

ФЕРГАНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Механический факультет

Кафедра “ТМО”

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ.**

Тема выпускной квалификационной работы:

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕПЛООБМЕННЫХ УСТРОЙСТВ С ЦЕЛЬЮ  
СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ.**

Состав выпускной квалификационной работы:

Пояснительная работа            68    страниц.

Графическая часть                 6     листов.

Студент группы    24-10 ТМЖ

Сохибова Сардора

Заведующий кафедрой

к.т.н.,доц. Ю.У.Мирзахонов

Руководитель выпускной работы

к.т.н.,доц. А.А.Ахунбаев

**Консультанты**

По экономической части

Ашуров М.

По эксплуатационной части

Хакимов А.А.

По охране труда

Мирзаева Г.С.

По инновационной части

Савинова Г.А.

Нормо контроль

Эргашев Н.А.

**Фергана - 2013**

# ФЕРГАНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Механический факультет

Кафедра “ТМО”

## ЗАДАНИЕ К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ.

Гаибов Жамшид

Тема выпускной квалификационной работы: Модернизация теплообменных устройств с целью снижения энергозатрат.

1. Утверждено Приказом по институту СТ/М №19 от 25.02. 2013 .
2. Начальная информация: Схема и принцип работы теплообменных устройств химического производства.
3. Состав пояснительной записки: Технологическая часть;  
Конструкторская часть; Сопутствующие части.
4. Состав графической части: Схемы вращающегося печи цементного производства.
5. Консультанты:

№	Наименование	Подписи		Ф.И.О. консультанта
		дано	выполнено	
1	Технологическая часть			А.А.Ахунбаев
2	Конструкторская часть			А.А.Ахунбаев
3	Экономической часть			Ашуров М.
4	Эксплуатационной части			Хакимов А.А.
5	По охране труда			Мирзаева Г.С.
6	Графическая часть			А.А.Ахунбаев
7	По инновационной части			Савинова Г.А.

Дата выдачи задания: 25.03.2013 й

Дата защиты выпускной квалификационной работы 20.06.2013 й.

Руководитель выпускной

квалификационной работы

к.т.н., доц. А.А.Ахунбаев

Задание получил

Гаибов Жамшид

Заведующий кафедрой

к.т.н., доц. Ю.У.Мирзахонов

## **АНАТАЦИЯ**

В данной выпускной квалификационной работе произведена модернизация теплообменных устройств с целью снижения энергетических затрат. Основной целью модернизации теплообменных устройств является улучшение технологических параметров аппаратов с целью снижения энергетических затрат, а также в гарантированном повышении их производительности, снижении расхода топлива и увеличении срока службы теплообменных устройств. Достижение этих целей осуществляется за счет максимизации теплообмена, минимизации тепловых потерь, оптимизации распределения температур, скоростей и масс материальных потоков на всех участках теплообменного процесса.

Для решения этих задач в данной квалификационной работе произведено детальное обследование линии теплообмена, а затем, исходя из подробного анализа полученных данных, разработано несколько вариантов комплексной реконструкции, обеспечивающих достижение поставленных целей.

На основании теоретических и экспериментальных исследований получены зависимости, необходимые для расчета основных параметров аппарата применительно к использованию в конкретных химических производственных процессах.

Выпускная квалификационная работа состоит из 6 глав пояснительной записки и 6 листов графической части.

## **AN ANNOTATION**

In this final qualifying work modernized heat exchangers to reduce energy costs. The main purpose of the modernization is to improve the heat transfer devices of technological parameters of devices to reduce energy costs, as well as a

guaranteed increase their productivity, reduce fuel consumption and increase the lifetime of heat exchangers. Achievement of these objectives is achieved by maximizing the heat transfer to minimize heat losses optimize the distribution of temperature, velocity and mass flow of material at all parts of the heat exchange process.

To solve these problems in the qualifying work produced a detailed survey of the heat exchange line, and then, on the basis of a detailed analysis of the data, developed a number of complex reconstruction of ensuring the achievement of the goals.

Based on theoretical and experimental studies prepared according to the necessary parameters for calculating the main unit with respect to the use of specific chemicals in industrial processes.

Graduate work consists of six chapters and an explanatory note 6 sheets of graphics.

## СОДЕРЖАНИЕ

Задание к выпускной квалификационной работе.....	2
Аннотация.....	4
Содержание.....	6
Глава 1. Технологическая часть. Теплообменники.....	7
1.1. Теплообменная аппаратура.....	7
1.2. Кожухотрубчатые теплообменники.....	8
1.3. Элементные (секционные) теплообменники.....	9
1.4. Двухтрубные теплообменники типа “труба в трубе”.....	11
1.5. Специальные виды теплообменников.....	12
1.6. Развитие высокотехнологичных производств на базе инноваций.....	18
Глава 2. Конструкторская часть.....	21
2.1. Методика расчета теплообменных аппаратов.....	21
2.2. Движущая сила теплообмена.....	22
2.3. Пример расчета теплообменника.....	23
2.4. Пример расчета секционного водоводяного подогревателя.....	26
Глава 3. Эксплуатационная часть.....	32
3.1. Система масло подготовки теплообменника.....	32
Глава 4. Часть охраны труда и окружающей среды.....	35
4.1. Исследование пожарной устойчивости объекта.....	35
Глава 5. Часть автоматизации. Автоматизация кожухотрубчатых теплообменников.....	38
Глава 6. Экономическая часть.....	53
Выводы.....	67
Библиографический список.....	68

## **Глава 1. Технологическая часть. Теплообменники.**

### **1.1. Теплообменная аппаратура.**

Процессы теплообмена играют важную роль в современной технике. Они применяются всюду, где возникает необходимость нагрева или охлаждения среды для ее обработки и утилизации тепла. Особенно широко процессы теплообмена используют в химической, нефтеперерабатывающей, энергетической, металлургической и пищевой промышленности. В химической промышленности теплообменное оборудование составляет по весу и стоимости 15 - 18% от всего оборудования, а в нефтеперерабатывающей – до 50 %.

В теплообменных аппаратах теплопередача от одной среды к другой через разделяющую их стенку обусловлена рядом факторов и является сложным процессом, который принято разделять на три элементарных вида теплообмена: теплопроводность, конвекцию и тепловое излучение. На практике эти явления не обособлены, находятся в каком-то сочетании и протекают одновременно. Для теплообменников наибольшее значение имеет конвективный теплообмен или теплоотдача, которая осуществляется при совокупном и одновременном действии теплопроводности и конвекции. Процессы теплообмена осуществляются в теплообменных аппаратах различных типов и конструкций.

По способу передачи тепла теплообменные аппараты делят на поверхностные и смесительные. В поверхностных аппаратах рабочие среды обмениваются теплом через стенки из теплопроводного материала, а в смесительных аппаратах тепло передается при непосредственном перемешивании рабочих сред.

Смесительные теплообменники по конструкции проще поверхностных: тепло в них используется полнее. Но они пригодны лишь в тех случаях, когда по технологическим условиям производства допустимо смешение рабочих сред.

Поверхностные теплообменные аппараты, в свою очередь, делятся на рекуперативные и регенеративные. В рекуперативных аппаратах теплообмен между различными теплоносителями происходит через разделительные стенки. При этом тепловой поток в каждой точке стенки сохраняет одно и то же направление. В регенеративных теплообменниках теплоносители попеременно соприкасаются с одной и той же поверхностью нагрева. При этом направление теплового потока в каждой точке стенки периодически меняется. Рассмотрим рекуперативные поверхностные теплообменники непрерывного действия, наиболее распространенные в промышленности.

## 1.2. Кожухотрубчатые теплообменники.

Основными элементами кожухотрубчатых теплообменников являются пучки труб, трубные решетки, корпус, крышки, патрубки. Концы труб крепятся в трубных решетках развальцовкой, сваркой и пайкой.

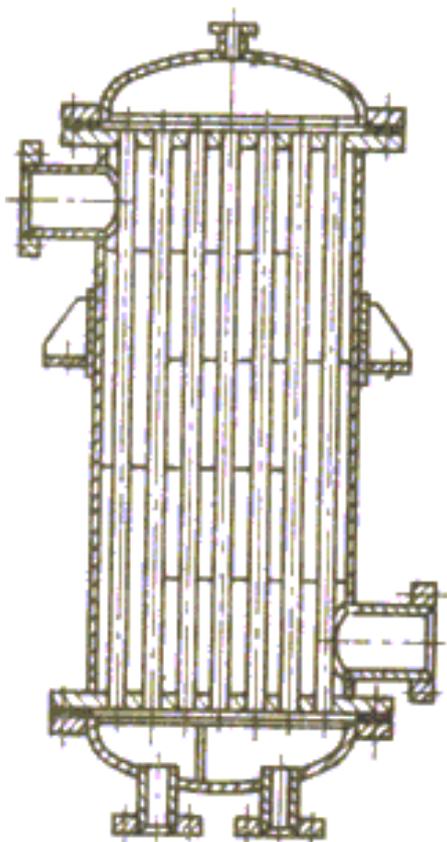


Рис 1.1. Кожухотрубчатый теплообменник.

Для увеличения скорости движения теплоносителей с целью интенсификации теплообмена нередко устанавливают перегородки как и в трубном, так и межтрубном пространствах.

Кожухотрубчатые теплообменники могут быть вертикальными, горизонтальными и наклонными в соответствии с требованиями технологического процесса или удобства монтажа. В зависимости от величины температурных удлинений трубок и корпуса применяют кожухотрубчатые теплообменники жесткой, полужесткой и нежесткой конструкции.

Аппараты жесткой конструкции используют при сравнительно небольших разностях температур корпуса и пучка труб; эти теплообменники отличаются простотой устройства.

В кожухотрубчатых теплообменниках нежесткой конструкции предусматривается возможность некоторого независимого перемещения теплообменных труб и корпуса для устранения дополнительных напряжений от температурных удлинений. Нежесткость конструкции обеспечивается сальниковым уплотнением на патрубке или корпусе, пучком U образных труб, подвижной трубной решеткой закрытого и открытого типа.

В аппаратах полужесткой конструкции температурные деформации компенсируются осевым сжатием или расширением специальных компенсаторов, установленных на корпусе. Полужесткая конструкция надежно обеспечивает компенсацию температурных деформаций, если они не превышают 10—15 мм, а условное давление в межтрубном пространстве составляет не более  $2,5 \text{ кгс/см}^2$ .

### **1.3. Элементные (секционные) теплообменники.**

Эти теплообменники состоят из последовательно соединенных элементов—секций. Сочетание нескольких элементов с малым числом труб соответствует принципу многоходового кожухотрубчатого аппарата,

работающего на наиболее выгодной схеме — противоточной. Элементные теплообменники эффективны в случае, когда теплоносители движутся с соизмеримыми скоростями без изменения агрегатного состояния. Их также целесообразно применять при высоком давлении рабочих сред. Отсутствие перегородок снижает гидравлические сопротивления и уменьшает степень загрязнения межтрубного пространства. Однако по сравнению с многоходовыми кожухотрубчатыми теплообменниками элементные теплообменники менее компактны и более дороги из-за увеличения числа дорогостоящих элементов аппарата—трубных решеток, фланцевых соединений, компенсаторов и др. Поверхность теплообмена одной секции применяемых элементных теплообменников составляет 0,75—30 м<sup>2</sup>, число трубок — от 4 до 140.

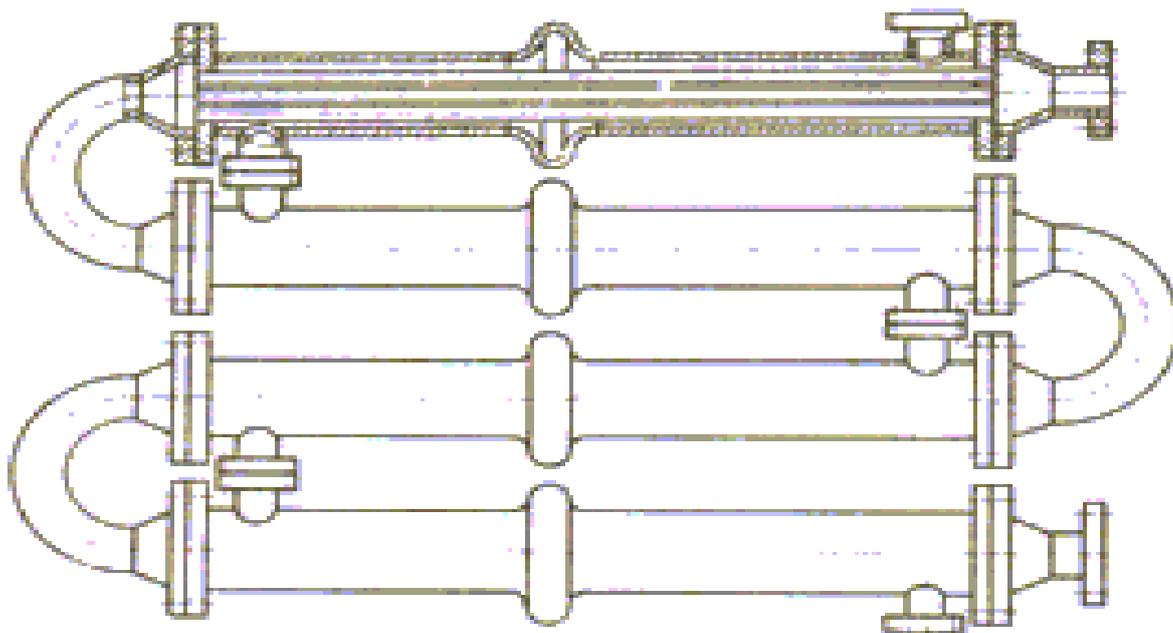


Рис 1.2. Элементный (секционный) теплообменник.

