}) \leq 0.8 \cdot \sigma_{\text{рдоп}}$$

$$\max(\tau_{\text{р1}}, \tau_{\text{р2}}) = 22.634$$

<

$$0.8 \cdot \sigma_{\text{рдоп}} = 98.272$$

Условие статической прочности трубной решетки выполняется.

4.5.2 Условие жесткости трубной решетки:

$$W_{\text{доп}} := \begin{cases} w \leftarrow 0.0012 & \text{if } D > 2 \\ w \leftarrow 0.0011 & \text{if } D \leq 2 \\ w \leftarrow 0.0009 & \text{if } D \leq 1 \\ w \leftarrow 0.0007 & \text{if } D \leq 0.6 \\ w \end{cases}$$

$$W_{\text{доп}} = 7 \times 10^{-4}$$

- рекомендуемый максимальный прогиб, м

$$W := \frac{1.2}{K_{\text{у}} \cdot 0.5 \cdot D} \cdot |T_1 \cdot Q + T_2 \cdot \beta \cdot M| \leq W_{\text{доп}}$$

$$W := \frac{1.2}{K_{\text{у}} \cdot 0.5 \cdot D} \cdot |T_1 \cdot Q + T_2 \cdot \beta \cdot M|$$

$$W_{\text{доп}} = 7 \times 10^{-4}$$

$$W = 4.351 \times 10^{-4}$$

<

Условие жесткости трубной решетки выполняется.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

4.5.3 Проверка трубной решетки на малоцикловую прочность [4, 6]

- в месте соединения с кожухом

$$\Delta\sigma_1 := \sigma_{p1}$$

$$\Delta\sigma_2 := 0$$

$$\Delta\sigma_3 := 0$$

$$K_\sigma := 1.7$$

- коэффициент

$$N := 1000$$

- число циклов нагружения за весь срок службы

Амплитуда напряжений, МПа

$$\sigma_a := \frac{K_\sigma}{2} \cdot \max(|\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_2|, |\Delta\sigma_2 - \Delta\sigma_3|, |\Delta\sigma_3 - \Delta\sigma_1|)$$

$$\sigma_a = 6.407$$

$$\sigma_{\text{адоп}} := 550$$

- допускаемая амплитуда напряжений, МПа, определяется по графику [6]

$$\sigma_a = 6.407$$

МПа <

$$\sigma_{\text{адоп}} = 550$$

МПа

- в пепорированной части

$$\Delta\sigma_1 := \sigma_{p2}$$

$$\Delta\sigma_2 := 0$$

$$\Delta\sigma_3 := 0$$

$$K_\sigma := 1$$

- коэффициент

Амплитуда напряжений, МПа

$$\sigma_a := \frac{K_\sigma}{2} \cdot \max(|\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_2|, |\Delta\sigma_2 - \Delta\sigma_3|, |\Delta\sigma_3 - \Delta\sigma_1|)$$

$$\sigma_a = 59.86$$

$$\sigma_a = 59.86$$

МПа <

$$\sigma_{\text{адоп}} = 550$$

МПа

Условия малоцикловой прочности решетки выполняются

4.6 Расчет кожуха на прочность и устойчивость

Условие статической прочности кожуха в месте присоединения к трубной решетке:

$$\sigma_{\text{доп}} := 148$$

МПа - допускаемое напряжение для материала кожуха

$$\sigma_{\text{mх}} \leq 1.3 \cdot \sigma_{\text{кдоп}} < \sigma_{\text{mх}} = 4.729 \quad 1.3 \cdot \sigma_{\text{доп}} = 192.4$$

Условие статической прочности кожуха выполняется.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

4.6.2 Проверка кожуха на устойчивость от сжимающей силы F
(в случае, если $F < 0$) [2]

$$F = -0.146$$

$$MН < 0$$

Так как $F > 0$, проверка кожуха на устойчивость требуется

4.6.3 Проверка кожуха на малоцикловую прочность [4, 6]

в месте соединения с решеткой

$$\Delta\sigma_1 := \sigma_{mx} + \sigma_{ux}$$

$$\Delta\sigma_2 := \sigma_{m\phi} + \sigma_{u\phi}$$

$$\Delta\sigma_3 := 0$$

$$K_{\sigma} := 1.0$$

- коэффициент

Амплитуда напряжений, МПа

$$\sigma_a := \frac{K_{\sigma}}{2} \cdot \max(|\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_2|, |\Delta\sigma_2 - \Delta\sigma_3|, |\Delta\sigma_3 - \Delta\sigma_1|)$$

$$\sigma_a = 10.109$$

$$\sigma_{\text{адоп}} := 550$$

- допускаемая амплитуда напряжений, МПа, определяется по графику [6]

$$\sigma_a = 10.109$$

МПа <

$$\sigma_{\text{адоп}} = 550$$

МПа

Условие малоцикловой прочности кожуха выполняется

4.7 Расчет труб на прочность, устойчивость и жесткость и расчет крепления труб в решетке [4]

4.7.1 Условие статической прочности труб:

$$\sigma_{\text{тдоп}} := 148$$

- допускаемое напряжение для материала труб, МПа

$$\max(\sigma_{1T}, \sigma_{2T}) \leq \sigma_{\text{тдоп}}$$

<

$$\max(\sigma_{1T}, \sigma_{2T}) = 20.16$$

$$\sigma_{\text{тдоп}} = 148$$

Условие статической прочности труб выполняется.

4.7.2 Проверка труб на устойчивость от сжимающей силы N_T
(в случае, если $N_T < 0$)

$$N_T = 2.912 \times 10^{-3}$$

< 0, требуется проверка труб на устойчивость

$$\sigma_{1T} := \frac{|N_T|}{3.14(d_T - s_T) \cdot s_T}$$

$$\sigma_{1T} = 20.16$$

$$\sigma_{1T} \leq \phi_T \cdot \sigma_{\text{тдоп}}$$

$$l_{1R} = 0.65$$

- максимальный пролет трубы между решеткой и перегородкой, м

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

$$l_{2R} := 0.400$$

- максимальный пролет трубы между перегородками, м

$$l_R := \max(l_{2R}, 0.7l_{1R})$$

$$l_R = 0.455$$

$$\lambda := 1.3 \cdot \sqrt{\frac{\sigma_{\text{Тдоп}}}{E_{\text{T}}} \cdot \frac{l_R}{d_{\text{T}} - s_{\text{T}}}}$$

$$\lambda = 0.718$$

$$\phi_{\text{T}} := 0.8$$

- коэффициент уменьшения допускаемого напряжения при продольном изгибе, определяется по рисунку 11 в зависимости от λ

$$\sigma_{1\text{T}} = 20.16$$

<

$$\phi_{\text{T}} \cdot \sigma_{\text{Тдоп}} = 118.4$$

Условие устойчивости труб выполняется.

4.7.3 Проверка жесткости труб

Прогиб трубы не должен превышать зазор между трубами в трубном пучке.

Проверка жесткости требуется, т.к. $N_{\text{T}} = 2.912 \times 10^{-3} < 0$

J_{T} - момент инерции поперечного сечения трубы, м⁴ ;

$l_{\text{пр}}$ - приведенная длина труб, м

$$\lambda_y := \frac{|N_{\text{T}}| \cdot l_{\text{пр}}^2}{E_{\text{T}} \cdot J_{\text{T}}}$$

$$\lambda_y = 0.075$$

Прогиб трубы, м

$$A_y := 0.11$$

- коэффициент, определяется по графику 12

$$Y := A_y \cdot \frac{|M_{\text{T}}|}{|N_{\text{T}}|}$$

$$Y = 6.539 \times 10^{-4}$$

Зазор между трубами, м

$$Y_{\text{доп}} := 0.006$$

Условие жесткости выполняется.

4.7.4 Проверка прочности крепления трубы в решетке

В случае крепления труб в решетке с помощью развальцовки должно выполняться условие:

$$|N_{\text{T}}| \leq N_{\text{Tрдоп}}$$

$$|N_{\text{T}}| = 2.912 \times 10^{-3}$$

$$f_c := \min[0.5, (0.95 - 0.2) \cdot \log(1000)]$$

$$f_c = 0.5$$

$$N_{\text{Tрдоп}} := 0.8 \cdot \pi \cdot s_{\text{T}} \cdot (d_{\text{T}} - s_{\text{T}}) \cdot \min(\sigma_{\text{Тдоп}}, \sigma_{\text{рдоп}})$$

$$N_{\text{Tрдоп}} = 0.014 \text{ МН}$$

$$\tau := \frac{|N_{\text{T}}| \cdot d_{\text{T}} + 4 \cdot |M_{\text{T}}|}{\pi \cdot d_{\text{T}}^2 \cdot 0.001}$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

$$\tau = 72.338$$

$$\max\left(\frac{N_{\text{трдоп}}}{|N_{\text{T}}|}, 0.6 \cdot \frac{N_{\text{трдоп}}}{|N_{\text{T}}|} + \frac{f_c \cdot \min(\sigma_{\text{Tдоп}}, \sigma_{\text{рдоп}})}{\tau}\right) = 4.877$$

$$4.862 > 1$$

Условие прочности соединения труб с трубной решеткой выполняется.