#### 1.4. Двухтрубные теплообменники типа “труба в трубе”.

Теплообменники этого типа состоят из ряда последовательно соединенных звеньев. Каждое звено представляет собой две соосные трубы. Для удобства чистки и замены внутренние трубы обычно соединяют между

собой «калачами» или коленами. Двухтрубные теплообменники, имеющие значительную поверхность нагрева, состоят из ряда секций, параллельно соединенных коллекторами. Если одним из теплоносителей является насыщенный пар, то его, как правило, направляют в межтрубное (кольцевое) пространство. Такие теплообменники часто применяют как жидкостные или газожидкостные. Подбором диаметров внутренней и наружной труб можно обеспечить обеим рабочим средам, участвующим в теплообмене, необходимую скорость для достижения высокой интенсивности теплообмена.

Преимущества двухтрубного теплообменника: высокий коэффициент теплоотдачи, пригодность для нагрева или охлаждения сред при высоком давлении, простота изготовления, монтажа и обслуживания.

Недостатки двухтрубного теплообменника — громоздкость, высокая стоимость вследствие большого расхода металла на наружные трубы, не участвующие в теплообмене, сложность очистки кольцевого пространства.

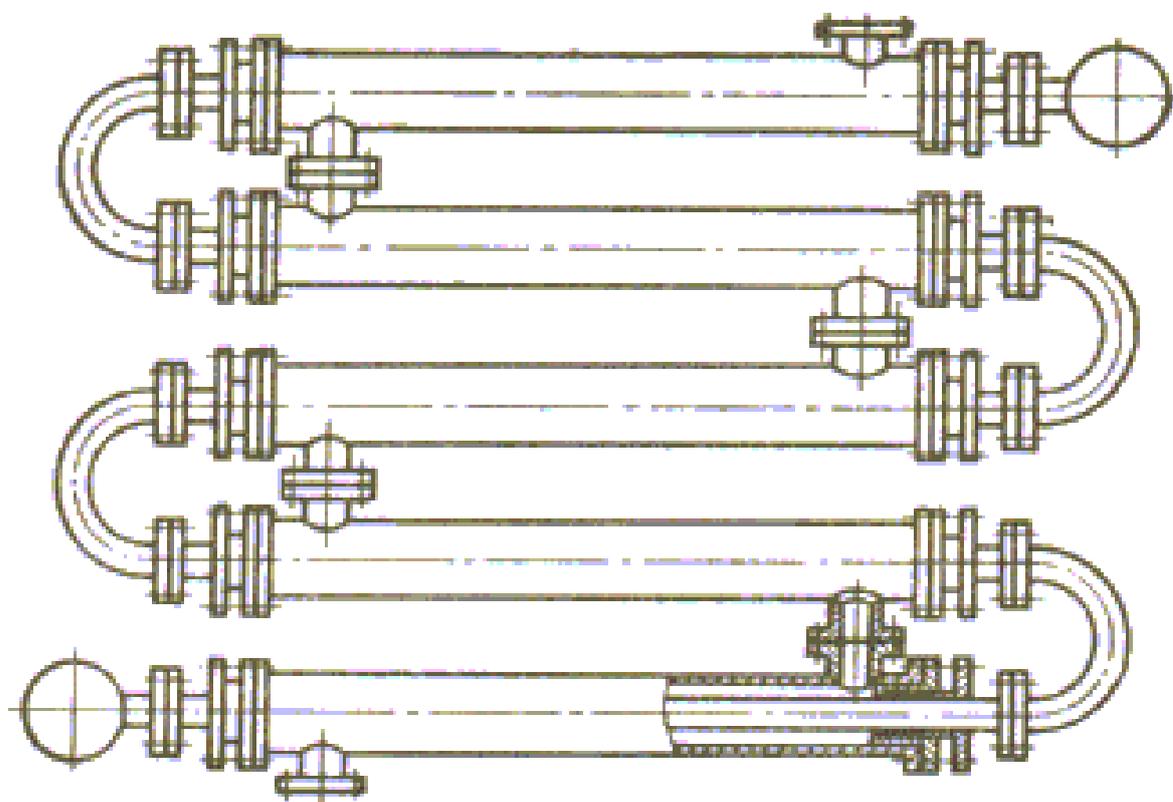


Рис 1.3. Двухтрубный теплообменник типа «труба в трубе»

## 1.5. Специальные виды теплообменников.

### 1.5.1. Витые теплообменники.

Поверхность нагрева витых теплообменников компонуется из ряда концентрических змеевиков, заключенных в кожух и закрепленных в соответствующих

головках. Теплоносители движутся по трубному и межтрубному

пространствам. Витые теплообменники широко применяют в аппаратуре

высокого давления для процессов разделения газовых смесей методом глубокого охлаждения. Эти

теплообменники характеризуются

способностью к самокомпенсации,

достаточной для восприятия деформаций от температурных

напряжений.

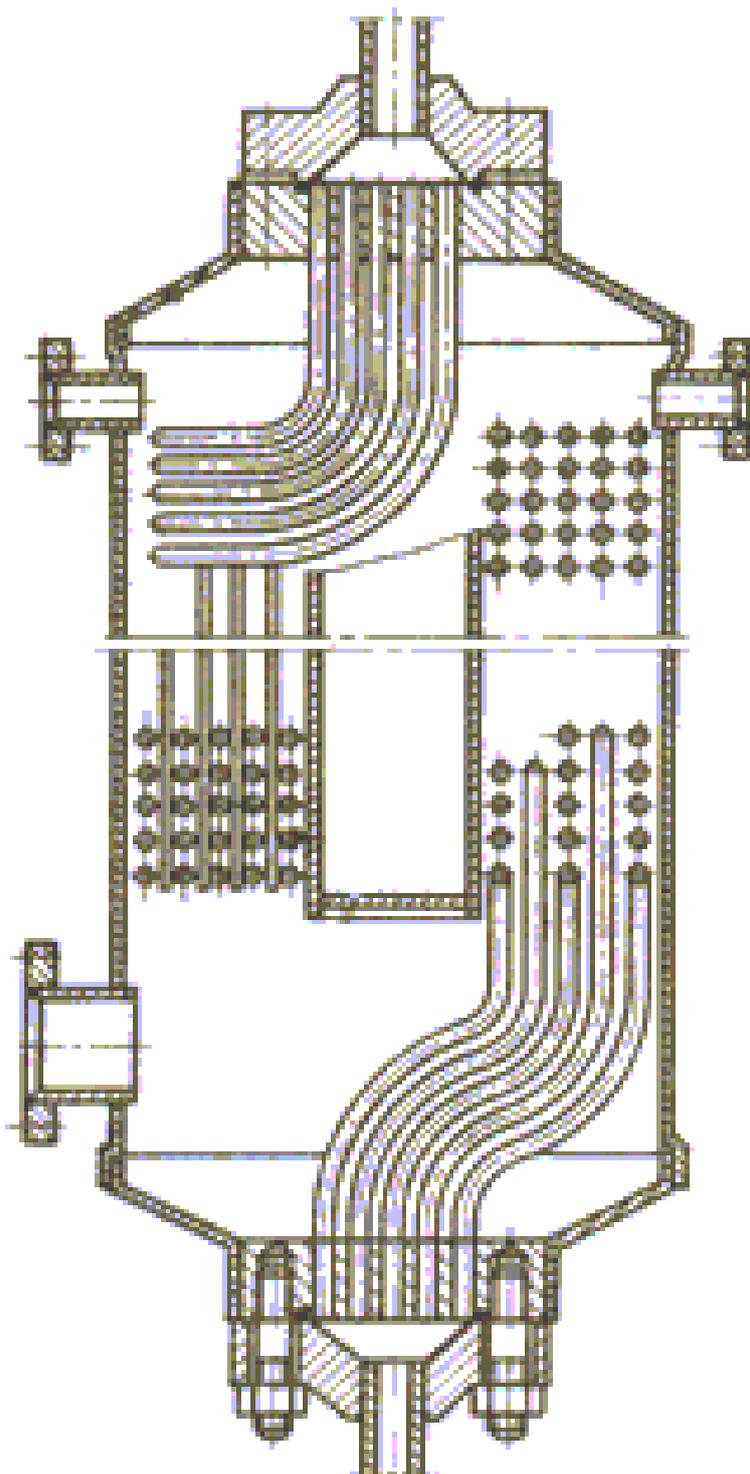


Рис 1.4. Витой теплообменник.

### **1.5.2. Погружные теплообменники.**

Теплообменники этого типа состоят из плоских или цилиндрических змеевиков (аналогично витым), погруженных в сосуд с жидкой рабочей средой. Вследствие малой скорости омывания жидкостью и низкой теплоотдачи снаружи змеевика погружные теплообменники являются недостаточно эффективными аппаратами. Их целесообразно использовать, когда жидкая рабочая среда находится в состоянии кипения или имеет механические включения, а также при необходимости применения поверхности нагрева из специальных материалов (свинец, керамика, ферросилид и др.), для которых форма змеевика наиболее приемлема.

### **1.5.3. Оросительные теплообменники.**

Оросительные теплообменники представляют собой ряд расположенных одна над другой прямых труб, орошаемых снаружи водой. Трубы соединяют сваркой или на фланцах при помощи «калачей». Оросительные теплообменники применяют главным образом в качестве холодильников для жидкостей и газов или как конденсаторы. Орошающая вода равномерно подается сверху через желоб с зубчатыми краями. Вода, орошающая трубы, частично испаряется, вследствие чего расход ее в оросительных теплообменниках несколько ниже, чем в холодильниках других типов. Оросительные теплообменники — довольно громоздкие аппараты; они характеризуются низкой интенсивностью теплообмена, но просты в изготовлении и эксплуатации. Их применяют, когда требуется небольшая производительность, а также при охлаждении химически агрессивных сред или необходимости применения поверхности нагрева из специальных материалов (например, для охлаждения кислот применяют аппараты из кислотоупорного ферросилида, который плохо обрабатывается).

### **Ребристые теплообменники.**

Ребристые теплообменники применяют для увеличения теплообменной поверхности ребрением с той стороны, которая характеризуется наибольшими термическими сопротивлениями. Ребристые теплообменники

(калориферы) используют, например, при нагревании паром воздуха или газов. Важным условием эффективного использования ребер является их плотное соприкосновение с основной трубой (отсутствие воздушной прослойки), а также рациональное размещение ребер.

Ребристые теплообменники широко применяют в сушильных установках, отопительных системах и как экономайзеры.

### **1.5.5. Спиральные теплообменники.**

В спиральных теплообменниках поверхность нагрева образуется двумя тонкими металлическими листами, приваренными к разделительной перегородке (керну) и свернутыми в виде спиралей. Для придания листам жесткости и прочности, а также для фиксирования расстояния между спиральями к листам с обеих сторон приварены дистанционные бобышки. Спиральные каналы прямоугольного сечения ограничиваются торцовыми крышками. Уплотнение каналов в спиральных теплообменниках осуществляют различными способами. Наиболее распространен способ, при котором каждый канал с одной стороны заваривают, а с другой уплотняют плоской прокладкой. При этом предотвращается смешение теплоносителей, а в случае неплотности прокладки наружу может просачиваться только один из теплоносителей. Кроме того, такой способ уплотнения дает возможность легко чистить каналы.

Если материал прокладки разрушается одним из теплоносителей, то один канал заваривают с обеих сторон ("глухой" канал), а другой уплотняют плоской прокладкой. При этом "глухой" канал недоступен для механической очистки.

Уплотнение плоской прокладкой обоих открытых (сквозных) каналов применяют лишь в тех случаях, когда смешение рабочих сред (при нарушении герметичности) безопасно и не вызывает порчи теплоносителей.

Сквозные каналы также можно уплотнить, при более или менее постоянном давлении в каналах, спиральными U-образными манжетами, прижимаемыми силой внутреннего давления к выступам в крышке.

Спиральные теплообменники отличаются компактностью, малыми гидравлическими сопротивлениями и значительной интенсивностью теплообмена при повышенных скоростях теплоносителей.

Недостатки спиральных теплообменников — сложность изготовления и ремонта, невозможность применения их при давлении рабочих сред свыше  $10 \text{ кгс/см}^2$ .