4.7.5 Проверка труб на малоцикловую прочность [4, 6]

- в месте соединения с кожухом

$$\Delta\sigma_1 := \sigma_1$$

$$\Delta\sigma_2 := 0$$

$$\Delta\sigma_3 := 0$$

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

- коэффициент

Амплитуда напряжений, МПа

$$\sigma_a := \frac{K_{\sigma}}{2} \cdot \max(|\Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_2|, |\Delta\sigma_2 - \Delta\sigma_3|, |\Delta\sigma_3 - \Delta\sigma_1|)$$

$$\sigma_a = 21.316$$

$$\sigma_{\text{адоп}} := 550$$

- допустимая амплитуда напряжений, МПа, определяется по графику [6]

$$\sigma_a = 21.316$$

МПа <

$$\sigma_{\text{адоп}} = 550$$

МПа

Условие малоцикловой прочности труб выполняется.

5.8. Проверка прочности цилиндрической обечайки кожуха под действием опорных нагрузок [14]

$$G := 9.81 \cdot 4400 \cdot 10^{-6}$$

- максимальный вес заполненного аппарата, МН

$$n_T := 1.5$$

- коэффициент запаса прочности по пределу текучести [1]

$$D_r := 0.45C$$

- расчетный диаметр обечайки, м

$$s := 0.018$$

- толщина стенки обечайки, м

$$\sigma_{\text{адоп}} := 148$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

102

- допускаемые напряжения для материала обечайки, МПа

$$P_{\text{доп}} := P_m$$

- расчетное избыточное давление, МПа

$$h_1 := 0.28C$$

- высота опорной лапы, м

$$b_2 := 0.23C$$

- ширина подкладного листа, м

$$b_3 := 0.38C$$

- длина подкладного листа, м

$$s_2 := 0.01\delta$$

- толщина подкладного листа, м;

$$g_{\text{ср}} := 0.134$$

- расстояние между средними

линиями ребер, м

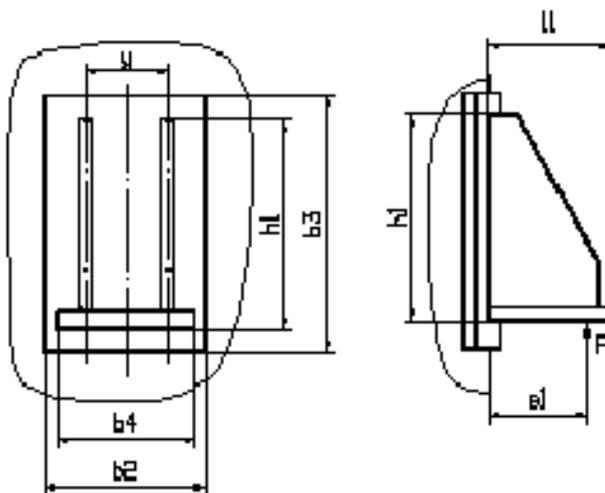
$$l_1 := 0.19\delta$$

- длина опорной лапы, м

$$\phi_{\text{ср}} := 1$$

- коэффициент прочности

сварных швов,



Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

103

Расчетные усилия [14]

Усилие, действующее на опорную лапу, определяют по формуле

- для числа опорных лап $n=4$

$$M := 0$$

$$F_1 := \frac{G}{2} + \frac{M}{Dr + 2 \cdot (e_1 + s + s_2)}$$

e_1 - расстояние между точкой приложения усилия и подкладным листом, м

$$e_1 := \frac{5}{6} \cdot l_1$$

$$e_1 = 0.16$$

$$F_1 := \frac{G}{2} + \frac{M}{Dr + 2 \cdot (e_1 + s + s_2)}$$

$$F_1 = 0.022$$

Проверка несущей способности обечайки [14]

Несущую способность обечайки в месте приварки опорной лапы с подкладным листом следует проверять по формуле

$$F_{д1} := \frac{\sigma_{д1} \cdot b_3 \cdot (s - c')^2}{K_8 \cdot (e_1 + s_2)}$$

$$F_1 \leq F_{д1}$$

$$x := \ln \left[\frac{Dr}{2 \cdot (s - c')} \right]$$

$$y := \ln \left(\frac{b_3}{Dr} \right)$$

$$y_1 := \ln \left(\frac{h_1}{Dr} \right)$$

$$v := -49.919 - 39.119x - 107.01y - 1.693x^2 - 11.920xy - 39.276y^2$$

$$x_{xx} := v + 0.237x^3 + 1.608x^2 \cdot y + 2.761xy^2 - 3.854y^3$$

$$x_{xx} := \exp(v \cdot 10^{-2})$$

$$z := -5.964 - 11.395x - 18.984y_1 - 2.413x^2 - 7.286xy_1$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

104

$$z_w := z - 2.042y_1^2 + 0.1322x^3 + 0.4833x^2 \cdot y_1 + 0.8469xy_1^2 + 1.4228y_1^3$$

$$z_w := \exp(z \cdot 10^{-2})$$

$$K_8 := \min\left(\begin{pmatrix} v \\ z \end{pmatrix}\right)$$

$$K_8 = 0.249$$

Коэффициент K2

$$K_2 := 1.25$$

$\sigma_{дi}$ - предельное напряжение изгиба

K1 вычисляют при

$$\theta_1 := 0.3$$

$$\sigma'_{my} := \frac{P \cdot Dr}{2 \cdot (s - c')}$$

$$\sigma'_m := \sigma'_{my}$$

$$\sigma'_m = 13.72$$

$$\theta_2 := \frac{\sigma'_m}{K_2 \sigma_{доп} \cdot \phi_p}$$

$$\theta_2 = 0.074$$

$$K_{1w} := \frac{1 - \theta_2}{\left(\theta_2 \cdot \theta_1 + \frac{1}{3}\right) + \sqrt{\left(\frac{1}{3} + \theta_1 \cdot \theta_2\right)^2 + (1 - \theta_2^2) \cdot \theta_1^2}}$$

$$K_1 = 1.129$$

$$\sigma_{дi} := K_1 \cdot K_2 \cdot \sigma_{доп}$$

$$\sigma_{дi} = 208.808$$

Несущая способность обечайки, МН

$$F_{д1} := \frac{\sigma_{дi} \cdot b_3 \cdot (s - c')^2}{K_8 \cdot (\epsilon_1 + s_2)}$$

$$F_{д1} = 0.482$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

$$\frac{b_2}{b_3} = 0.605$$

Условие прочности обечайки [14]

$$F_1 \leq F_{д1}$$

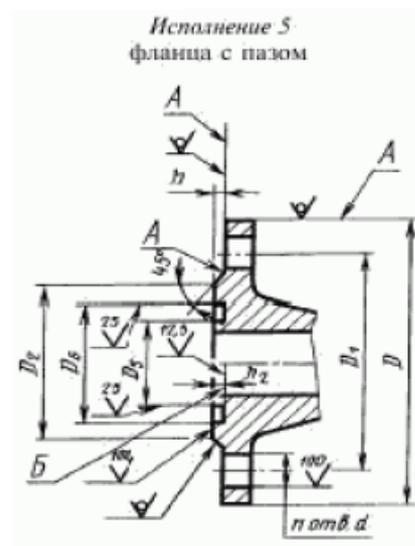
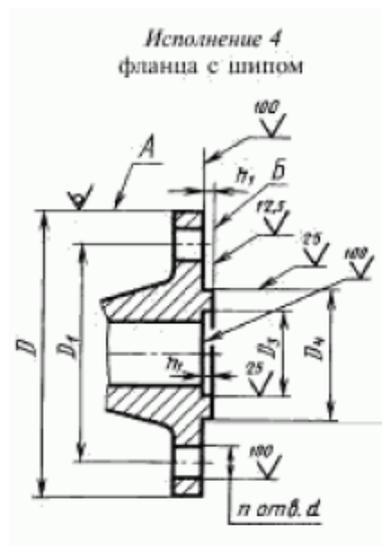
$$F_1 = 0.022$$

<

$$F_{д1} = 0.482$$

Условие выполняется.