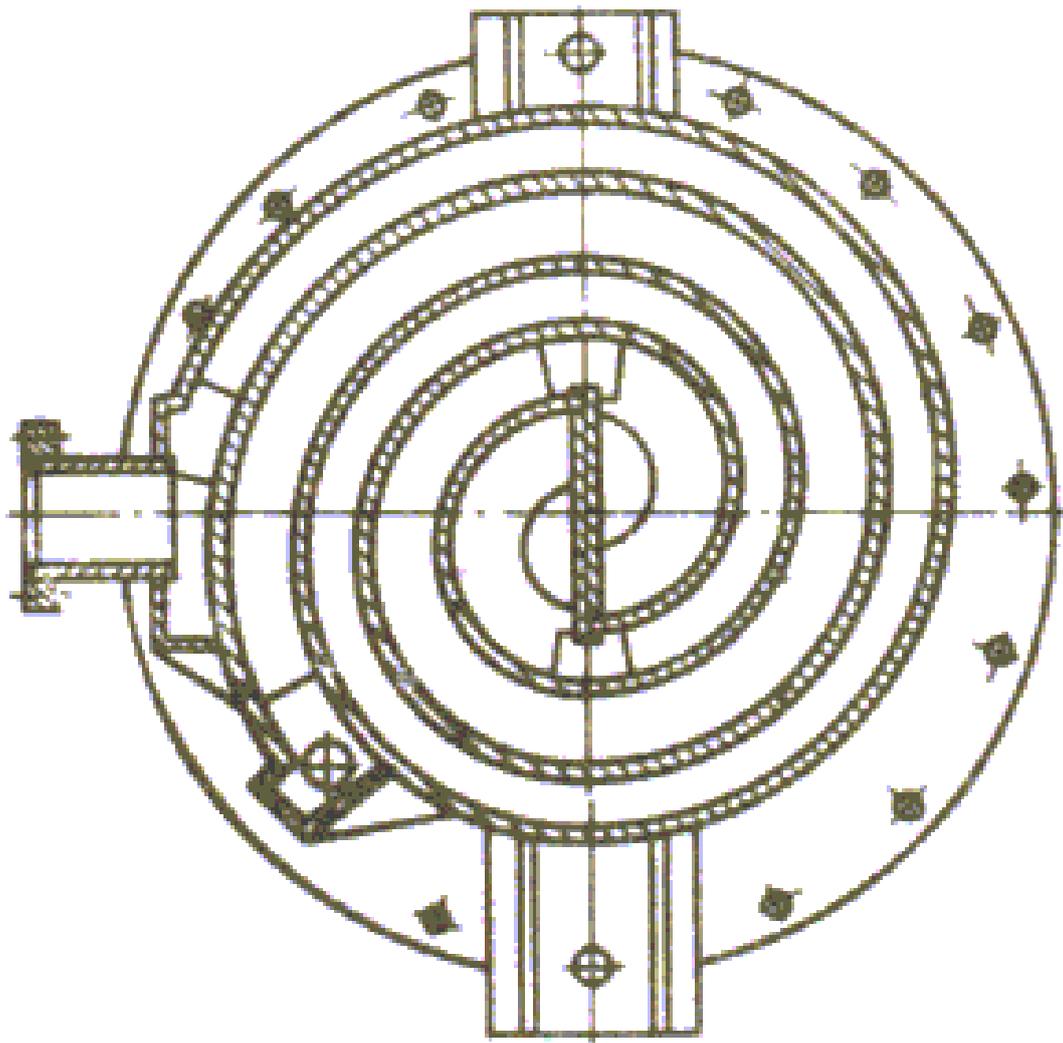


Рис 1.5. Спиральный теплообменник.

#### **1.5.6. Пластинчатые теплообменники.**

В последнее время распространены пластинчатые разборные теплообменники, отличающиеся интенсивным теплообменом, простотой

изготовления, компактностью, малыми гидравлическими сопротивлениями, удобством монтажа и очистки от загрязнений.

Эти теплообменники состоят из отдельных пластин, разделенных резиновыми прокладками, двух концевых камер, рамы и стяжных болтов. Пластины штампуют из тонколистовой стали (толщина 0,7 мм). Для увеличения поверхности теплообмена и турбулизации потока теплоносителя проточную часть пластин выполняют гофрированной или ребристой, причем гофры могут быть горизонтальными или расположены “в елку” (шаг гофр 11,5; 22,5; 30 мм; высота 4—7 мм).

К пластинам приклеивают резиновые прокладки круглой и специальной формы для герметизации конструкции; теплоноситель направляют либо вдоль пластины, либо через отверстие в следующий канал.

Движение теплоносителей в пластинчатых теплообменниках может осуществляться прямотоком, противотоком и по смешанной схеме. Поверхность теплообмена одного аппарата может изменяться от 1 до 160 м<sup>2</sup>, число пластин—от 7 до 303.

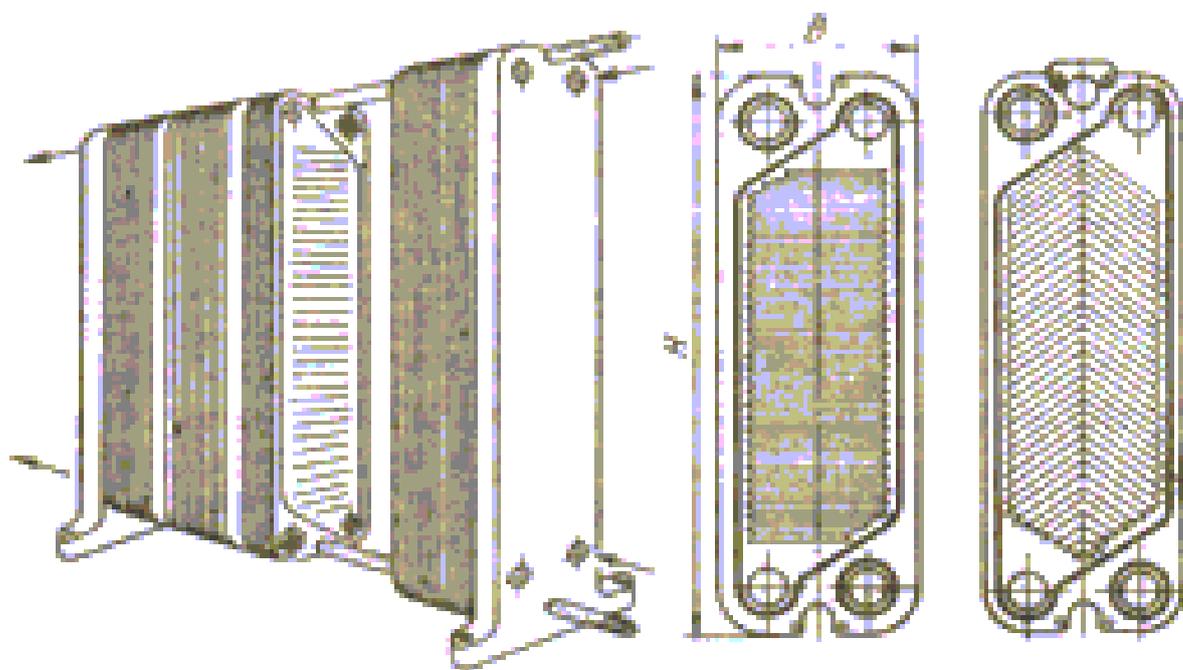


Рис 1.6. Пластинчатый теплообменник.

В пластинчатых теплообменниках температура теплоносителя ограничивается  $150^{\circ}\text{C}$  (с учетом свойств резиновой прокладки), давление не должно превышать  $10 \text{ кгс/см}^2$ .

### **1.5.7. Графитовые теплообменники.**

Эти теплообменники составляют отдельную группу. Высокая коррозионная стойкость и значительная теплопроводность делают графит незаменимым в некоторых производствах. Промышленностью выпускаются блочные, кожухотрубчатые, оросительные теплообменники и погружные теплообменные элементы.

Блочный графитовый теплообменник представляет собой один или несколько прямоугольных или цилиндрических блоков, имеющих две системы непересекающихся, перпендикулярных отверстий, создающих перекрестную схему движения теплоносителей. Каждая система отверстий имеет графитовые крышки для ввода и вывода рабочих сред. На крышки накладывают металлические плиты и систему стягивают болтами, создавая в графите наименее опасные напряжения сжатия.

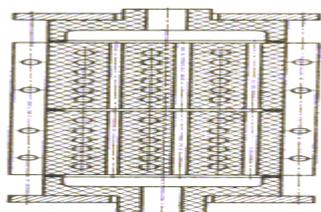


рис 1.7. Графитовые теплообменники.

## **1.6. Развитие высокотехнологичных производств на базе инноваций.**

Развитие высокотехнологичного сектора экономики становится определяющим фактором экономического роста, так как переход экономики на производство высокотехнологичной продукции сопровождается кардинальным снижением уровня материалоемкости и энергоемкости производства, ростом производительности труда и повышением конкурентоспособности экономики страны. Позиции Узбекистана на мировом рынке высокотехнологичной продукции и услуг постепенно усиливаются, чтобы соответствовать в перспективе значительному научно-технологическому потенциалу страны.

### **1.6.2. Инновации в высокотехнологичные секторы.**

Как отметил глава нашего государства И.А.Каримов в своем докладе на заседании правительства по итогам социально-экономического развития страны в 2010 году и важнейшим приоритетам на 2011 год, «сама логика реализации долгосрочной стратегической цели экономического развития страны выдвигает в качестве основного приоритета на 2011 год продолжение начатой с первых дней независимости политики структурных преобразований и опережающего развития высокотехнологичных современных отраслей и производств, направленной на повышение конкурентоспособности и укрепление позиций Узбекистана на мировых рынках».

Сегодня в Узбекистане решаются масштабные задачи развития высокотехнологичных производств на базе инноваций. Значительные объемы инновационной деятельности осуществляются в рамках принятых государственных программ по модернизации, техническому и технологическому переоснащению производств и локализации. Одним из приоритетных направлений развития промышленности Республики

Узбекистан в 2011-2015 годах определено осуществление широкомасштабной модернизации, технического и технологического обновления промышленных производств, оснащение их самым современным высокотехнологичным оборудованием, ускоренное внедрение в отраслях промышленности современных научных достижений и прогрессивных инновационных технологий, расширение подготовки высококвалифицированных кадров для промышленности. Исходя из этого, система приоритетов в области науки и технологий должна базироваться на государственных научно-технических приоритетах в области модернизации и конкретизировать их в применении к сектору генерации знаний.

С этой целью Комитет по координации развития науки и технологий утвердил приоритетные направления развития науки и технологий на 2012-2020 годы, разработанные ведущими учеными и специалистами страны совместно с заинтересованными министерствами и ведомствами. К ним относятся:

- \* духовно-нравственное и культурное развитие демократического и правового общества, формирование инновационной экономики;
- \* энергетика, энергоресурсо-сбережение;
- \* развитие использования возобновляемых источников энергии;
- \* развитие информатизации и информационно-коммуникационных технологий;
- \* сельское хозяйство, биотехнологии, экология и охрана окружающей среды;
- \* медицина и фармакология;
- \* химические технологии и нанотехнологии;
- \* науки о земле (геология, геофизика, сейсмология).

В соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий, с целью создания эффективной инновационно-ориентированной структуры экономики, также разработаны проекты Государственных научно-технических программ фундаментальных исследований на 2012-2016 гг. и

Государственных научно-технических программ прикладных исследований на 2012-2014 гг., определены задачи реализации каждой программы.

Проведение эффективной инновационной политики, направленной на развитие современных высокотехнологичных отраслей, невозможно без объективной оценки инновационного потенциала и результатов инновационной деятельности. В связи с этим возрастает роль статистических и экспертных исследований инноваций в отраслях промышленности как информационной базы таких оценок, разработки государственных программ в данной сфере и инструмента контроля их выполнения.

Для дальнейшего устойчивого развития экономики Узбекистана, создания конкурентоспособного промышленного производства необходима комплексная увязка государственной политики в промышленной, научно-технологической и инновационной сферах. Главной целью должно стать создание условий, при которых роль и функции ведущей силы экономического развития постепенно перейдут от сырьевых и перерабатывающих отраслей к инновационному высокотехнологичному сектору экономики. Это возможно при создании крупных, конкурентоспособных как на внутреннем, так и на мировом рынках вертикально интегрированных структур в наукоемком высокотехнологичном комплексе промышленности, обеспечении их государственным заказом и соответствующей бюджетно-финансовой поддержкой в рамках государственно-частного партнерства.

Смена технологической базы промышленности предполагает образование новых технологических компаний (новая фармацевтика, радиоэлектронная промышленность третьего поколения, возобновляемая энергетика и др.), ориентированных на растущие рынки и создающих новые рабочие места в высокотехнологичных секторах.

## **Глава 2. Конструкторская часть.**

### **2.1. Методика расчета теплообменных аппаратов.**

Конструкции теплообменных аппаратов весьма разнообразны, однако существует общая методика теплотехнических расчетов, которую можно применять для частных расчетов в зависимости от имеющихся исходных данных.

Существуют два вида теплотехнических расчетов теплообменных аппаратов: конструкторский (проектный) и поверочный.

Конструкторский расчет производится при проектировании теплообменного аппарата, когда заданы расходы теплоносителей и их параметры. Цель конструкторского расчета – определение поверхности теплообмена и конструктивных размеров выбранного аппарата.

Поверочный расчет выполняется для выявления возможности использования имеющихся или стандартных теплообменных аппаратов для тех технологических процессов, в которых используется данный аппарат. При поверочном расчете заданы размеры аппарата и условия его работы, а неизвестной величиной является производительность теплообменного аппарата (фактическая). Поверочный расчет производят для оценки работы аппарата при режимах, отличных от номинальных. Таким образом, целью поверочного расчета является выбор условий, обеспечивающих оптимальный режим работы аппарата.

Конструкторский расчет состоит из теплового (теплотехнического), гидравлического и механического расчетов.

Последовательность конструкторского расчета. Для выполнения расчета должно быть задано: 1) тип теплообменного аппарата (змеевиковый, кожухотрубчатый, труба в трубе, спиральный и др.); 2) наименование нагреваемого и охлаждаемого теплоносителей (жидкость, пар или газ); 3) производительность теплообменного аппарата (количество одного из

теплоносителей, кг/с); 4) начальные и конечные температуры теплоносителей.

Требуется определить: 1) физические параметры и скорости движения теплоносителей; 2) расход нагревающего или охлаждающего теплоносителя на основании теплового баланса; 3) движущую силу процесса, т.е. среднюю разность температур; 4) коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи; 5) поверхность теплопередачи; 6) конструктивные размеры аппарата: длину, диаметр и число витков змеевика, длину, число труб и диаметр кожуха в кожухотрубчатом аппарате, число витков и диаметр корпуса в спиральном теплообменнике и др.; 7) диаметры штуцеров для входа и выхода теплоносителей.

## **2.2. Движущая сила теплообмена.**

Расчет температурного режима теплообменного аппарата состоит из определения средней разности температур, вычисления средних температур теплоносителей (рабочих сред), а также определения температуры стенок аппарата.

При расчете температурного режима теплообменника необходимо сначала установить характер изменения температуры теплоносителей, выбрать схему их движения так, чтобы получить большую среднюю разность температур. Это обеспечивает самые благоприятные условия теплопередачи и минимальную температуру стенок аппарата.

Направления движения теплоносителей могут быть прямоточными, противоточными, с перекрестным и смешанным токами. Лучшие результаты дает противоточное движение, поэтому во всех теплообменных аппаратах, где это возможно, создают противоток движения теплоносителей.

### 2.3. Пример расчета теплообменника.

Произведем тепловой и конструктивный расчет отопительного пароводяного подогревателя горизонтального типа и секционного водоводяного подогревателя производительностью  $Q = 1,2 \cdot 10^6$  ккал/ч. Температура нагреваемой воды при входе в подогреватель  $t_2' = 65^\circ\text{C}$  и при выходе  $t_2'' = 95^\circ\text{C}$ . Температура сетевой воды при входе в водоводяной подогреватель  $t_1' = 140^\circ\text{C}$  и при выходе  $t_1'' = 80^\circ\text{C}$ . Влияние загрязнения поверхности нагрева подогревателя и снижение коэффициента теплопередачи при низких температурах воды учесть понижающим коэффициентом  $\beta=0,65$ . Таблица 1

Для расчета отопительного пароводяного подогревателя приняты следующие дополнительные данные:

- давление сухого насыщенного водяного пара  $p = 4$  ат ( $t_n = 143,62^\circ\text{C}$ ), см. Таблицу вода-водяной пар на линии насыщения;
- температура конденсата, выходящего из подогревателя,  $t_k = t_n$ ;
- число ходов воды  $z = 2$ ;
- поверхность нагрева выполнена из латунных труб ( $\lambda = 90$  ккал/м·ч·град) диаметром  $d = 14/16$  мм.

Загрязнение поверхности учесть дополнительным тепловым сопротивлением  $\delta_3/\lambda_3 = 0,00015 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град} / \text{ккал}$ .

В обоих вариантах скорость воды  $w_T$  (в трубках) принять по возможности близкой к 0,9 м/сек.

Для упрощения расчета принять  $\rho_v = 1000$  кг/м<sup>3</sup>.

На основе расчетов выбрать аппараты, выпускаемые серийно, и сделать сопоставление полученных результатов.

Для расчетов необходимо:

1. Рабинович О. М. Сборник задач по технической термодинамике. – М.: Машиностроение, 1973. – 344 с. (Таблица Насыщенный водяной пар (по

давлениям))

2. Таблица зависимости кинематической вязкости воды от температуры

Пример расчета пароводяного подогревателя

Исходные данные: температура нагреваемой воды при входе в подогреватель  $t_2' = 65^\circ\text{C}$ , мощность  $Q = 1,2 \cdot 10^6$  ккал/ч.

Расчет: Определим расход воды:

$$G = \frac{Q}{c \cdot (t_1 - t_2')} = \frac{1,2 \cdot 10^6}{1 \cdot (75 - 65)} = 40000 \quad (\text{кг/ч})$$

или  $V = 40$  м<sup>3</sup>/ч.

Число трубок в одном ходе:

$$n_o = \frac{V}{3600 \cdot \omega \cdot \frac{\pi d_b^2}{4}} = \frac{40}{3600 \cdot 1 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,014^2}{4}} = 72 \quad (\text{шт.})$$

где  $d_b$  – внутренний диаметр теплообменных труб (из дополнительных данных).

Общее число трубок в корпусе:

$$n = n_o \cdot z = 72 \cdot 2 = 144 \quad (\text{шт.})$$

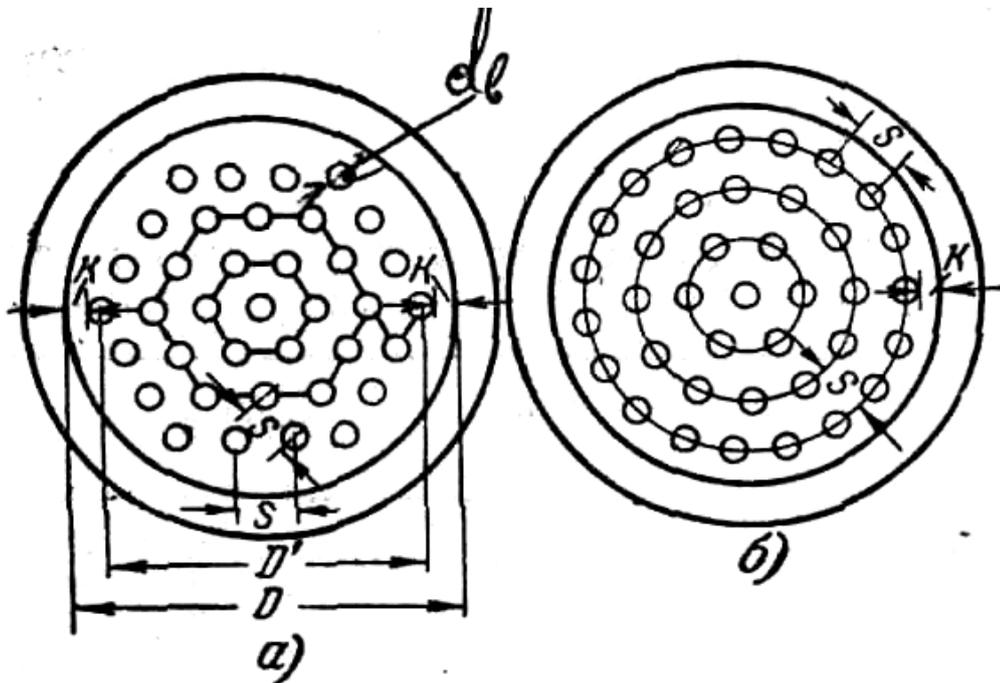


Рисунок 2.1. – Размещение трубок в трубной решетке трубчатого подогревателя:

а – по вершинам равносторонних треугольников;

б – по концентрическим окружностям.

Принимая шаг трубок  $s = 25\text{мм}$ , угол между осями трубной системы  $\alpha = 60^\circ$  и коэффициент использования трубной решетки  $\Psi = 0,7$ , определим диаметр корпуса:

$$D = 1,13 \cdot s \cdot \sqrt{\frac{n}{\Psi} \cdot \sin \alpha} = 1,13 \cdot 0,025 \cdot \sqrt{\frac{144 \cdot \sin 60^\circ}{0,7}} = 0,378 \quad (\text{м}) = 378 \text{ (м)}$$

Определим также диаметр корпуса по Таблице 1.7 Приложения 1 и Рисунку 1 при ромбическом размещении трубок.

Для числа трубок  $n = 144$  находим в Таблице 1.7 значение  $D'/s = 14$  и, следовательно,  $D' = 14 \cdot 25 = 350\text{(мм)}$ .

Диаметр корпуса составит:

$$D = D' + d_n + 2k = 350 + 16 + 2 \cdot 20 = 406 \text{ (мм)}.$$

Приведенное число трубок в вертикальном ряду:

$$m \approx \sqrt{n} = \sqrt{144} = 12 \text{ (шт.)}$$

Определим коэффициент теплоотдачи  $\alpha_n$  от пара к стенке:

Температурный напор:

$$\Delta t = \frac{t_2'' - t_2'}{\ln \frac{t_n - t_2'}{t_n - t_2}} = \frac{95 - 65}{\ln \frac{143,62 - 65}{143,62 - 95}} = 62,2 \quad (^\circ\text{C})$$

Средние температуры воды и стенки:

$$t = t_n - \Delta t = 143,62 - 62,2 = 81,42 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$t = 0,5(t + t_n) = 0,5(81,42 + 143,62) \approx 113 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Режим течения пленки конденсата определяем по приведенной длине трубки (критерий Григулля) для горизонтального подогревателя, равной:

$$L = m \cdot d_n \cdot \Delta t \cdot A_1,$$

где  $m$  – приведенное число трубок в вертикальном ряду, шт.;

$d_n$  – наружный диаметр трубок, м;

$A_1$  – температурный множитель, значение которого выбирается по

Таблице 2 из справочника (14):

$$A_1 = \left( \frac{g}{\nu^2} \right)^{1/3} \cdot \frac{\lambda}{r\gamma\nu} = f(t_n) \quad (1/(\text{м} \cdot \text{град}))$$

$$\Delta t = t_n - t_{cm} = 143,62 - 113 = 30,62 \quad (^\circ\text{C})$$

При  $t_n = 143,62^\circ\text{C}$  имеем  $A_1 = 98,71$  (1/(м·град)), тогда  $L = 12 \cdot 0,016 \cdot 30,62 \cdot 98,71 = 580,32$ , т. е. меньше величины  $L_{кр} = 3900$  (для горизонтальных труб), следовательно, режим течения пленки ламинарный.

Для этого режима коэффициент теплоотдачи от пара к стенке на горизонтальных трубках может быть определен по преобразованной формуле Д.А. Лабунцова:

$$\alpha_n = \frac{A_2}{\sqrt[4]{m d_n (t_n - t_{cm})}}$$

При  $t_n = 143,62^\circ\text{C}$  по Таблице 2 находим множитель  $A_2 = 8248,96$ , тогда:

$$\alpha_n = \frac{8248,96}{\sqrt[4]{12 \cdot 0,016 (143,62 - 113)}} = 5287,8 \quad (\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}))$$

Определяем коэффициент теплоотдачи от стенки к воде.

Режим течения воды в трубках турбулентный, так как:

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d_6}{\nu} = \frac{1 \cdot 0,014}{0,373 \cdot 10^{-6}} = 37534$$

где  $\nu$  – коэффициент кинематической вязкости воды (по справочнику);  
 $\nu = 0,373 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  при средней температуре воды  $t = 81,42^\circ\text{C}$ .

Коэффициент теплоотдачи при турбулентном движении воды внутри трубок:

$$\alpha_6 = A_5 \frac{w^{0,8}}{d_3^{0,2}},$$

где  $d_3 = d_6$ .

При  $t = 81,42^\circ\text{C}$  по Таблице 2 множитель  $A_5 = 2633,6$ , следовательно:

$$\alpha_6 = 2633,6 \frac{1^{0,8}}{0,014^{0,2}} = 6188,96 \quad (\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}))$$

Расчетный коэффициент теплопередачи (с учетом дополнительного

теплового сопротивления  $\delta_3/\lambda_3$ ) определяем по формуле для плоской стенки, так как ее толщина меньше 2,5мм:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_e}} = \frac{1}{\frac{1}{5287,8} + \frac{0,001}{90} + 0,00015 + \frac{1}{6188,96}} = 1953,125 \quad (\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}))$$

Уточненное значение температуры стенки трубок:

$$t = \frac{t_n \cdot \alpha_n + t \cdot \alpha_e}{\alpha_n + \alpha_e} = \frac{143,62 \cdot 5287,8 + 81,42 \cdot 6188,96}{5287,8 + 6188,96} = 110,08 \quad (^\circ\text{C})$$

Поскольку уточненное значение  $t_{\text{ст}}$  мало отличается от принятого для предварительного расчета, то пересчета величины  $\alpha_n$  не производим (в противном случае, если отличие в данных температурах более 3%, необходимо производить пересчет до достижения данной точности).

Расчетная поверхность нагрева:

$$F = \frac{Q}{k\Delta t} = \frac{1,2 \cdot 10^6}{1953,125 \cdot 62,2} = 9,88 \quad (\text{м}^2)$$

Ориентируясь на полученную величину поверхности нагрева и на заданный в условии диаметр латунных трубок  $d = 14/16\text{мм}$ , выбираем пароводяной подогреватель горизонтального типа конструкции Я.С. Лаздана с поверхностью нагрева  $F = 10,4\text{м}^2$ , площадью проходного сечения по воде (при  $z = 2$ )  $f_r = 0,0132\text{м}^2$ , количеством и длиной трубок 172Ч1200мм, числом рядов трубок по вертикали  $\tau = 12$ . Основные размеры подогревателя приведены в Таблице 1.2.

Уточним скорость течения воды  $w$  в трубках подогревателя:

$$\omega = \frac{V}{3600 \cdot f_m} = \frac{40}{3600 \cdot 0,0132} = 0,84 \quad (\text{м}/\text{с})$$

Поскольку активная длина трубок  $l = 1200\text{мм}$ , длина хода воды

$$L = l \cdot z = 1200 \cdot 2 = 2400 \quad (\text{мм}).$$

Определяем гидравлические потери в подогревателе. Коэффициент гидравлического трения при различных режимах течения жидкости и различной шероховатости стенок трубок можно подсчитать по формуле А.Д.

Альтшуля:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda_m}} = 1,8 \lg \frac{\text{Re}}{\text{Re} \frac{k_1}{d} + 7},$$

где  $k_1$  – приведенная линейная шероховатость, зависящая от высоты выступов, их формы и частоты.

Принимая  $k_1 = 0$  (для чистых латунных трубок), формулу можно представить в более удобном для расчетов виде (для гидравлически гладких

труб):

$$\lambda_m = \frac{1}{[8 \lg \text{Re} - 1,5]^2}$$

Уточняем критерий Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d_e}{\nu} = \frac{0,84 \cdot 0,014}{0,373 \cdot 10^{-6}} = 31528,15$$

Потеря давления в подогревателе (при условии  $w = \text{const}$ ):

$$\Delta p = \left( \frac{\lambda_m \cdot L \cdot x_{cm}}{d_e} + \sum \xi \right) \cdot \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2g} = \left( \frac{0,023 \cdot 2,4 \cdot 1,3}{0,014} + 9,5 \right) \cdot \frac{0,84^2 \cdot 1000}{2 \cdot 9,81} = 525,9 \quad (\text{мм вод. ст.})$$

Гидравлическое сопротивление пароводяных подогревателей по межтрубному пространству, как правило, не определяется, так как его величина вследствие небольших скоростей пара (до 10 м/с) очень мала.