5.9. Расчет фланцевого соединения [16]



Материал 16ГС аппарата, фланцев

35Х шпилек

16ГС прокладки

Давление расчетное, МПа

$$P := P_T$$

$$P = 0.3$$

Температура расчетная, *С

$$t := 50$$

$$t_{\phi} := 0.96 \cdot t$$

$$t_{\phi} = 48$$

- температура фланца, оС

$$t_b := 0.85 \cdot t$$

$$t_b = 42.5$$

- температура болта, оС

Основные размеры фланцевого соединения, м

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

$$D := 0.450$$

диаметр штуцера

$$S_0 := 0.018$$

толщина втулки в сечении S0

$$S_1 := 0.047$$

толщина втулки в сечении S1

$$D_H := 0.690$$

наружный диаметр фланца

$$D_G := 0.625$$

диаметр болтовой окружности

$$d := 0.030$$

наружный диаметр шпильки

$$h := 0.084$$

толщина фланца

$$l := 0.086$$

длина втулки

$$n := 24$$

число шпилек

$$f_G := 520 \cdot 10^{-6}$$

площадь сечения болта (шпильки), м²

Характеристики прокладки:

$$m := 6.5$$

- коэффициент

$$q_{обж} := 180.0$$

- удельное давление обжатия прокладки, МПа

$$D_{сп} := 0.525$$

- средний диаметр прокладки, м

Материал аппарата, фланцев

шпилек

прокладки

16ГС

35Х

16ГС

Прибавка для компенсации коррозии и минусового допуска., м

$$c''' := c + 0.00155$$

Характеристики материала:

$$\sigma_{д20} := 184 \cdot 0.83$$

- допускаемое напряжение для материала фланцев при 20*С, МПа

- допускаемое напряжение для материала фланцев при расч.температуре, МПа

$$\sigma_{д} := 148 \cdot 0.83$$

$$\sigma_{Т20} := 240 \cdot 0.83$$

- предел текучести материала фланцев при 20*С, МПа

$$\sigma_{Т} := 195 \cdot 0.83$$

- предел текучести материала фланцев при расчетной температуре, МПа

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

107

$$\sigma_{B20} := 540$$

- предел прочности материала фланцев при 20*С , МПа

$$\sigma_B := 440$$

- предел прочности материала фланцев при расчетной температуре, МПа

$$E_{20} := 2 \cdot 10^5$$

- модуль упругости материала фланцев при 20*С, МПа

- модуль упругости материала фланцев при расчетной температуре, МПа

$$E := 1.9 \cdot 10^5$$

$$E_{206} := 2 \cdot 10^5$$

- модуль упругости материала болтов (шпилек) при 20*С, МПа

$$E_B := 1.94 \cdot 10^5$$

- модуль упругости материала болтов (шпилек) при расчетной температуре, МПа

$$\sigma_{6д20} := 230$$

- допускаемое напряжение для материала болтов (шпилек) при 20*С , МПа

$$\sigma_{6д} := 222$$

- допускаемое напряжение для материала болтов (шпилек) при расч.температуре, МПа

$$\alpha_{\phi} := 18 \cdot 10^{-6}$$

- коэффициент линейного расширения материала фланцев, оС-1

$$\alpha_B := 19.2 \cdot 10^{-6}$$

- коэффициент линейного расширения материала болтов (шпилек), оС-1

7.1. Условия применения расчетных формул

Расчетные формулы применимы при

$$\frac{D_H}{D} \leq 5$$

$$2 \cdot \frac{h}{D_H - D} \geq 0.25$$

$$\frac{D_H}{D} = 1.533$$

$$2 \cdot \frac{h_1}{D_H - D} = 2.333$$

$$\frac{S_1 - S_0}{1} < 0.4$$

$$\frac{S_1 - S_0}{1} = 0.337$$

Условия применения расчетных формул выполняются.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

7.2. Расчет вспомогательных величин

7.2.1 Эффективная ширина прокладки, м

$$b_{\text{п}} := 0.009$$

$$b_0 := \frac{b_{\text{п}}}{4}$$

$$b_0 = 2.25 \times 10^{-3}$$

7.2.2 Податливость прокладки, м/МН

$$Y_{\text{п}} := 0$$

7.2.3 Податливость шпилек, м/МН

$$L_{60} := 0.173$$

- расстояние между опорными поверхностями шпильки, м

$$E_{206} = 2 \times 10^5$$

- модуль упругости материала шпилек, МПа

$$E_6 = 1.94 \times 10^5$$

$$f_6 = 5.2 \times 10^{-4}$$

- площадь сечения шпильки, м²

$$L_6 := L_{60} + 0.56 \cdot d$$

$$L_6 = 0.19$$

- расстояние между опорными поверхностями гаек, м

$$Y_6 := \frac{L_6}{E_{206} \cdot f_6 \cdot n}$$

$$Y_6 = 7.604 \times 10^{-5}$$

- податливость шпилек, м/МН

7.2.4 Параметры фланца

$$K := \frac{D_{\text{н}}}{D}$$

$$K = 1.533$$

коэффициент

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

$$\beta_{\text{T}} = 1.695$$

коэффициент

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

$$\beta_{\text{U}} = 5.186$$

коэффициент

$$\beta_{\text{Y}} := \frac{1}{K - 1} \cdot \left(0.69 + 5.72 \cdot \frac{K^2 \cdot \log(K)}{K^2 - 1} \right)$$

$$\beta_{\text{Y}} = 4.758$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

коэффициент

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

$$\beta_Z = 2.48$$

$$\beta := \frac{S_1}{S_0}$$

$$x := \frac{1}{\sqrt{D \cdot S_0}}$$

$$\chi := 1 + (\beta - 1) \cdot \frac{x}{x + \frac{1 + \beta}{4}}$$

$$S_3 := \chi \cdot S_0$$

$$S_3 = 0.033$$

- эквивалентная толщина втулки, м

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

$$l_0 = 0.09$$

- параметр длины обечайки, м:

$$\frac{S_1}{S_0} = 2.611$$

$$\frac{1}{l_0} = 0.956$$

$$\beta_F := 0.91$$

$$\beta_V := 0.44$$

$$f := 1$$

коэффициент

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

$$\lambda = 2.815$$

Угловая податливость фланца, нагруженного давлением и осевой силой 1/(МН м):

$$Y_\phi := \frac{0.91 \cdot \beta_V}{E_{20} \cdot \lambda \cdot S_0^2 \cdot l_0}$$

$$Y_\phi = 0.024$$

Угловая податливость фланца, нагруженного внешним изгибающим моментом 1/(МН м):

$$Y_{\phi H} := \left(\frac{\pi}{4}\right)^3 \cdot \frac{D_6}{E_{20} \cdot D_H \cdot h^3}$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

$$Y_{\text{фн}} = 3.702 \times 10^{-3}$$

коэффициент

$$C_F := \max \left(1, \sqrt{\frac{\frac{\pi \cdot D_6}{n}}{2 \cdot d + \frac{6 \cdot h}{m + 0.5}}} \right)$$

$$C_F = 1$$

Приведенный диаметр приварного встык фланца :

$$D' := \begin{cases} dd \leftarrow D & \text{if } D \geq 20 \cdot S_1 \\ \text{otherwise} \\ \begin{cases} dd \leftarrow D + S_0 & \text{if } f > 1 \\ dd \leftarrow D + S_1 & \text{if } f = 1 \end{cases} \\ dd \end{cases}$$

$$D' = 0.497$$

Плечи моментов, м

$$b := 0.5 \cdot (D_6 - D_{\text{сп}})$$

$$b = 0.05$$

$$e := 0.5 \cdot (D_{\text{сп}} - D - S_3)$$

$$e = 0.021$$

7.2.5 Коэффициент жесткости фланцевого соединения

$$\alpha := 1 - \frac{Y_{\text{п}} - (Y_{\text{ф}} \cdot e + Y_{\text{ф}} \cdot e) \cdot b}{Y_{\text{п}} + Y_6 + (Y_{\text{ф}} + Y_{\text{ф}}) \cdot b^2}$$

$$\alpha = 1.259$$

$$\gamma := \frac{1}{Y_{\text{п}} + Y_6 \cdot \frac{E_{206}}{E_6} + \left(Y_{\text{ф}} \cdot \frac{E_{20}}{E} + Y_{\text{ф}} \cdot \frac{E_{20}}{E} \right) \cdot b^2}$$

$$\gamma = 4.837 \times 10^3$$

$$\alpha_M := \frac{Y_6 + 2 \cdot Y_{\text{фн}} \cdot b \cdot \left(b + e - \frac{e^2}{D_{\text{сп}}} \right)}{Y_6 + Y_{\text{п}} \cdot \left(\frac{D_6}{D_{\text{сп}}} \right)^2 + Y_{\text{фн}} \cdot b^2 + Y_{\text{фн}} \cdot b^2}$$

$$\alpha_M = 1.079$$

7.3 Нагрузки и усилия

Усилие, необходимое для смятия прокладки при затяжке, МН

$$P_{\text{обж}} := 0.5 \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_0 \cdot q_{\text{обж}}$$

$$P_{\text{обж}} = 0.334$$

Усилие на прокладке в рабочих условиях, МН

$$R_{\text{п}} := \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_0 \cdot m \cdot P$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

$$R_{\Pi} = 7.236 \times 10^{-3}$$

Равнодействующая внутреннего давления, МН

$$Q_{\text{д}} := 0.785 \cdot D_{\text{сп}}^2 \cdot P$$

$$Q_{\text{д}} = 0.065$$

Приведенная нагрузка, вызванная воздействием внешней силы и изгибающего момента, МН

$$F := 0$$

$$M := 0$$

$$Q_{\text{FM}} := F + \frac{4 \cdot |M|}{D_{\text{сп}}}$$

$$Q_{\text{FM}} = 0$$

Нагрузка, вызванная стесненностью температурных деформаций, МН

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

$$Q_t = 0.059$$

$$\Delta_{\text{фл}} := 2 \cdot \alpha_{\text{ф}} \cdot h \cdot (t_{\text{ф}} - 20)$$

$$\Delta_{\text{фл}} = 8.467 \times 10^{-5}$$

$$\Delta_{\text{б}} := \alpha_{\text{б}} \cdot (h + h) \cdot (t_{\text{б}} - 20)$$

$$\Delta_{\text{б}} = 7.258 \times 10^{-5}$$

$$\frac{\Delta_{\text{фл}} - \Delta_{\text{б}}}{\Delta_{\text{фл}}} \cdot 100 = 14.286$$