#### 2.4. Пример расчета секционного водоводяного подогревателя.

Исходные данные: давление сухого насыщенного водяного пара  $p = 4 \text{ ат}$  ( $t_n = 143,62^\circ\text{C}$ ), мощность  $Q = 1,2 \cdot 10^6$  ккал/ч.

Расчет: Определим расходы сетевой воды и воды, нагреваемой в межтрубном пространстве:

$$G_m = \frac{Q}{c \cdot (t_2 - t_1)} = \frac{1,2 \cdot 10^6}{1 \cdot (40 - 80)} = 20000 \quad (\text{кг/ч})$$

или  $V_T = 20,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;

$$G_{mm} = \frac{Q}{c \cdot (t_2 - t_1)} = \frac{1,2 \cdot 10^6}{1 \cdot (5 - 65)} = 40000 \quad (\text{кг/ч})$$

$$\text{или } V_{MT} = 40,0 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Площадь проходного сечения трубок (при заданной в условии расчета скорости течения воды в трубках  $w=1$  м/с):

$$f_m = \frac{V_m}{3600 \cdot \omega_m} = \frac{20,0}{3600 \cdot 1} = 0,00556 \quad (\text{м}^2)$$

Выбираем подогреватель МВН 2050-32. Согласно Таблице 1.3 он имеет: наружный диаметр корпуса 219мм и внутренний – 209мм, число стальных трубок (размером 16Ч1,4мм)  $n = 69$ шт., площадь проходного сечения трубок  $f_T = 0,00935 \text{ м}^2$ , площадь проходного сечения межтрубного пространства  $f_{MT} = 0,0198 \text{ м}^2$ .

Скорость воды в трубках и в межтрубном пространстве:

$$\omega_m = \frac{V_m}{3600 \cdot f_m} = \frac{20,0}{3600 \cdot 0,00935} \approx 0,59 \quad (\text{м/с})$$

$$\omega_{mm} = \frac{V_{mm}}{3600 \cdot f_{mm}} = \frac{40}{3600 \cdot 0,0198} = 0,56 \quad (\text{м/с})$$

Таким образом, в результате расчета совершенно случайно получены одинаковые скорости воды ( $W_T = W_{MT}$ ).

Эквивалентный диаметр для межтрубного пространства:

$$d_3 = \frac{4f_{mm}}{P} = \frac{4 \cdot 0,0198}{3,14 \cdot (0,016 \cdot 69 + 0,209)} = 0,0192 \quad (\text{м})$$

Средняя температура воды в трубках:

$$t_1 = 0,5(t_1' + t_1'') = 0,5(140 + 80) = 110 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

При этой температуре температурный множитель, необходимый для дальнейших расчетов (по Таблице 2),  $A_{5T} \approx 2960$ .

Средняя температура воды между трубками:

$$t_1 = 0,5(t_1 + t_2) = 0,5(65 + 95) = 80,0 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

При этой температуре температурный множитель (по Таблице 2)  $A_{5MT} \approx 2616$ .

Режим течения воды в трубках (при  $t_1 = 110^\circ\text{C}$   $\nu_T = 0,271 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ) и межтрубном пространстве (при  $t = 80,0^\circ\text{C}$   $\nu_{\text{MT}} = 0,38 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ) турбулентный, так как:

$$\text{Re}_m = \frac{\omega_m \cdot d_a}{\nu_m} = \frac{0,59 \cdot 0,0132}{0,271 \cdot 10^{-6}} = 28738$$

$$\text{Re}_{mm} = \frac{\omega_{mm} \cdot d_3}{\nu_{mm}} = \frac{0,56 \cdot 0,0192}{0,38 \cdot 10^{-6}} = 28294$$

Коэффициенты теплоотдачи (для турбулентного режима течения воды):

Коэффициент теплоотдачи при турбулентном движении воды внутри трубок:

$$\alpha_m = A_{5m} \frac{w_m^{0,8}}{d_3^{0,2}} = 2960 \frac{0,59^{0,8}}{0,0132^{0,2}} = 4651 \quad (\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}))$$

где  $d_3 = d_B$ .

$$\alpha_{mm} = A_{5mm} \frac{w_{mm}^{0,8}}{d_3^{0,2}} = 2616 \frac{0,56^{0,8}}{0,0192^{0,2}} = 3662 \quad (\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}))$$

Расчетный коэффициент теплопередачи (коэффициент теплопроводности стали  $\lambda = 39 \text{ ккал}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град})$  определяем по формуле для плоской стенки, так как ее толщина меньше 2,5мм:

$$k = \frac{\beta}{\frac{1}{\alpha_m} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{mm}}} = \frac{0,65}{\frac{1}{4651} + \frac{0,0014}{39} + \frac{1}{3662}} = 1240 \quad (\text{ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град}))$$

Температурный напор:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_\sigma - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_\sigma}{\Delta t_m}} = \frac{\langle 40 - 95 \rangle - \langle 0 - 65 \rangle}{\ln \frac{140 - 95}{80 - 65}} = 27,3 \quad (^\circ\text{C})$$

Поверхность нагрева подогревателя:

$$F = \frac{Q}{k \Delta t} = \frac{1,2 \cdot 10^6}{1240 \cdot 27,3} = 35,4 \quad (\text{м}^2)$$

Длина хода по трубкам при среднем диаметре трубок

$$d = 0,5 \cdot (0,016 + 0,0132) = 0,0146 \quad (\text{м})$$

$$L_m = l_m \cdot Z = \frac{F}{\pi d n} = \frac{35,4}{3,14 \cdot 0,0146 \cdot 69} = 11,2 \quad (\text{м})$$

Число секций (при длине одной секции  $l_T = 4$  м):

$$Z = \frac{L_m}{l_m} = \frac{11,2}{4} = 2,8$$

секции; принимаем 3 секции.

Уточненная поверхность нагрева подогревателя согласно технической характеристике выбранного аппарата составит:

$$F = F'Z = 12,75 \cdot 3 \approx 38,25 \quad (\text{м}^2)$$

Действительная длина хода воды в трубках и межтрубном пространстве  $L_T = 4 \cdot 3 = 12$  (м),  $L_{MT} = 3,5 \cdot 3 = 10,5$  (м) (при подсчете  $L_{MT}$  расстояние между патрубками входа и выхода сетевой воды, равное 3,5м, выбрано из конструктивных соображений).

Определяем гидравлические потери в подогревателе. Коэффициенты гидравлического трения для трубок и межтрубного пространства определяем по формуле Альтшуля при  $k = 0,3 \cdot 10^{-3}$  мм (для бесшовных стальных труб изготовления высшего качества):

$$\lambda = \frac{1}{\left[ 1,8 \lg \text{Re} - 1,8 \lg \left( \text{Re} \frac{k_1}{d_s} + 7 \right) \right]^2}$$

$$\lambda_m = \frac{1}{\left[ 1,8 \lg 28738 - 1,8 \lg \left( 28738 \frac{0,3 \cdot 10^{-3}}{13,2} + 7 \right) \right]^2} = 0,024$$

$$\lambda_{mm} = \frac{1}{\left[ 1,8 \lg 28294 - 1,8 \lg \left( 28294 \frac{0,3 \cdot 10^{-3}}{19,2} + 7 \right) \right]^2} = 0,024$$

Коэффициенты местных сопротивлений для потока воды в трубках, принимаем по Таблице 5.

Вход в трубки	$1,5 \cdot 4 = 6,0$
Выход из трубок	$1,5 \cdot 4 = 6,0$
Поворот в колене	$0,5 \cdot 3 = 1,5$

	$\Sigma o = 13,5$
--	-------------------

Суммарный коэффициент местных сопротивлений для потока воды в межтрубном пространстве определяется из выражения:

$$\Sigma \xi_{mm} = 13,5 \frac{f_{mm}}{f_{namp}} Z = 13,5 \cdot 1 \cdot 4 = 54$$

Отношение сечений входного или выходного патрубка:  $f_{mt}/f_{патр} = 1$ .

Потери давления в подогревателе с учетом дополнительных потерь  $x_{ст}$  от шероховатости (для загрязненных стальных труб по Таблице 4 принимаем  $x_{ст} = 1,51$ ):

$$\Delta p_m = \left( \frac{\lambda_m L_m}{d_g} x_{cm} + \Sigma \xi_m \right) \frac{\omega_m^2 \cdot \rho}{2g} = \left( \frac{0,024 \cdot 12}{0,0132} \cdot 1,51 + 13,5 \right) \frac{0,59^2 \cdot 1000}{2 \cdot 9,81} = 824 \quad (\text{мм вод. ст.})$$

Потери в межтрубном пространстве подсчитываются по аналогичной формуле, но лишь в том случае, когда сумма значений коэффициентов местных сопротивлений  $\Sigma \xi_{mt}$  определена по указанной выше формуле, в противном случае расчет потерь  $\Delta p_{mt}$  значительно усложняется.

$$\Delta p_{mm} = \left( \frac{\lambda_m L_{mm}}{d_s} x_{cm} + \Sigma \xi_{mm} \right) \frac{\omega_{mm}^2 \cdot \rho}{2g} = \left( \frac{0,024 \cdot 10,5}{0,0192} \cdot 1,51 + 53,5 \right) \frac{0,56^2 \cdot 1000}{2 \cdot 9,81} = 1172 \quad (\text{мм вод. ст.})$$

Сведем полученные результаты в Таблицу 6 и сравним их между собой.

Таблица 6

Расчетные данные кожухотрубчатого и секционного водоводяного теплообменников.

Тип теплообменника	Коэффициент теплопередачи $k$ , ккал/( $m^2 \cdot ч \cdot град$ )	Температурный напор $\Delta t$ , $^{\circ}C$	Поверхность нагрева $F$ , $m^2$	Диаметр корпуса $D$ , м	Длина корпуса $L$ , м	Гидравлическое сопротивление $\Delta p$ , мм вод. ст	Число ходов $z$
Кожухотрубчатый	1953	62,2	9,88	0,414	1,81	0,526	2
Секционный	1240	27,3	38,25	219	4,44	1,17	3

Сравнение показывает, что для данных условий кожухотрубчатый теплообменник имеет те преимущества, что он более компактен и гидравлическое сопротивление его меньше.

## Глава 3. Эксплуатационная часть.

### 3.1. Система масло подготовки теплообменника.

Масло закачивается в расходный бак с помощью ручного насоса. Часть масла используется после регенерационной установки. Внешняя часть масляной системы снабжена фильтрами тонкой очистки и масляным охладителем, представляющим собою поверхностный теплообменник. Внутри трубок охладителя протекает охлаждающая вода, а с наружной стороны – масло (рис.3.1.).

Для расчета САР регулируемым параметром служит температура масла после маслоохладителя  $U_0 = 40\text{ }^\circ\text{C}$ .

Объект двух емкостный с самовыравниванием, описывается уравнением.

Максимально допустимое отклонение параметра  $X_1 = 1,5\text{ }^\circ\text{C}$ .

Допустимое остаточное отклонение  $X_{ост} = \pm 0,5\text{ }^\circ\text{C}$ .

Двухходовой горизонтальный теплообменник типа Н состоит из цилиндрического сварного кожуха 8, распределительной камеры 11 и двух крышек 4. Трубный пучок образован трубами 7, закрепленными в двух трубных решетках 3. Трубные решетки приварены к кожуху. Крышки, распределительная камера и кожух соединены фланцами. В кожухе и распределительной камере выполнены штуцера для ввода и вывода теплоносителей из трубного и межтрубного пространств. Перегородка 13 в распределительной камере образует ходы теплоносителя по трубам. Для герметизации узла соединения продольной перегородки с трубной решеткой использована прокладка 14, уложенная в паз решетки 3.

Поскольку интенсивность теплоотдачи при поперечном обтекании труб теплоносителем выше, чем при продольном, в межтрубном пространстве теплообменника установлены зафиксированные стяжками 5 поперечные перегородки 6, обеспечивающие зигзагообразное по длине аппарата движение теплоносителя в межтрубном пространстве. На входе теплообменной среды в межтрубное пространство предусмотрен отбойник 9

– круглая или прямоугольная пластина, предохраняющая трубы от местного эрозионного изнашивания.

Теплообменники типа Н отличаются простым устройством и сравнительно дешевы, однако им присущи два крупных недостатка. Во-первых, наружная поверхность труб не может быть очищена от загрязнений механическим способом, а теплоносители в некоторых случаях могут содержать примеси, способные оседать на поверхности труб в виде накипи, отложений и др. Слой таких отложений имеет малый коэффициент теплопроводности и способен весьма существенно ухудшить теплопередачу в аппарате.