% <

10 %

$$Q_{\text{т}} := 0$$

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

$$P_{\text{б1}} := \max \left[\alpha \cdot (Q_{\text{д}} + F) + R_{\Pi} + \frac{4 \cdot \alpha_{\text{м}} \cdot |M|}{D_{\text{сп}}}, \alpha \cdot (Q_{\text{д}} + F) + R_{\Pi} + \frac{4 \cdot \alpha_{\text{м}} \cdot |M|}{D_{\text{сп}}} - Q_t \right]$$

$$P_{\text{б1}} = 0.089$$

$$\alpha \cdot (Q_{\text{д}} + F) + R_{\Pi} + \frac{4 \cdot \alpha_{\text{м}} \cdot |M|}{D_{\text{сп}}} = 0.089$$

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

$$P_{\text{б2}} := \max(P_{\text{обж}}, 0.4 \cdot n \cdot f_{\text{б}} \cdot \sigma_{\text{бд20}})$$

$$P_{\text{б2}} = 1.148$$

Расчётная нагрузка на болты при затяжке фланцевого соединения, МН:

$$P_{\text{бм}} := \max(P_{\text{б1}}, P_{\text{б2}})$$

$$P_{\text{бм}} = 1.148$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

Расчётная нагрузка на болты в рабочих условиях, необходимая для обеспечения в рабочих условиях давления на прокладку, достаточного для герметизации фланцевого соединения, МН:

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

$$P_{бр} = 1.131$$

7.4 Расчет шпилек

Коэффициент увеличения допускаемых напряжений при затяжке

$$\xi := 1.2$$

Коэффициент условий работы для рабочих условий

$$K_{ур} := 1.0$$

Коэффициент условий затяжки при обычной неконтролируемой затяжке

$$K_{уз} := 1.0$$

Коэффициент учёта нагрузки от температурных деформаций при расчёте фланцев без учёта нагрузки от температурных деформаций

$$K_{ут} := 1.0$$

- доп. напряжение для шпилек при затяжке

$$\sigma_{бдопм} := \xi \cdot K_{ур} \cdot K_{уз} \cdot K_{ут} \cdot \sigma_{бд20}$$

$$\sigma_{бдопм} = 276$$

- доп. напряжение шпилек в рабочих условиях

$$\sigma_{бдопр} := K_{ур} \cdot K_{уз} \cdot K_{ут} \cdot \sigma_{бд}$$

$$\sigma_{бдопр} = 222$$

Расчётные напряжения при затяжке:

$$\sigma_{б1} := \frac{P_{бм}}{n \cdot f_б}$$

$$\sigma_{б1} = 92$$

Условие прочности при затяжке:

$$\sigma_{б1} = 92$$

МПа

<

$$\sigma_{бдопм} = 276$$

МПа

Расчётные напряжения в рабочих условиях::

$$\sigma_{б2} := \frac{P_{бр}}{n \cdot f_б}$$

$$\sigma_{б2} = 90.652$$

Условие прочности в рабочих условиях:

$$\sigma_{б2} = 90.652$$

МПа

<

$$\sigma_{бдопр} = 222$$

МПа

7.5 Расчет фланцев на статическую прочность

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
						113
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

7.5.1 Допускаемые напряжения

Допускаемое значение общих мембранных и изгибных напряжений при затяжке, МПа:

$$\sigma_{\text{доп20M}} := 1.5 \cdot \sigma_{\text{д20}}$$

$$\sigma_{\text{доп20M}} = 229.08$$

Допускаемое значение суммарных общих и местных условных упругих мембранных и изгибных напряжений при затяжке, МПа

$$\sigma_{\text{доп20R}} := 3 \cdot \sigma_{\text{д20}}$$

$$\sigma_{\text{доп20R}} = 458.16$$

Допускаемое значение общих мембранных и изгибных напряжений, МПа

$$\sigma_{\text{допM}} := 1.5 \cdot \sigma_{\text{д}}$$

$$\sigma_{\text{допM}} = 184.26$$

Допускаемое значение суммарных общих и местных условных упругих мембранных и изгибных напряжений, МПа

$$\sigma_{\text{допR}} := 3 \cdot \sigma_{\text{д}}$$

$$\sigma_{\text{допR}} = 368.52$$

7.5.2 Расчет нагрузок

Расчётный изгибающий момент, действующий на фланец при затяжке, МНм:

$$M_{\text{M}} := C_{\text{F}} \cdot P_{\text{бм}} \cdot b$$

$$M_{\text{M}} = 0.057$$

Расчётный изгибающий момент, действующий на фланец в рабочих условиях, МНм:

$$M_{\text{P}} := C_{\text{F}} \cdot \max \left[P_{\text{бп}} \cdot b + (Q_{\text{д}} + Q_{\text{FM}}) \cdot e, |Q_{\text{д}} + Q_{\text{FM}}| \cdot e \right]$$

Меридианальное изгибное напряжение во втулке при затяжке для фланцев с конической втулкой в сечении s_1 , МПа:

$$\sigma_{1\text{M}} := \frac{M_{\text{M}}}{\lambda \cdot (s_1 - c)^2 \cdot D}$$

$$\sigma_{1\text{M}} = 19.904$$

Меридианальное изгибное напряжение во втулке при затяжке для фланцев с конической втулкой в сечении s_0 , МПа:

$$\sigma_{0\text{M}} := f \cdot \sigma_{1\text{M}}$$

$$\sigma_{0\text{M}} = 19.904$$

Радиальное напряжение в тарелке приварного встык фланца при затяжке, МПа:

$$\sigma_{\text{RM}} := \frac{1.33 \cdot \beta_{\text{F}} \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_{\text{M}}$$

$$\sigma_{\text{RM}} = 13.676$$

Окружное напряжение в тарелке приварного встык фланца при затяжке, МПа:

$$\sigma_{\text{TM}} := \frac{\beta_{\text{Y}} \cdot M_{\text{M}}}{h^2 \cdot D} - \beta_{\text{Z}} \cdot \sigma_{\text{RM}}$$

$$\sigma_{\text{TM}} = 52.111$$

Меридианальное изгибное напряжение во втулке в рабочих условиях фланцев с

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

114

конической втулкой в сечении s1, МПа:

$$\sigma_{1P} := \frac{M_p}{\lambda \cdot (S_1 - c)^2 \cdot D'}$$

$$\sigma_{1P} = 20.086$$

Меридиональное изгибное напряжение во втулке в рабочих условиях для фланцев с конической втулкой в сечении s0, МПа:

$$\sigma_{0P} := f \cdot \sigma_{1P}$$

$$\sigma_{0P} = 20.086$$

Меридиональное мембранное напряжение во втулке в рабочих условиях фланцев с конической втулкой в сечении s1, МПа:

$$\sigma_{1MMp} := \frac{Q_d + F + \frac{4 \cdot |M|}{D_{сп}}}{\pi \cdot (D + S_1) \cdot (S_1 - c)}$$

$$\sigma_{1MMp} = 0.916$$

Меридиональное мембранное напряжение во втулке в рабочих условиях фланцев с конической втулкой в сечении s0, МПа:

$$\sigma_{0MMp} := \frac{Q_d + F + \frac{4 \cdot |M|}{D_{сп}}}{\pi \cdot (D + S_0) \cdot (S_0 - c)}$$

$$\sigma_{0MMp} = 2.692$$

Окружное мембранное напряжение во втулке в рабочих условиях фланцев с конической втулкой в сечении s0, МПа:

$$\sigma_{0MoP} := \frac{P \cdot D}{2 \cdot (S_0 - c)} \quad \sigma_{0MoP} = 4.116$$

Радиальное напряжение в тарелке приварного встык фланца в рабочих условиях, МПа:

$$\sigma_{RP} := \frac{1.33 \cdot \beta_F \cdot h + l_0}{\lambda \cdot h^2 \cdot l_0 \cdot D} \cdot M_p \quad \sigma_{RP} = 13.801$$

Окружное напряжение в тарелке приварного встык фланца в рабочих условиях, МПа:

$$\sigma_{TP} := \frac{\beta_Y \cdot M_p}{h^2 \cdot D} - \beta_Z \cdot \sigma_{RP}$$

$$\sigma_{TP} = 52.587$$

$$K_T := 1$$

7.5.3 Проверка условий статической прочности

Условие статической прочности фланца при затяжке для фланцев с конической втулкой в сечении s1:

$$\max(|\sigma_{1M} + \sigma_{RM}|, |\sigma_{1M} + \sigma_{TM}|) \leq K_T \cdot \sigma_{доп20M}$$

$$\max(|\sigma_{1M} + \sigma_{RM}|, |\sigma_{1M} + \sigma_{TM}|) = 72.015 \text{ МПа} < K_T \cdot \sigma_{доп20M} = 229.08 \text{ МПа}$$

Условие статической прочности фланца в рабочих условиях для фланцев с конической втулкой в сечении s1:

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

$$\max\left(\left|\sigma_{1P} - \sigma_{1ММР} + \sigma_{RP}\right|, \left|\sigma_{1P} - \sigma_{1ММР} + \sigma_{TP}\right|, \left|\sigma_{1P} + \sigma_{1ММР}\right|\right) \leq K_T \cdot \sigma_{допМ}$$

$$\max\left(\left|\sigma_{1P} - \sigma_{1ММР} + \sigma_{RP}\right|, \left|\sigma_{1P} - \sigma_{1ММР} + \sigma_{TP}\right|, \left|\sigma_{1P} + \sigma_{1ММР}\right|\right) = 71.758$$

МПа

$$K_T \cdot \sigma_{допМ} = 184.26$$

МПа

$$70.506 < 184.26$$

Условие статической прочности фланца при затяжке для фланцев с конической втулкой в сечении s0:

$$\sigma_{0M} \leq 1.3 \cdot \sigma_{доп20R}$$

$$\sigma_{0M} = 19.904 \text{ МПа} < 1.3 \cdot \sigma_{доп20R} = 595.608 \text{ МПа}$$

Условие статической прочности фланца в рабочих условиях для фланцев с конической втулкой в сечении s0:

$$mm1 := \max\left(\left|\sigma_{0P} + \sigma_{0ММР}\right|, \left|\sigma_{0P} - \sigma_{0ММР}\right|, \left|0.3 \cdot \sigma_{0P} + \sigma_{0MoP}\right|, \left|0.3 \cdot \sigma_{0P} - \sigma_{0MoP}\right|\right)$$

$$mm2 := \max\left[\left|0.7 \cdot \sigma_{0P} + (\sigma_{0ММР} - \sigma_{0MoP})\right|, \left|0.7 \cdot \sigma_{0P} - (\sigma_{0ММР} - \sigma_{0MoP})\right|\right]$$

$$\max(mm1, mm2) \leq 1.3 \cdot \sigma_{допR}$$

$$1.3 \cdot \sigma_{допR} = 479.076$$

МПа

$$\max(mm1, mm2) = 22.778$$

$$135.446 < 479.076$$

Условие для фланца 1 (всех типов) в сечении s0:

$$\max\left(\left|\sigma_{0MoP}\right|, \left|\sigma_{0ММР}\right|\right) \leq \sigma_{доп}$$

$$\max\left(\left|\sigma_{0MoP}\right|, \left|\sigma_{0ММР}\right|\right) = 4.116 \text{ МПа} < \sigma_{доп} = 148 \text{ МПа}$$

Условие для тарелки фланца 1 при затяжке:

$$\max\left(\left|\sigma_{RM}\right|, \left|\sigma_{TM}\right|\right) \leq K_T \cdot \sigma_{доп20}$$

$$\max\left(\left|\sigma_{RM}\right|, \left|\sigma_{TM}\right|\right) = 52.111 \text{ МПа} < K_T \cdot \sigma_{доп20} = 184 \text{ МПа}$$

Условие для тарелки фланца 1 в рабочих условиях:

$$\max\left(\left|\sigma_{RP}\right|, \left|\sigma_{TP}\right|\right) \leq K_T \cdot \sigma_{доп}$$

$$\max\left(\left|\sigma_{RP}\right|, \left|\sigma_{TP}\right|\right) = 52.587 \text{ МПа} < K_T \cdot \sigma_{доп} = 148 \text{ МПа}$$

7.5.4 Угол поворота фланца

Угол поворота фланца в рабочих условиях:, рад:

$$\theta := M_P \cdot Y_\phi \cdot \frac{E_{20}}{E}$$

$$\theta = 1.487 \times 10^{-3}$$

Коэффициент для рабочих условий:

$$K_\theta := 1$$

$$\theta_{доп} := 0.006$$

Условие жесткости для рабочих условий:

$$\theta \leq K_\theta \cdot \theta_{доп}$$

$$\theta = 1.487 \times 10^{-3} < K_\theta \cdot \theta_{доп} = 6 \times 10^{-3} \text{ Условие выполняется.}$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2К41	Никулин Андрей Александрович

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

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

Промышленное химическое предприятие оборонного комплекса – ФКП «АНОЗИТ». Теплообменник конденсатор, для охлаждения технологического пара. Расположен в помещении цеха. Пульт управления находится в отдельной операторской.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:

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

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

2. Производственная безопасность:

- 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов
- 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия

При ведении технологического процесса возможно возникновение следующих вредных и опасных факторов производственной среды

1. Поражение электрическим током
2. Получение термических ожогов
3. Воздействие вредных шумов и вибрации
4. Возможность возникновения пожара и взрыва
5. Нарушение микроклимата производственных помещений

3. Экологическая безопасность:

Мероприятия по устранению выброса в

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

117

	<p>окружающую среду отходов и вредных веществ не требуются – поскольку среды в исследуемой установке обратная захлаженная вода и водяной пар. Но проектированием установки мы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Совершенствуем технологический процесс 2. Снижаем потребляемое количество электроэнергии
<p>4. Безопасность в аварийных и чрезвычайных ситуациях:</p> <p>4.1 Безопасность в аварийных ситуациях</p> <p>4.2 Безопасность в чрезвычайных ситуациях</p>	<p>При эксплуатации установки возможно возникновение пожара и взрыва, при несоблюдении норм взрыво- и пожаро безопасности.</p> <p>Взрывобезопасность должна обеспечиваться мерами взрыво предупреждения и взрывозащиты, осуществлением специальных организационных и организационнотехнических мероприятий в объеме, установленном действующими нормами</p>

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2К41	Никулин Андрей Александрович		

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
						118
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

6. Социальная ответственность

Для работников, занятых на работах с вредными или опасными условиями труда, законодатель установил сокращенную продолжительность рабочего времени - не более 36 часов в неделю [17], [18]. При этом максимально допустимая продолжительность ежедневной работы (смены) не может превышать:

- при 36-часовой рабочей неделе - 8 часов;
- при 30-часовой рабочей неделе и менее - 6 часов. [17]

Коллективным договором может быть предусмотрено увеличение смены при условии соблюдения предельной еженедельной продолжительности рабочего времени и гигиенических нормативов условий труда.

Также сотрудникам, занятым на работах с вредными или опасными условиями труда, положено предоставлять ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск продолжительностью не менее 7 календарных дней [17], [18]

6.1 Производственная безопасность

К **опасным физическим производственным факторам** относятся движущиеся машины и механизмы; различные подъемно-транспортные устройства и перемещаемые грузы; незащищенные подвижные элементы производственного оборудования (приводные и передаточные механизмы, режущие инструменты, вращающиеся и перемещающиеся приспособления и др.); отлетающие частицы обрабатываемого материала и инструмента, электрический ток, повышенная температура поверхностей оборудования и обрабатываемых материалов и др.

Химические опасные и вредные производственные факторы по характеру действия на организм человека подразделяются на общетоксические, раздражающие, сенсibiliзирующие (вызывающие аллергические заболевания), канцерогенные (вызывающие развитие опухолей), мутагенные (действующие на половые клетки организма). В эту группу входят многочисленные пары и газы — бензола и толуола, окись углерода, сернистый ангидрид, окислы азота, аэрозоли свинца, токсичные пыли, образующиеся, например, при обработке резанием бериллия, свинцовистых бронз и латуней и некоторых пластмасс с вредными наполнителями. К этой группе относятся также агрессивные жидкости (кислоты, щелочи), которые могут причинить химические ожоги кожного покрова при соприкосновении с ними.

Предельно допустимое значение вредного производственного фактора [19] — это предельное значение величины вредного производственного фактора, воздействие которого при ежедневной регламентированной продолжительности в течение всего

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		119

трудового стажа не приводит к снижению работоспособности и заболеванию как в период трудовой деятельности, так и к заболеванию в последующий период жизни, а также не оказывает неблагоприятного влияния на здоровье потомства.

Пространство, в котором возможно воздействие на работающих опасных и/или вредных производственных факторов, называется **опасной зоной**.

Выбор методов и средств обеспечения безопасности должен осуществляться на основе выявления вредных и опасных факторов, присущих тому или иному производственному оборудованию или технологическому процессу. Очень важно уметь обнаружить опасность и определить ее характеристики.

Защита от вредных и опасных производственных факторов обеспечивается снижением их уровня в источнике и применением профилактических и предохранительных мер. При этом компетентность людей в области производственных опасностей и способов защиты от них — необходимое условие обеспечения их безопасности.

В производстве перекиси водорода на ФКП «АНОЗИТ» присутствуют следующие опасные производственные факторы

- Повышенный уровень шума в рабочей зоне
- Повышенная температура воздуха рабочей зоны
- Повышенный уровень вибрации

Рассмотрим их подробнее

Повышенный уровень шума в рабочей зоне

Шум в рабочей зоне создаётся потоками горячих и холодных теплоносителей в теплообменном аппарате, ударяющихся о стенки и перегородки.

Шум не только ухудшает самочувствие человека, но и ухудшает производительность его труда.