### Охлаждающая

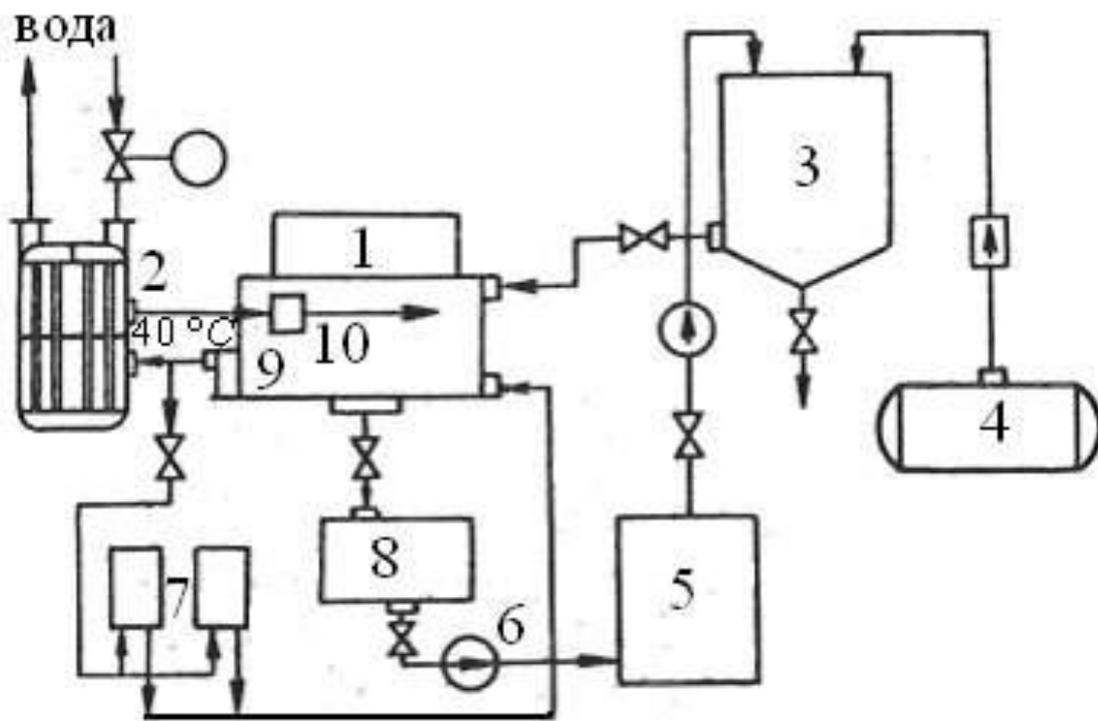


Рис. 3. 1. Схема масляной системы теплообменника.

1 –дизель; 2 –масло охладитель; 3 –расходный бак; 4 –бочка с маслом; 5 –масло регенерационная установка; 6 –откачивающий насос; 7 –фильтры тонкой очистки; 8 –бак отработанного масла; 9 –масляный насос; 10 –фильтр первичной очистки.

## **Глава 4. Часть охраны труда и окружающей среды.**

### **4.1. Исследование пожарной устойчивости объекта.**

#### **4.1.1. Пожарная устойчивость объекта.**

Источниками возникновения пожаров могут быть взрывы, а также короткие замыкания в электросетях, вызванные взрывами или другими причинами, нарушение правил пожарной безопасности.

Минимальный тепловой импульс, который может вызвать пожар, 100-150 кДж/м<sup>2</sup>. На возникновение и распространение пожаров влияют такие факторы, как огнестойкость зданий (сооружений), пожарная опасность производства, плотность застройки, метеоусловия и другие факторы.

На основании оценки устойчивости здания цеха к ударной волне оценивается возможность возникновения и распространения пожара. Устанавливаются наиболее опасные в пожарном отношении участки производства, элементы производственного процесса и общая пожарная обстановка в цехе. При этом учитывается, что при повреждении здания цеха (разрушение остекления, дверей и др. непрочных конструкций) происходит более быстрое возгорание и интенсивное развитие пожара.

Отдельные пожары возможны в зданиях со слабыми и средними разрушениями. При сильных и полных разрушениях возможны лишь отдельные очаги тления и горения в завалах.

Объект считается устойчивым в противопожарном отношении, если при определенном тепловом импульсе не загораются какие-либо материалы и элементы здания. Поскольку обеспечить абсолютную теплостойкость зданий практически невозможно, то следует стремиться увеличить теплостойкость возгораемых конструкций до какого-то целесообразного предела.

### **4.2 Оценка пожароустойчивости цеха.**

Согласно описанию здания цеха, оно имеет степень огнестойкости II. Категория здания по пожарной опасности – А. Здание спроектировано и выполнено с соблюдением всех мер пожарной безопасности.

Источником пожара внутри самого цеха могут быть короткие замыкания, которые могут возникать от разлетающихся осколков стекол, если остекление не ограждено внутри предохранительной металлической сеткой, а также неконтролируемого смешения (например, при разливе) исходных компонентов.

#### **4.3 Мероприятия по повышению пожароустойчивости цеха.**

Установка в здании цеха и административно-бытовых помещениях с внутренней стороны оконных рам защитных металлических сеток или установка вместо обычного стекла армированного.

Окраска в цехе и административно-бытовых помещениях всех горючих материалов несгораемой краской.

Замена огнеопасного линолеума на полах административно-бытовых помещений пожаробезопасными материалами.

Периодическая проверка противопожарного инвентаря и проведение противопожарных учений с личным составом цеха и администрации.

Исследование действия аварийно – химически опасных веществ (АХОВ) на объект.

АХОВ - химическое вещество, которое при разливе или выбросе может приводить к заражению воздуха с поражающими концентрациями.

Зона заражения АХОВ - территория, зараженная АХОВ в опасных для жизни людей пределах.

Под прогнозированием масштаба заражения АХОВ принимается определение глубины и площади зоны заражения АХОВ.

Под аварией понимается нарушение технологических процессов на производстве, повреждение трубопроводов, емкостей, хранилищ, транспортных средств при осуществлении перевозок и т.п., приводящих к

выбросу АХОВ в атмосферу в количествах, представляющих опасность массового поражения людей и животных.

Под разрушением ХОО следует понимать его состояние в результате катастроф и стихийных бедствий, приведших к полной разгерметизации всех емкостей и нарушению технологических коммуникаций.

Химически опасный объект (ХОО) - объект, при аварии или разрушении которого могут произойти массовые поражения людей, животных и растений АХОВ.

Первичное облако - облако АХОВ, образующееся в результате мгновенного (1 - 3 мин.) перехода в атмосферу части содержимого емкости со АХОВ при ее разрушении.

Вторичное облако - облако АХОВ, образующееся в результате испарения разлившегося вещества с подстилающей поверхности.

Пороговая токсодоза - ингаляционная токсодоза, вызывающая начальные симптомы поражения.

Под эквивалентным, количеством АХОВ понимается такое количество хлора, масштаб заражения которым при инверсии эквивалентен масштабу заражения при данной степени ВУВ количеством данного вещества, перешедшим в первичное (вторичное) облако.

## **Глава 5. Часть автоматизации. Автоматизация кожухотрубчатых теплообменников.**

Схема кожухотрубного теплообменника с неизменяющимся агрегатным состоянием веществ представлена на рисунке 5.1..

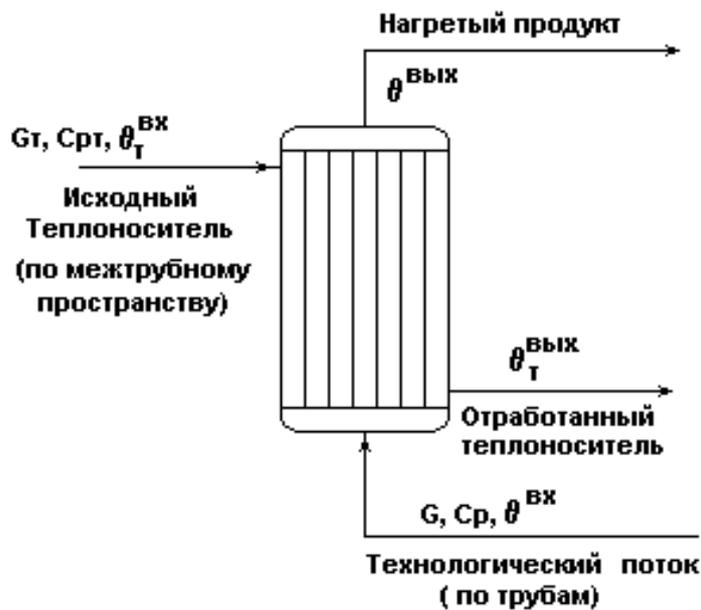


Рис.5.1. Схема кожухотрубного теплообменника с неизменяющимся агрегатным состоянием веществ.

- *Технологический процесс*: нагревание технологического потока  $G$  до температуры  $\theta^{ВЫХ}$  с помощью теплоносителя  $G_T$  с неизменяющимся агрегатным состоянием.

Математическое описание на основе физики процесса.

- Движение теплоносителей осуществляется противотоком при заданных  $\theta_T^{ВХ}$ ,  $\theta_T^{ВЫХ}$ ,  $\theta^{ВЫХ}$ ,  $\theta^{ВХ}$ .

- Движущая сила процесса: 
$$\Delta\theta_{ср} = \frac{\Delta\theta_n + \Delta\theta_k}{2} \quad (1),$$

где  $\Delta\theta_n = \theta_T^{ВХ} - \theta^{ВЫХ}$ ,  $\Delta\theta_k = \theta_T^{ВЫХ} - \theta^{ВХ}$ .

- Тепловая нагрузка аппарата: 
$$Q = K * F * \Delta\theta_{ср} \quad \left[ \frac{ДЖ}{с} \right] \quad (2).$$

- $Q$  (дж/с) позволяет определить  $G_T^{эфф}$  и  $G^{эфф}$  на основе тепловых балансов:

$$Q = G_T * c_{рТ} * (Q_T^{ВХ} - Q_T^{ВЫХ}) \quad (3a);$$

$$G_{\tau}^{\text{эфф}} = \frac{Q}{c_{p\tau} * (Q_{\tau}^{\text{вх}} - Q_{\tau}^{\text{вых}})} \quad (3б);$$

$$Q = G * c_p * (Q^{\text{вых}} - Q^{\text{вх}}) \quad (4а);$$

$$G^{\text{эфф}} = \frac{Q}{c_p * (Q^{\text{вых}} - Q^{\text{вх}})}. \quad (4б).$$

Эффективное время пребывания:

$$\tau_{\text{преб}}^{\text{эфф}} = \frac{\rho * V}{G^{\text{эфф}}} = T. \quad (5).$$

Математическое описание на основе теплового баланса.

Уравнение динамики:

$$\rho * V * c_p * \frac{d\theta^{\text{вых}}}{dt} = G_{\tau} * c_{p\tau} * (\theta_{\tau}^{\text{вх}} - \theta_{\tau}^{\text{вых}}) - G * c_p * (\theta^{\text{вых}} - \theta^{\text{вх}}) \quad (6).$$

Уравнение статики при  $\frac{d\theta^{\text{вых}}}{dt} = 0$ :

$$G_{\tau} * c_{p\tau} * (\theta_{\tau}^{\text{вх}} - \theta_{\tau}^{\text{вых}}) = G * c_p * (\theta^{\text{вых}} - \theta^{\text{вх}}) \quad (7)$$

На основании (6) и (7) можно принять:  $\theta^{\text{вых}} = f(G_{\tau}, G)$ . (8).

Информационная схема объекта.

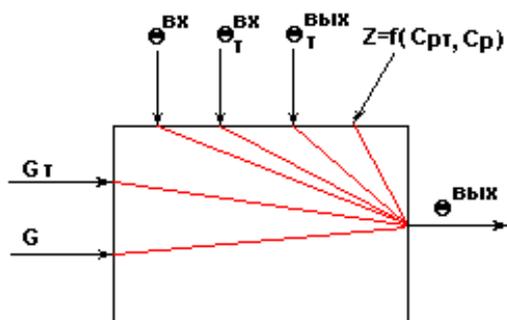


Рис.5.2.

Анализ динамических характеристик объекта.

Уравнение динамики в нормализованном виде.

$$\rho * V * c_p * \frac{d\theta^{ВЫХ}}{dt} + G * c_p * \theta^{ВЫХ} =$$

$$= G_{\tau} * c_{p\tau} * (\theta_{\tau}^{ВХ} - \theta_{\tau}^{ВЫХ}) + G * c_p * \theta^{ВХ} \quad (9).$$

На основе этого уравнения динамики объект по каналу  $G_{\tau} - \theta^{ВЫХ}$  описывается математической моделью аperiodического звена 1-го порядка:

$$W(p) = \frac{K_{об}}{T_{об} * p + 1} \quad (10),$$

где:  $T_{об} = \frac{\rho * V}{G^0}$  ;  $K_{об} = \frac{G_{\tau}^0 * c_{p\tau} * (\theta_{\tau}^{ВХ0} - \theta_{\tau}^{ВЫХ0})}{G^0 * c_p * \theta^{ВЫХ0}}$  .

Объект имеет транспортное запаздывание:

$$\tau_{тр} = \frac{\rho_{\tau} * V_{труб}}{G_{\tau}^{ВХ}} = \tau_{об} \quad (11),$$

где  $V_{труб}$  - объем трубопровода от Р.О. до входа в аппарат.

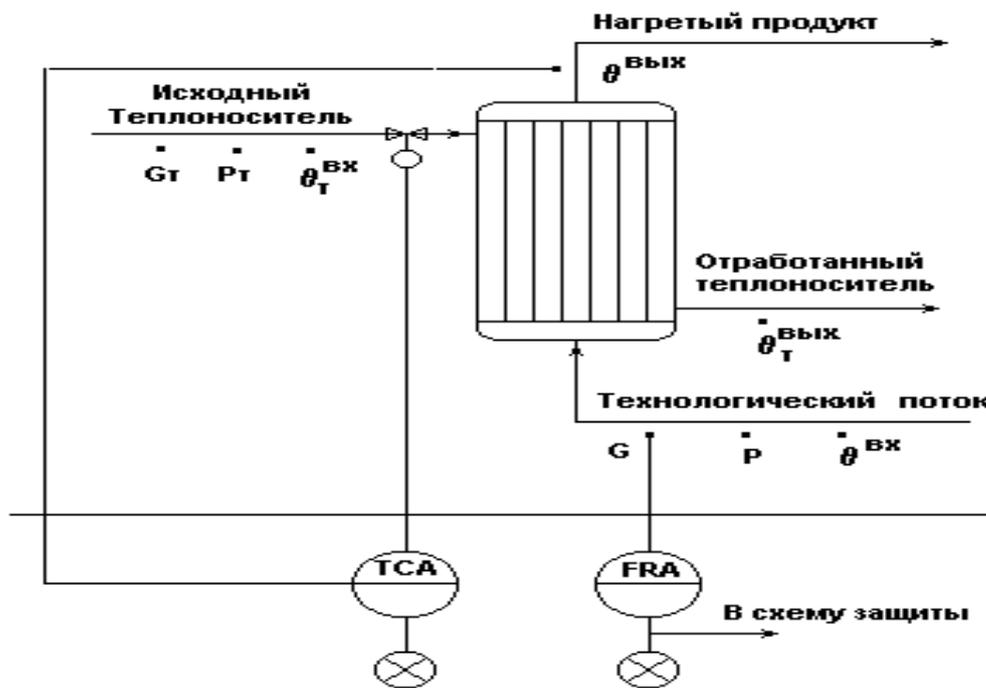
Таким образом, в целом динамика объекта по каналу управления описывается математической моделью аperiodического звена 1-го порядка с запаздыванием:

$$W(p) = \frac{K_{об}}{T_{об} * p + 1} * e^{-p * \tau_{об}} \quad (12).$$

Анализ статической характеристики объекта.

Из уравнения статики выразим  $\theta^{ВЫХ}$  в явном виде:

$$\theta^{ВЫХ} = \frac{G_{\tau} * c_{p\tau} * (\theta_{\tau}^{ВХ} - \theta_{\tau}^{ВЫХ})}{G * c_p} + \theta^{ВХ} \quad (13).$$



Типовое решение автоматизации.

Типовое решение автоматизации кожухотрубных теплообменников включает в себя подсистемы регулирования, контроля, сигнализации и защиты.

1. Регулирование. Регулирование температуры  $\theta^{\text{ВЫХ}}$  по подаче теплоносителя  $G_T$  - как показателя эффективности процесса нагревания в кожухотрубном теплообменнике.

- Контроль. расходы -  $G_T, G$ ; температуры -  $\theta_T^{\text{ВХ}}, \theta_T^{\text{ВЫХ}}, \theta^{\text{ВХ}}, \theta^{\text{ВЫХ}}$ ;
- давление -  $P_T, P$ .

Сигнализация. существенные отклонения  $\theta^{\text{ВЫХ}}$  от задания;

- резкое падение расхода технологического потока  $G \downarrow$ , при этом формируется сигнал «В схему защиты».

4. Система защиты.

По сигналу «В схему защиты» - отключается магистраль подачи теплоносителя  $G_T$ .

## Информационно-логическая модель

Для систематизации и уменьшения объема данных о процессе нужно рассмотреть природу соответствующей информации. Наиболее важные параметры, используемые в обработке измерений, включают в себя:

- Указатели на данные измерений (идентификатор);
- Адрес входного порта измерительной информации;
- Интервал выборки;
- Коэффициенты перерасчета сигнала;
- Параметры датчика;
- Пороговые значения (полоса гистерезиса с первым и вторым сигнальными пределами);
- Результат измерений до и после обработки.

Параметры описания объектов хранятся в БД процесса, которая представляет собой центральный элемент программного обеспечения управляющей системы. БД для автоматизированного управления процессом содержит для обработки следующей информации:

- Параметры всех датчиков и исполнительных механизмов;
- Параметры для расчета производных величин;
- Определение возможных событий и соответствующих им реакций управляющих воздействий
- Плановые показатели.

Доступ к БД процесса, запросы и протоколы

Доступ к информации, содержащейся в БД, выполняется с помощью трех основных операций, которые могут комбинироваться, - выбора, проекции и сортировки.

Выбор (selection) определяет операцию для извлечения из базы данных только записей, удовлетворяющих заданным критериям. В нашей системе должны быть:

- Выборка по сигналу датчика т.е. выборка параметра

расходомера воды и параметра расхода руды в мельницу по уровню шума в ней);

- Выборка по типу ситуации (нормальный режим работы, предаварийный, аварийный);

Проекция (projection) – это список интересующих полей записи БД.

Сортировка (sorting) означает упорядочение выбранных записей в соответствии с критерием.

Сочетание трех основных операций порождает большое число вариантов обработки и анализа данных.

Операция по извлечению информации из БД называется запросом.

Формирование протоколов

Важнейшей функцией системы управления является быстрое выявление недопустимых режимов и оповещение об этом оператора. Каждое изменение состояния, классифицированное как аварийное, должно быть зафиксировано специальном файле – журнал аварий – с указанием времени события.

Специальный запрос – аварийный протокол – используется для поиска и вывода всех объектов БД, которые находятся в данный момент в аварийно состоянии.

Как заполняется журнал предаварийных/аварийных ситуаций

Протоколы обслуживания

Важной составляющей работы является техническое обслуживание приборов и оборудования:

- Подготовка к запуску;
- Поверка состояния;
- Замена изношенных приборов;
- Калибровка датчиков;

Очевидным решением является подготовка графиков планового обслуживания на определенный период, исходя из информации хранящейся в БД процесса.

## Операции управления, выполняемые с использованием БД

В зависимости от режима работы различаются исполнительные команды:

- Автоматический – управление с ЭВМ. В данной системе управления в БД хранятся указания на автоматические действия, которые выполняются в определенных ситуациях. Специальная таблица БД указывает, при каком значении некоторого параметра вызывается исполнительная команда.
- Ручной – управление мастером на местном щите.

### Проверка достоверности исходных данных

Для данной системы достоверность играет большую роль, так как ошибки во входных данных могут привести к некорректным управляющим действиям:

1. проверяем состояние оборудования;
2. величина входного сигнала лежит в пределах рабочего диапазона датчика (микрофон: 300-400Гц, расходомер: 0,5-10м<sup>3</sup>/ч).

Во избежание аварийных ситуаций определяют полосу гистерезиса вокруг порогового значения. Аварийный сигнал генерируется только тогда, когда входная величина превысит второе пороговое значение. Для того чтобы сбросить аварийный сигнал, входная величина должна снова пересечь первое пороговое значение. Новый аварийный сигнал может быть выработан после того, как второй порог будет достигнут снова.

### Построение графиков

Построение графика изменений сигнала во времени или как функции сигнала позволяют выявить некоторые интересные детали:

1. исключительные или необычные возмущения;
2. потерю значений;
3. периодические колебания.

## Моделирование АИС

Основой разработки АИС является построение моделей производственных процессов, а также процессов сбора и обработки информации о ходе этих процессов. Общая цель моделирования подчинена цели любых естественно – научных исследований – прогнозировать результаты предстоящих экспериментов.

Создание автоматизированной системы управления технологическим процессом измельчения является одним из этапов реконструкции обогатительной фабрики. АСУ ТП процесса измельчения предназначена для выполнения следующих задач:

1. управления технологическим процессом измельчения и классификации, руды на различных стадиях;
2. непрерывного измерения, контроля и регулирования технологических параметров;
3. диагностики и контроля состояния оборудования цеха измельчения.

### Концептуальная модель.

Построение концептуальной (содержательной) модели конкретного объекта является первым этапом моделирования. Основным содержанием этого этапа является переход от словесного описания к его математической модели.

Процесс измельчения как управляемый объект

Как управляемый объект, замкнутый цикл измельчения характеризуется следующими параметрами (рис. 4):

1. входные:
  - производительность цикла по исходной руде  $Q$ ;
  - расход воды в мельницу  $W_m$  и классифицирующий аппарат  $W_{кл}$ ;

- гранулометрический состав  $C_{x1}$  и физико-механические свойства руды  $\sigma$ ;
- частота вращения барабана мельницы  $n$ ;
- количество мелющей среды  $\varphi$ ;
- влажность  $\omega$ ;
- температура  $T_1$  исходной руды.

## 2. выходные:

- объемный расход слива классифицирующего аппарата  $q_{сл}$ ;
- плотность  $\delta_{сл}$ ;
- гранулометрический состав  $C_{x2}$ ;
- производительность цикла по готовому классу  $q_g$ ;
- мощность, потребляемая электроприводом мельницы  $P$ .

Управляющими воздействиями могут служить: производительность цикла по исходной руде  $Q$ ; расход воды в мельницу  $W_m$ .

Цель моей работы создать систему управления процессом измельчения воздействием на подачу исходной руды в цикл и расхода воды в мельницу, т.е. регулировать и контролировать параметры  $Q$  и  $W_m$ , а также следить за состоянием оборудования.

Контроль загрузки барабана мельницы рудой и циркулирующая нагрузка замкнутого цикла измельчения – естественные индикаторы, отражающие ход процесса измельчения и реагирующие на изменение всех параметров цикла.

Степень загрузки мельницы рудой наиболее просто контролировать по уровню шума, производимого мелющими телами в зоне их падения. При уменьшении уровня загрузки уровень шума возрастает, при увеличении – уменьшается.

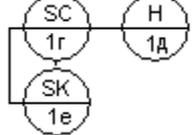
Техническая реализация контроля наиболее проста при использовании амплитуды шумового сигнала. В этом случае в состав датчика входят микрофон, выпрямительная приставка, сглаживающий фильтр и выходной делитель напряжения. Датчик устанавливается вблизи мельницы в зоне

падения шаров со стороны разгрузочной цапфы. Звуковые колебания воспринимаются микрофоном, преобразующим звуковые колебания в э.д.с. шумового сигнала. Ток выпрямляется, сглаживается и используется в системе контроля и регулирования.

Недостаток этого метода контроля – чувствительность датчика к внешним звуковым помехам, например, от работающих рядом мельниц. Для устранения этого недостатка динамик или микрофон, воспринимающие шум мельницы, заключаются в специальный корпус с тройной звукопоглощающей решеткой на входе.

Итак, первая моя задача – стабилизация уровня загрузки барабана мельницы рудой с воздействием на частоту вращения привода. Этот метод оправдывает себя, когда гранулометрический состав и физико-механические свойства исходной руды сравнительно постоянны. Основное преимущество этого принципа управления – простота технической реализации. Использование его при автоматическом управлении дает увеличение производительности измельчительного агрегата до 10%.

В состав системы автоматического регулирования САР I (рис.5), реализующий этот принцип, входят следующие элементы:

1. Микрофон направленного действия	300 - 400 Гц	
2. Преобразователь частоты в унифицированный сигнал тока или напряжения (Е/Е), расположенный на местном щите		
3. Вторичный прибор Диск-250 М показывающий, записывающий, со встроенной звуковой сигнализацией (звонок громкого боя)		
4. Автоматический регулятор системы “Каскад-2” Р-17, расположенный на щите оператора		

5. Блок управления тиристорами		
6. Блок тиристоров	800 – 1200 об/мин	

Вторая задача - стабилизация расхода воды в барабан мельницы ( $W_m = \text{const}$ ) с воздействием на положение регулирующего клапана трубопровода, подающего воду в мельницу. Этот принцип применим при условии стабилизации расхода руды в барабан мельницы,

Принцип прост в технической реализации САР II (рис.5) .В качестве датчика расхода воды 2а используют различного рода сужающие устройства. Регулятор расхода воды 2г через исполнительный механизм 2е воздействует на клапан трубопровода воды в мельницу. В состав системы автоматического регулирования САР II входят следующие элементы:

1. Преобразователь электромагнитный измерительный расхода жидкости (ПИР-1)	0,5 - 10 м <sup>3</sup> /ч	
2. Преобразователь датчика ПИР-1 (преобразует естественный электрический сигнал в унифицированный токовый сигнал (Е/Е)), расположенный по месту		
3. Вторичный прибор Диск-250 М показывающий, записывающий, расположенный на местном щите		
4. Автоматический регулятор системы “Контур-2” РС-29, расположенный на щите оператора		
5. Пускатель бесконтактный реверсивный ПБР-2М, расположенный на местном щите	0 - 100 % хода вала ИМ	

6. Электрический ИМ типа МЭО-1,6/40		2е
7. Регулирующий клапан двухседельный $D_y = 50$ мм		2ж

$V_i$  – ввод информации на ЭВМ оператора

$V_o$  – вывод информации с ЭВМ оператора вход информации

### Функциональная структура проектируемой системы

Существующая система на предприятии должна иметь два уровня системы управления, так все данные фиксируются на местном щите мастера и на ЭВМ оператора.

Первый (нижний уровень) должен осуществлять контроль результатов измерений и непосредственное цифровое управление по датчикам, исполнительным механизмам, выполнение необходимых переключений по командам верхнего уровня, автоматическим переключениям.

Второй (верхний уровень) выполняет функции отображения данных о состоянии технологического процесса, архивировании полученных данных. Кроме того, на этом уровне нужно организовать сохранение всех изменений всех параметров, которые осуществил оператор, в базу данных, справочную систему и удобный интерфейс.

### Описание режимов функционирования объекта

В общем случае все режимы функционирования технологического процесса управления процессом измельчения можно разделить на следующие группы:

1. Режим нормальной эксплуатации;
2. Предаварийные режимы эксплуатации;
3. Аварийные режимы эксплуатации.

Допустимость тех или иных режимов работы определяется характеристиками и возможностями оборудования. В соответствии с общими принципами установка считается безопасной, если при длительной ее эксплуатации во всех режимах, включая аварийные, будет исключено серьезное повреждение потенциально опасных узлов, а также обеспечена соответствующая защита персонала установки.

Режимы нормальной эксплуатации включают в себя основные фазы производственного процесса:

- непосредственно сам технологический процесс;
- подготовку к пуску технологического комплекса (ТК);
- запуск ТК;
- останов ТК.

Предаварийные режимы работы соответствуют следующим случаям:

- параметры регулирования системы находятся в допустимых, но близких к критическим значениям;

К числу аварийных режимов работы ТК следует отнести:

- отключение электрического питания;
- прекращение подачи воды;
- режим работы, при появлении различного рода больших и малых течей на оборудовании и трубопроводах;
- режим работы при выходе за определенные границы различных параметров регулирования;
- при выходе из строя различных контролирующих устройств (датчиков);
- при обрыве связи с объектом.