Нормирование допустимых уровней звукового давления производится по [20], и уровень шума не должен превышать 85 дБ

Снижения шума можно добиться следующими методами:

- устранение причин шума или существенное их ослабление в источнике образования, достигающееся применением инновационных покрытий и прочих высокотехнологичных решений

- изоляция источников шума от окружающей среды шумопоглощающими материалами

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

120

- применение средств снижающих шум на пути его распространения
(виброоснования и пр)

-архитектурно – планировочные решения, позволяющие максимально отдалить технологическое оборудование от персонала;

- применение средств индивидуальной защиты.

Противошумные средства индивидуальной защиты:

- противошумные наушники;
- противошумные вкладыши в слуховой канал;
- противошумные шлемы и каски;

Повышенная температура воздуха рабочей зоны.

Высокая температура воздуха в рабочей зоне обусловлена характером производства перекиси водорода.

Одной из теплоёмких стадий получения – является электролиз, при прохождении тока через рабочий раствор, выделяется значительное количество тепловой энергии.

Второй теплоёмкой стадией получения перекиси водорода – является ректификация, поскольку там происходит процесс нагрева водного раствора.

Рассматриваемый в данном дипломном проекте теплообменник имеет температуру корпуса 45 °С.

Температура в рабочей зоне соответствующей категории работ не может быть выше или ниже установленных нормативов [22].

Таблица – 10. Оптимальные показатели микроклимата в производственном помещении

Период	Относительная влажность, %	Температура, °С	Скорость воздуха, м/с
Холодный	40-60	21-23	0,1
Тёплый	40-60	22-24	0,1

Повышенный уровень вибрации

Повышенная вибрация так же создаётся потоками горячих и холодных теплоносителей в теплообменном аппарате, ударяющихся о стенки и перегородки,

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

121

работой насосов, компрессоров, вентиляторов, вследствие гидроударов – при несоблюдении тонкостей ведения технологического процесса.

Длительное воздействие вибрации на человека вызывает функциональные и физиологические последствия. Многие из них могут привести к нарушениям работы сердечно – сосудистой системы, заболеваниям опорно – двигательного аппарата и так же способствуют развитию нервных заболеваний.

Для ограничения времени воздействия вибрации – осуществляется внутрисменный режим труда, в соответствии с [21].

При проектировании и строительстве промышленных объектов, а так же при разработке технологических процессов должны быть использованы методы, снижающие вибрацию [23].

Электрический ток

Воздействия электрического тока на человека по характеру и по его видам чрезвычайно разнообразны. Они зависят от множества факторов.

По характеру воздействия различают: термические, биологические, электролитические, химические и механические повреждения.

Термическое действие тока проявляется ожогами отдельных участков тела, почернением и обугливанием кожи и мягких тканей; нагревом до высокой температуры органов, расположенных на пути прохождения тока, кровеносных сосудов и нервных волокон. Фактор нагрева вызывает функциональные расстройства в органах и системах человеческого тела.

Электролитическое действие тока выражается в разложении различных жидкостей организма на ионы, нарушающие их свойства.

Химическое действие тока проявляется в возникновении химических реакций в крови, лимфе, нервных волокнах с образованием новых веществ, не свойственных организму.

Биологическое действие приводит к раздражению и возбуждению живых тканей организма, возникновению судорог, остановке дыхания, изменению режима сердечной деятельности.

Механическое действие тока выражается в сильном сокращении мышц, вплоть до их разрыва, разрывам кожи, кровеносных сосудов, переломе костей, вывихе суставов, расслоении тканей.

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
						122
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

По видам поражения различают: электротравмы и электрические удары.

Электротравмы — это местные поражения (ожоги, электрические знаки, металлизация кожи, механические повреждения, электроофтальмия).

Токовые ожоги подразделяются на контактные и дуговые. Контактные возникают в месте контакта кожи с токоведущей частью электроустановки напряжением не выше 2 кВ, дуговые — в местах, где возникла электрическая дуга, обладающая высокой температурой и большой энергией. Дуга может вызвать обширные ожоги тела, обугливание и даже полное сгорание больших участков тела.

Электрические знаки — это уплотненные участки серого или бледно-желтого цвета на поверхности кожи человека, подвергнувшейся действию тока. Как правило, в месте электрического знака кожа теряет чувствительность.

Металлизация кожи — внедрение в верхние слои кожи мельчайших частиц металла, расплавившегося под действием электрической дуги или заряженных частиц электролита из электролизных ванн.

Электроофтальмия — воспаление наружных оболочек глаз в результате воздействия мощного потока ультрафиолетового излучения от электрической дуги. Возможно повреждение роговой оболочки, что особенно опасно.

Электрические удары — это общие поражения, связанные с возбуждением тканей проходящим через них током (сбои в функционировании центральной нервной системы, органов дыхания и кровообращения, потеря сознания, расстройства речи, судороги, нарушение дыхания вплоть до его остановки, мгновенная смерть).

По степени воздействия на человека различают три пороговых значения тока: осязаемый, неотпускающий и фибрилляционный.

Осязаемым называют электрический ток, который при прохождении через организм вызывает осязаемое раздражение. Ощущение от протекания переменного электрического тока, как правило, начинается от 0,6 мА.

Неотпускающим называют ток, который при прохождении через человека вызывает непреодолимые судорожные сокращения мышц рук, ног или других частей тела, соприкасающихся с токоведущим проводником. Переменный ток промышленной частоты, протекая по нервным тканям, воздействует на биотоки мозга, вызывая эффект «приковывания» к неизолированному проводнику тока в месте контакта с ним. Человек не может самостоятельно оторваться от токоведущей части.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

123

Фибрилляционным называют ток, который при прохождении через организм вызывает фибрилляцию сердца (разновременные некоординированные сокращения отдельных мышечных волокон сердца). Фибрилляция может привести к остановке сердца и параличу дыхания.

Степень поражения электрическим током зависит от электрической проводимости или от обратного ему параметра — общего электрического сопротивления организма. Они, в свою очередь, определяются:

- индивидуальными особенностями тела человека;
- параметрами электрической цепи (напряжением, силой и родом тока, частотой его колебаний), под действие которой попал работник;
- путем прохождения тока через тело человека;
- условиями включения в электросеть;
- продолжительностью воздействия;
- условиями внешней среды (температурой, влажностью, наличием токопроводящей пыли и др.).

Низкое электрическое сопротивление организма способствует более тяжелым последствиям поражения. Электрическое сопротивление тела человека снижается вследствие неблагоприятных физиологических и психологических состояний (утомление, заболевание, алкогольное опьянение, голод, эмоциональное возбуждение).

Общее электрическое сопротивление человеческого организма суммируется из сопротивлений каждого участка тела, расположенного на пути прохождения тока. Каждый участок обладает своим сопротивлением. Наибольшее электросопротивление имеет верхний роговой слой кожи, в котором отсутствуют нервные окончания и кровеносные сосуды. При влажной или поврежденной коже сопротивление составляет около 1000 Ом. При сухой коже без повреждений оно многократно возрастает. При электропробое наружного слоя кожи полное сопротивление тела человека значительно снижается. Сопротивление кожи падает тем быстрее, чем длительнее процесс протекания тока.

Тяжесть поражения человека пропорциональна силе тока, прошедшего через его тело. Ток силой более 0,05 А может смертельно травмировать человека при продолжительности воздействия 0,1 с.

Переменный ток более опасен, чем постоянный, однако при высоком напряжении (более 500 В) опаснее становится постоянный ток. Наиболее опасен частотный диапазон

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

124

переменного тока от 20 до 100 Гц. Основная масса промышленного оборудования работает на частоте 50 Гц, входящей в этот опасный диапазон. Высокочастотные токи менее опасны.

Токи высокой частоты могут вызвать лишь поверхностные ожоги, так как они распространяются только по поверхности тела.

Таблица – 11. Характер воздействия на человека при протекании через тело (участки тела) электрического тока.

Сила тока, мА	Переменный 50 Гц	Постоянный
0,6-1,5	Слабый зуд, пощипывание кожи	Не ощущается
2-4	Сильное дрожание пальцев	Не ощущается
5-7	Судороги во всей кисти	Зуд, нагрев кожи
10-15	Непреодолимые судорожные сокращения	Значительное ощущение нагрева, судорога
20-25	Сильные боли, дыхание затруднено	Ощущение нагрева увеличивается, судорога
50-80	Паралич дыхания, сбой в работе сердца	Непреодолимые судорожные сокращения
100	Фибрилляция сердца, прекращение дыхания	Прекращение дыхания

Для снижения вероятности удара разработан ряд требований безопасности, установленный в [24]

Основные способы и средства электрозащиты можно подразделить на три вида:

- Организационные, снижающие вероятность прикосновения человека к токоведущим частям электроустановки: инструктаж, применение индивидуальных средств защиты, правильная организация рабочего места и режима труда, применение предупреждающих плакатов, сигнализация о включении напряжения и т.д.;

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

- Организационно-технические, препятствующие появлению напряжения на нетоковедущих частях электроустановки: ограждение и изоляция токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная, двойная) с устройством непрерывного контроля, применение блокировок, переносных заземлителей, изолированных рабочих мест, обеспечение безопасных режимов работы сети;

- Технические, обеспечивающие защиту человека, при попадании под напряжение:

-компенсация емкостных токов утечки;

-защитное заземление;

-зануление;

-защитное отключение с самоконтролем;

-выравнивание потенциалов;

-применение малого напряжения (42В);

-электрическое разделение сетей;

-защита от перехода высокого напряжения на сторону низкого напряжения;

-защита от замыканий на землю.

Эти способы и средства применяют отдельно или в сочетании в зависимости от напряжения сети, рода тока, режима нейтрали трансформатора, возможных условий включения человека в цепь тока (двухфазное, однофазное прикосновение к голым проводам или частях, оказавшимся под напряжением, попадание под напряжение в зоне растекания тока и др.)

Повышенная температура поверхности

Оборудование с температурой поверхности выше 45 °С, должно быть теплоизолировано.

При необходимости выполнения работ вблизи горячих частей оборудования, должны быть приняты меры по защите от ожогов и действия высокой температуры.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

126

6.2. Экологическая безопасность.

В процессе эксплуатации аппарата не используются и не выделяются газообразные продукты (выбросы).

Так же не происходит воздействие на гидросферу, поскольку в процессе теплообмена в качестве теплоносителей используется водяной конденсат и обратная захлажденная вода.

При эксплуатации аппарата не появляются отходы – соответственно не загрязняется литосфера.

6.3. Безопасность в аварийных и чрезвычайных ситуациях

Таблица 12 Перечень аварийных ситуаций и причин их вызывающих

	Аварийная ситуация	Причина
	Прекращение подачи обратной захлажденной воды	Повреждение трубопровода, остановка питающих машин
	Прекращение поступления паровоздушной смеси	Остановка колонны

Для обеспечения безаварийной работы установки и достижения минимального уровня взрыво-пожароопасности процесса предусмотрены следующие мероприятия:

- все стадии технологического процесса непрерывны и склонны к устойчивому протеканию;
- при соблюдении правил эксплуатации процесс не обладает возможностью взрыва внутри технологической аппаратуры;
- применяемые, обращающиеся и получаемые вещества не обладают способностью быстро и спонтанно полимеризоваться, реагировать с водой, саморазогреваться и самовоспламеняться, не склонны к произвольному термическому разложению при высоких температурах и давлениях;
- на установке отсутствуют открытые поверхности аппаратов и трубопроводов с температурой выше температуры самовоспламенения обрабатываемых веществ;
- контроль и управление процессом осуществляется автоматически и дистанционно из операторной с использованием электронной системы приборов;
- предусмотрены система аварийного освобождения аппаратов от продуктов в аварийную емкость и аварийный сброс на факел;

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

127

- на наружной установке, где расположено оборудование, в котором обращаются взрывопожароопасные вещества, предусмотрены датчики загазованности, сигналы от которых поступают в операторную [25].

Способы и средства пожаротушения. В соответствии с требованием норм по пожаротушению на установке должны быть предусмотрены первичные и стационарные средства пожаротушения, а также пожарная сигнализация.

Согласно на установке предусмотрены следующие средства пожаротушения:

- первичные средства пожаротушения (огнетушители углекислотные ОУ-5, ОУ-8; ящики с песком, лопаты и т.д.);
- стационарная система пенотушения;
- водяная оросительная система;
- пожарные краны.

Безопасность в чрезвычайных ситуациях

К чрезвычайным ситуациям относятся производственные аварии, стихийные бедствия и военные конфликты. При возникновении одной из таких ситуаций на предприятии должна включиться тревога, оповещающая персонал и дающая первичные инструкции. Каждый работник, всегда имеющий с собой первичные средства защиты (противогаз или самоспасатель), должен немедленно его использовать. Производится остановка подачи сырья на оборудование. Сырье, уже прошедшее некоторые стадии обработки, автоматически сбрасывается на факел или в специальное хранилище, предусмотренное технологической схемой. Затем производится отключение электричества ответственным персоналом или автоматически, во избежание еще большей аварии. Персонал немедленно эвакуируется из опасной зоны, либо направляется в бомбоубежище.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

128

7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целевой рынок – промышленные предприятия, медицинская отрасль, сельское хозяйство, пищевая промышленность и космическая отрасль, причем доля последнего в использовании перекиси водорода возрастает, что связано с увеличением количества выводимых спутников связи. При разложении перекиси водорода на катализаторе выделяется большое количество теплоты, причём образующаяся в результате реакции разложения перекиси водорода вода превращается в пар, а в смеси с одновременно выделяющимся во время реакции атомарным кислородом образует так называемый «парогаз». Температура парогаза, в зависимости от степени начальной концентрации перекиси водорода, может достигать 700 С°—800 С°.

SWOT – анализ Установки конденсации вторичного пара при ректификации перекиси водорода ФКП «Анозит»

Таблица - 13

	<p>Возможности:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Герметизированный сбор и подготовка продукции по требованиям ГОСТ 177-88; 2. Использование нового высококачественного оборудования; 3. Повышение квалификации персонала 	<p>Угрозы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Объект относится к категории опасных производственных объектов; 2. Появление новых конкурентов; 3. Большое количество конкурентов;
<p>Сильные стороны:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Выгодное расположение в Сибирском регионе, близость с административным центром; 2. Обеспечение местных жителей рабочими местами; 3. Применяемое оборудование сертифицировано и имеет 	<p>Результаты полей «Сильные стороны и возможности» :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. За счет повышения качества продукции по мировым стандартам увеличим рынок сбыта продуктов; 2. За счет увеличения ассортимента продуктов – эффективно продвигать товар на рынке, 	<p>Результаты полей «Сильные стороны и угрозы»:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. За счет качества и увеличения ассортимента исключить угрозу появления новых конкурентов; 2. Использование качественной продукции. 3. Возможность для местных жителей трудоустроиться на высокотехнологичное

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

разрешение Ростехнадзора	пользующийся большим спросом;	производство.
Слабые стороны: 1. Нехватка квалифицированных кадров; 3. Старение высококвалифицированных рабочих.	Результаты анализа полей «Слабые стороны и возможности» : 1. За счет использования новых автоматизированных технологий уменьшить трудозатраты персонала на совершение операций; 2. За счет повышения квалификации персонала исключить возможность появления чрезвычайных и аварийных ситуаций	Результаты анализа полей «Слабые стороны и угрозы»: 1. За счет снижения затрат на производство повысить конкурентоспособность продукции; 2. Привлечение молодых специалистов.

Анализ эффективности действующего производства

Расчет производственной мощности предприятия

Под производственной мощностью химического предприятия понимается максимально возможный годовой выпуск продукции в номенклатуре и ассортименте:

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

$$M=170*7512*1=1277040 \text{ кг/год}$$

где

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

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

$K_{\text{об}}$ – количество однотипного оборудования.

Эффективный фонд времени оборудования:

$$T_{\text{эф}} = T_{\text{ном}} - T_{\text{ппр}} - T_{\text{то}}$$

$$T_{\text{эфф}} = 365-42-10=313$$

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

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

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

131

$T_{то}$ – время технологических остановок.

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

$$T_{ном} = 365 - 0 - 0 = 365$$

где

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

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

Таблица 14 – Баланс рабочего времени оборудования

Показатели	Количество дней (часов)
Календарный фонд времени	365 (8760)
Режимные потери рабочего времени	
-выходные	0(0)
-праздники	0(0)
Номинальный фонд рабочего времени	365(8760)
Простой оборудования в ремонтах	42 (1008)
Простой оборудования по технологическим причинам	10 (240)
Эффективное время работы оборудования	313(7512)

Для анализа использования оборудования рассчитываем экстенсивный и интенсивный коэффициенты.

Коэффициент экстенсивного использования оборудования находим по формуле:

$$K_{экс} = \frac{T_{эф}}{T_n}$$

$$K_{экс} = 7512/8760 = 0,857$$

Коэффициент экстенсивного использования оборудования:

$$K_{инт} = \frac{Q_{пп}}{Q_{макс}}$$

$$K_{инт} = 180/200 = 0,9$$

$Q_{пп}$ – производительность единицы оборудования в единицу времени;

$Q_{макс}$ – максимальная производительность в единицу времени.

Интегральный коэффициент использования мощности:

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
						132
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		

$$K_{\text{им}} = K_{\text{экс}} \times K_{\text{инт}}$$

$$K_{\text{им}} = 0,857 \times 0,9 = 0,77$$

Для определения фактического выпуска продукции рассчитывается производственная программа (Nгод):

$$N_{\text{год}} = K_{\text{им}} \times M$$

$$N_{\text{год}} = 0,77 \times 1277040 = 983320,8 \text{ кг}$$

Расчет себестоимости готовой продукции по действующему производству

Расчет годового фонда заработной платы цехового персонала

1. Расчет численности персонала

Таблица 15 – Расчет численности персонала

Наименование должности	Категория	Тарифный разряд	Число штатных единиц	Количество смен в сутках
Главный технолог	ИТР	Высшее	1	1
Механик установки	ИТР	Высшее	1	1
Энергетик установки	ИТР	Высшее	1	1
Итого			3	
Старший оператор	Производственный рабочий	6	4	2
Оператор	Производственный рабочий	5	8	2
Итого			12	
Дежурный слесарь по ремонту оборудования	Ремонтный персонал	4	4	2
Дежурный электромонтёр	Ремонтный персонал	4	4	2
Наладчик КИП	Ремонтный персонал	5	4	2
Итого			12	
Итого			27	

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

Расчет затрат на производство продукции
Расчет годовой потребности в сырье и материалах

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

Таблица 18 – Расчет годовой потребности в сырье и материалах

Наименование сырья	Ед.изм.	Цена, тыс.руб.	Расход, т		На единицу готовой продукции
			На единицу готовой продукции	На весь объем производства	
Серная кислота	т	6	0,8	1021,6	4,8

Расчет амортизационных отчислений

Таблица 19 – Расчет амортизационных отчислений

Наименование основных средств	Стоимость, тыс.руб	Норма амортизации, %	Годовые амортизационные отчисления, тыс.руб
Здания			
Административные и бытовые	3000	5	150
Пультовая	5000	5	250
Итого			400
Оборудование			
Кварцевый аппарат	1500	10	150
Теплообменник	700	10	70
Дренажная ёмкость	1000	10	100
Насос Н-1	450	10	45
Насос Н-2	450	10	45
Итого			410
			810

Экономический эффект от внедрения нового теплообменника

Расчет экономического эффекта теплообменника выполняется по формуле:

$$\mathcal{E}_m = \frac{P_2 - Z_2}{k_n + E_n}$$

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис
135

где: P_2 – стоимостная оценка результатов использования усовершенствованного теплообменника;

Z_2 – затраты на реализацию, ч;

k_n – норма реновации основных фондов, определяемая с учетом фактора времени, $k_n = 0,0061$;

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

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

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

Изучив коммерческие предложения, было выяснено что теплообменник стоит 700 тысяч рублей.

Затраты на вспомогательные материалы (болты, смазки и пр.) заложим 10% от суммы капитальных вложений, 70 тыс. руб.

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

Таблица 20 – Расчет основной заработной платы

Операция	Персонал	Время, смена	Оклад за смену, руб/смену	Сумма, руб
Монтаж				
Установка теплообменника на опору	1 мастер, 2 рабочих	1/2 смена	2800 1800	3200
Приварка, монтаж трубопроводов	5 рабочих	1 смена	1800	9000
Сборка оборудования				
Сбор оборудования, испытания	1 мастер, 2 рабочих	1 смена	2800 1800	6400
Итого:				18800

Премиальная (дополнительная) часть заработной платы составляет 20 % от оклада. В расчете принимаем 7500 руб.

Районный коэффициент для Новосибирской области, г. Куйбышев – 1,25.

Таким образом, затраты на заработную плату сотрудников составят 32875 руб.

Отчисления во внебюджетные фонды:

$$Z_{внеб} = K_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) \quad (4)$$

$$Z_{зн} = 0,35 \cdot (18800 + 7500) = 9205 \text{ руб}$$

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

Фонд заработной платы по данному проекту составляет 35505 руб.

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

Таблица 21 –

Калькуляция себестоимости на производство и реализацию продукции при заданном объеме производства

Статьи затрат	Ед. изм	Затраты на единицу готовой продукции (на т)	Затраты на весь объем (за год)
Сырье	Тыс. р.	4,8	6129,6
Электроэнергия на технологические нужды	Тыс. р.	0,4	510,8
Итого условно-переменных издержек	Тыс. р.	5,2	6640,4
Амортизация оборудования		0,32	410
Зарботная плата ремонтного Персонала		0,89	1136
Соц. отчисления 27,1%		0,24	306,7
Зарботная плата ИТР		0,57	727,9
Соц. отчисления 27,1%		0,15	196,5
Зарботная плата производственных рабочих		0,4	510,8
Соц. отчисления 27,1%		0,108	137,9
Итого условно-постоянных издержек		2,678	3425,8

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат
----	------	----------	-------	-----

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

137

Цеховая стоимость		7,87	10066,2
Управленческие расходы (3% от цеховой себестоимости)		0,236	301,986
Заводская себестоимость		8,106	10368,2
Коммерческие расходы (1% от заводской себестоимости)		0,08	103,68
Полная себестоимость		8,186	10471

Определение цены готовой продукции

Цену продукта определяем по формуле:

$$Ц = C * (1 + P/100)$$

$$Ц = 8,186 * (1 + 25/100) = 10,23$$

где

C – полная себестоимость единицы готовой продукции;

P – рентабельность продукции (25%)

Тогда цена годового производства продукта

$$V_{пр} = 10,23 * 1277 = 13067 \text{ тыс.р}$$

После замены теплообменника, сокращается расход электроэнергии, из – за применения менее мощного насоса,

Таблица 22 - Расчет годовой потребности в электроэнергии

Наименование оборудования	Мощность, кВт	Эффективный фонд времени оборудования, ч
Насос (до модернизации) (6 шт)	70	7512
Насос (после модернизации) (6 шт)	35	7512

Дополнительные расходы на электроэнергию за год.

$$C_{эл} = P \cdot t \cdot T \quad (5)$$

$$C_{эл} = (70 - 35) * 7512 * 4 = 1051.680 \text{ тыс. руб.}$$

					ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ	Лис
Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат		138

где: P – мощность установки, кВт;
 t – среднее время работы установки в месяц, ч;
 T – тариф за электроэнергию, кВт*ч/руб.

Произведем расчет экономического эффекта

$$\mathcal{E}_m = \frac{1051.680 - 770}{0,0057 + 0,1} = 2664,900 \text{ тыс.руб.}$$

где: P_2 – стоимостная оценка результатов использования усовершенствованного теплообменника;

Z_2 – затраты на реализацию, ч;

k_n – норма реновации основных фондов, определяемая с учетом фактора времени, $k_n = 0,0057$ [2];

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

Вычислим себестоимость продукции после внедрения нового теплообменника

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

$$\mathcal{E}_{\text{эффект}} = 13067 - 2664,9 = 10402,1$$

Себестоимость продукции снижается на 20,3%

Прибыль увеличится на 2664 тыс.р

8.ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проделанного проекта был рассчитан теплообменник - конденсатор для осуществления теплообмена между водяным паром и захлажденной водой.

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

На основании поверхности был выбран нормализованный теплообменник со всеми его конструктивными параметрами.

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

При гидравлическом расчете было получено значение давления в трубном пучке и в межтрубном пространстве теплообменника. Исходя из выбора данных материалов и геометрических данных теплообменника, был произведен расчет механической прочности, жесткости и устойчивости, как в целом аппарата, так и отдельных элементов, узлов фланцевого соединения с днищем и крышкой. Было выяснено, что рассчитанная позже выбранная толщина стенок сосуда, толщина штуцеров обеспечивает укрепление отверстий. В результате расчета трубной решетки, кожуха, труб на прочность и жесткость, была выбрана толщина трубной решетки.

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

140

9.Список использованной литературы.

1. Вязкость воды <http://www.fptl.ru/spravo4nik/vyazkost-vodi.html>

2. Источник: Павлов, К. Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов. Под ред. П.Г. Романкова. - 11-е изд., стереотипное. Перепечатка изд. 1987 г. - М.: ООО «Рус Медиа Консалт», 2004. - 576.

3. <http://thermalinfo.ru>

4. <http://thermalinfo.ru/svoystva-zhidkostej/voda-i-rastvory/teploprovodnost-i-plotnost-vody-teplofizicheskie-svoystva-vody-h2o>

5. <http://thermalinfo.ru/svoystva-gazov/neorganicheskie-gazy/teplofizicheskie-svoystva-teploprovodnost-vodyanogo-para-na-linii-nasyshheniya>

6. ГОСТ 27601-88 Аппараты теплообменные кожухотрубчатые. Общие технические требования

7. Машины и аппараты химических производств; Примеры и задачи. Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Машины и аппараты химических производств" // И. В. Доманский, В. П. Исаков, Г. М. Островский и др.; Под общ. ред. В. Н. Соколова - Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1982.

8. ТУ 3612-024-00220302-02 Аппараты теплообменные кожухотрубчатые с неподвижными трубными решётками и кожухотрубчатые с температурным компенсатором на кожухе.

9. Лашинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: Справочник. 3-е изд., стереотипное. – М.: ООО ИД «Альянс», 2008. – 752 с.

10. ГОСТ 34233.1 - 2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования.

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

12. ГОСТ 34233.3 - 2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и внешнем давлении. Расчет на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер.

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

14. ГОСТ 34233.5 - 2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

141

15. ГОСТ 34233.6 - 2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность при малоцикловых нагрузках.

16. ГОСТ34233.7 - 2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Теплообменные аппараты.

17. Трудовой Кодекс РФ .

18 Постановление Правительства РФ от 20.11.2008 N 870

19. ГОСТ 12.0.002-2014 «Система стандартов безопасности труда»

20.ГОСТ 12.1.003-2014 «ССБТ ШУМ. Общие требования безопасности»

21. 12.1.012-90 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность»

22. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений

23. ГОСТ 26586-85 «Вибрация. Методы и средства защиты»

24. ГОСТ 12.1.019 – 79 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»

25. ГОСТ Р 22.0.02 – 2016 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях.»

Ли	Изм.	№ докум.	Подп.	Дат

ФЮРА. УРОН.000.000. ПЗ

Лис

142