Описание режимов должно быть представлено в виде логических правил, образующих базу знаний (БЗ).

Логические правила, описывающие возникновение аварийных ситуаций в технологическом комплексе измельчения руды:

Если прекращение подачи воды, то остановка мельницы, питателя и конвейера, перекрытие вентилей на водоподводящих трубах.

Если нарушение герметичности оборудования и трубопроводов, то остановка мельницы, питателя и конвейера, перекрытие вентилей на водоподводящих трубах.

Если прекратилась подача исходной руды, то остановка мельницы, питателя и конвейера, прекращение подачи воды.

Если вышли из строя контролирующие устройства, то остановка мельницы, питателя и конвейера, прекращение подачи воды.

Если обрыв ленты, то остановка мельницы, питателя и конвейера.

Если заклинивание ленты, то остановка мельницы, питателя и конвейера.

## Глава 6. Экономическая часть.

### 6.1. Расчет плановой нормативной трудоемкости работ на эксплуатацию и ремонт теплообменника.

#### 1 Техническая характеристика теплообменника .

Таблица 1.1

Наименование, марка	Часовая производительность, Q <sub>ЧАС</sub>	Коэффициент интенсивности, K <sub>И</sub>	Номинальная мощность двигателя, кВт	Суммарная мощность двигателя, кВт
1	2	3	5	6
Теплообменник .	400	0,96	315	315

#### 2 Расчет плановой нормативной трудоемкости работ на эксплуатацию и ремонт теплообменника .

Расчет эффективного фонда времени.

Для определения эффективного фонда времени работы 1-го конвертера, необходимо определить время нахождения его в ремонте, по структуре ремонтного цикла (P<sub>ц</sub>).

Структура ремонтного цикла:

$$P_{ц} = n \cdot T_0 + n \cdot T_{ТЕК} + n \cdot K, \quad (2.1)$$

где n - количество видов ремонта и ТО за период ремонтного цикла

Таблица 2.1 – Нормативы периодичности и продолжительности ремонтов технологического оборудования

Оборудование	Ремонт			
	Вид	Периодичность мес	Продолжительность час	Трудоемкость чел час
1	2	3	4	5
Теплообменник	ТО	1	16	29
	T <sub>1</sub>	3	96	224
	T <sub>2</sub>	30	120	420
	К	60	240	700

Длительность ремонтного цикла  $P_{ц} = 60$  мес

Количество капитальных ремонтов  $nK = 1$

$$T_{T(1,2)} = \frac{m}{t_{m.m.}} - 1$$

Количество текущих ремонтов (2.2)

где  $t_{M.P.}$  - межремонтный период мес

$$nT_2 = \frac{P_{ц}}{t_{m.p.T2}} - nK = \frac{60}{30} - 1 = 2 - 1 = 1T_2$$

$$nT_1 = \frac{P_{ц}}{t_{m.p.T1}} - nT_2 - nK = \frac{60}{3} - 1 - 1 = 20 - 1 - 1 = 18T_1$$

Структура ремонтного цикла

$$P_{ц} = 1K + 18T_1 + 1T_2 + 40TO$$

Определяем структуру годового цикла работ с целью формирования плановых затрат на обеспечение данных работ в течении календарного года.

Структура годового цикла работ за последний год эксплуатации составляет

$$T_{годн.} = 1K + 1T_2 + 10TO$$

Определяем плановый фонд простоев оборудования за период ремонтного цикла и за календарный год

$$T_{пр.рц} = 240 + 18 \cdot 96 + 120 + 40 \cdot 16 = 2728 \text{ час}$$

$$T_{пр.год} = 240 + 120 + 10 \cdot 16 = 520 \text{ час}$$

### 3 Расчет планового коэффициента экстенсивного использования теплообменника .

Плановый коэффициент интенсивности использования теплообменника ., который указывает на использование конвертера во времени в производстве определяем по формуле:

$$K_{\phi} = \frac{T_{\phi}}{T_{ном}} = \frac{7272}{365 \cdot 24} = 0,83$$

т.е. 83% составляет Эффективный (полезный фонд рабочего времени) и 17% фонд плановых простоев.

Эффективный фонд рабочего времени составит

$$T_{эф} = T_{ном} - T_{пр.год} = (365 \cdot 24) - 1488 = 7272$$

Плановая трудоемкость ремонтов и ТО в течение календарного года определяется на основе нормативной трудоемкости работ (чел. час) и структуры годового цикла.

Плановая трудоемкость работ за год составит:

$$T_{е.год} = 420 + 700 + 160 = 1280 \text{ чел. час}$$

При составлении плановой сметы затрат на проведение ТО и ремонтов. Оплата труда по каждому виду работ учитывается отдельными статьями, а, следовательно, годовая трудоемкость работ должна приводиться по видам работ:

$$T_{е.Т_2} = 420 \text{ чел. час}$$

$$T_{е.К} = 700 \text{ чел. час}$$

$$T_{е.ТО} = 10 \cdot 16 = 160 \text{ чел. час}$$

Нормативная трудоемкость с учетом коэффициента потерь рабочего времени, который равен 1,43 составит:

$$T_{e.T_0} = 160 \cdot 1,34 = 214 \text{ чел} \cdot \text{час}$$

$$T_{e.T_2} = 420 \cdot 1,34 = 563 \text{ чел} \cdot \text{час}$$

$$T_{e.K} = 700 \cdot 1,34 = 938 \text{ чел} \cdot \text{час}$$

$$\sum T_{eT} = 214 + 563 + 938 = 1715 \text{ чел} \cdot \text{час}$$

#### 4 Расчет годового баланса рабочего времени персонала, занятого на текущей эксплуатации

Расчет планового бюджета рабочего времени персонала

Плановый годовой фонд рабочего времени определяется на основании планового баланса рабочего времени, который составляется на 1<sup>го</sup> работника соответствующий категории персонала.

Элементы баланса	Число дней/часов		
	Дробильщики	Мастер по ремонту оборудования	Ремонтный персонал
1	2	3	4
1 Календарный фонд времени $T_k$	365	365	365
2 Праздничные дни и выходные дни ПД ВД	115	115	115
3 Номинальный фонд времени $T_{ном}$	250/1800	250/2000	250/1800
4 Планируемые неявки, всего ПЛН	64	54	64

в том числе:			
4.1 Дни отпуска	55	46	55
4.2 Дни по болезни	7	7	7
4.3 Дни прочих неявок	2	1	2
5 Эффективный фонд времени $T_{\text{эф}}$	186/1488	196/1568	186/1488
6 Коэффициент использования рабочего времени $K_{\text{и}}$	0,74	0,78	0,74
7 Продолжительность смены $t_{\text{см}}$	8	8	8

Баланс рабочего времени 1<sup>го</sup> работника за год

Таблица 4.1 – Годовой плановый баланс рабочего времени 1<sup>го</sup> рабочего

$$K_{\text{и}} = \frac{T_{\text{эф}}}{T_{\text{ном}}}$$

$$K_{\text{сп}} = \frac{T_{\text{ном}}}{T_{\text{эф}}}$$

#### 5 Расчет плановой явочной и списочной численности персонала

Норма численности персонала на эксплуатацию и обслуживание теплообменника . – 2 чел агр.

Явочная численность плавильщиков на технологическую смену составляет:

$$Ч_{\text{я.см}} = H_{\text{ч}} \cdot N$$

$$Ч_{\text{я.см}} = 1 \cdot 2 = 2 \text{ чел} \cdot \text{агр}$$

$Ч_{я}$  человек на сутки с учетом из технологического режима:

$$Ч_{я} = Ч_{я.см} \cdot T_{см} = 2 \cdot 3 = 6чел$$

Списочная численность:

$$Ч_{сп} = Ч_{я} \cdot K_{сп} = 6 \cdot 1,34 \approx 8,04 = 8чел$$

Норматив затрат труда на эксплуатацию и обслуживание 1 – ой теплообменника:

$$\frac{8}{2} = 4чел$$

Затраты на оплату труда из расчета 4 человек списочной численности будут учтены в составе затрат на эксплуатацию и обслуживание 1 – ой теплообменника.

## 6 Расчет состава затрат на содержание, эксплуатацию и ремонт привода

Содержание и обслуживание основных средств, которые находятся на балансе предприятия, предполагают учет затрат на текущее содержание и эксплуатацию и учет затрат при проведении ремонтных работ (текущие и капитальные ремонты)

Плановый фонд средств определяется путем составления плановой сметы расходов на год

### 6.1 Накопление средств амортизационного фонда

Сумму амортизации определяем по норме амортизации,  $H_A$  с учетом первоначальной стоимости оборудования,  $\Phi_{П}$

$$A = \frac{\Phi_{П} \cdot H_A}{100} = \frac{70482499 \cdot 9,92}{100} = 699186 руб$$

## 6.2 Оплата силовой энергии

Стоимость силовой энергии определяем по средней номинальной мощности двигателей с учетом планового режима работы оборудования и стоимости электроэнергии по тарифу в плановом году

$$\mathcal{E}_\mathcal{E} = \frac{M_\mathcal{D} \cdot T_{\text{кал}} \cdot K_\mathcal{E} \cdot K_\mathcal{И} \cdot K_\mathcal{П} \cdot C_\mathcal{Э} \cdot t_{\text{см}} \cdot T_{\text{см}}}{S}$$

где

$M_\mathcal{D}$  – суммарная мощность двигателей, кВт

$T_{\text{кал}}$  – календарный фонд времени работы оборудования, дни

$K_\mathcal{E}$  – коэффициент экстенсивности

$K_\mathcal{И}$  – коэффициент интенсивности

$K_\mathcal{П}$  – коэффициент потерь электроэнергии в сети (1,1)

$T_{\text{см}}$  – число смен в течение суток

$t_{\text{см}}$  – продолжительность смены, час

$C_\mathcal{Э}$  – цена 1 кВт час по тарифу, руб

$S$  – КПД двигателя, (0,85)

$$\mathcal{E}_\mathcal{E} = \frac{315 \cdot 365 \cdot 0,94 \cdot 0,96 \cdot 1,1 \cdot 3 \cdot 8 \cdot 0,51}{0,85} = 1643454 \text{ руб}$$

## 6.3 Стоимость материалов и запасных частей для нужд текущей эксплуатации и ремонтов

Плановая потребность в запасных частях и смазочных материалах для нужд текущего содержания и эксплуатации определяем по годовому нормативу этих затрат ( $H_\mathcal{Э}$ ), в % от балансовой стоимости конвертера КГ2 – 80Ц

$$H_\mathcal{Э} = 0,3$$

$$H_{\text{ТР}} = 2,5$$

$$H_{\text{КР}} = 4,5$$

$$З_3 = \frac{\Phi_n \cdot H_3(\%)}{100\%} = \frac{70482499 \cdot 0,3}{100\%} = 211448 \text{ руб}$$

Плановая потребность в материалах для нужд текущих ремонтов определяем по плановому годовому нормативу материалов ( $H_{ТР}$ , %):

$$З_{mp} = \frac{\Phi_n \cdot H_{mp}(\%)}{100\%} = \frac{70482499 \cdot 2,5}{100\%} = 1762062 \text{ руб}$$

Плановая потребность в материалах для нужд капитальных ремонтов определяется по нормативу ( $H_{кр}$ , %):

$$З_{кр} = \frac{\Phi_n \cdot H_{кр}(\%)}{100\%} = \frac{70482499 \cdot 4,5}{100\%} = 3171712 \text{ руб}$$

#### 6.4 Расчет плановой сметы ФОТ персонала

Система оплаты труда – повременно – премиальная, по 2 группе ставок.

Таблица 6.4.1 – Тарифных разрядов технологического персонала

Профессия	Списочная численность	Тарифный разряд	Часовая тарифная ставка, руб
1	2	3	4
Дробильщик	5	4	30,14
	3	5	34,87

Таблица 6.4.2 – Тарифных ставок и разрядов слесарей – ремонтников закрепленных на ремонтах

Профессия	Тарифный разряд	Часовая тарифная ставка, руб
1	2	3

1 Слесари – ремонтники, занятые на текущих ремонтах	4	30,14
	5	34,87
	6	
2 Слесари – ремонтники, занятые на капитальных ремонтах	4	30,14
	5	34,87
	6	

Средний тарифный разряд для дробильщиков

$$P_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \mathcal{U}_{СП}(P_i) \cdot P_i}{\mathcal{U}_{СП}}, (0,0)$$

$$P_{cp} = \frac{5 \cdot 4 + 3 \cdot 5}{8} = 4,4$$

Средний тарифный разряд для слесарей – ремонтников

$$P_{CP} = \frac{\sum_{i=1}^n T_E(P_i) \cdot P_i}{T_E}$$

$$P_{CP} = \frac{2000 \cdot 4 + 1132 \cdot 5}{3132} = 4,4$$

$$P_{CP} = \frac{5000 \cdot 4 + 3008 \cdot 5}{8008} = 4,4$$

Средняя часовая тарифная ставка для дробильщика

$$T_{CT.CP.} = \frac{\sum_{i=1}^n \mathcal{U}_{СП}(P_i) \cdot T_{CT}(P_i)}{\mathcal{U}_{СП}}$$

$$T_{CT.CP.} = \frac{5 \cdot 30,14 + 3 \cdot 34,87}{8} = 31,91 \text{ руб}$$

Средняя часовая ставка для слесарей – ремонтников занятых на текущих ремонтах

$$T_{CT.CP.} = \frac{\sum_{i=1}^n T_E(P_i) \cdot T_{CM}(P_i)}{T_E}$$

$$T_{CT.CP.} = \frac{2000 \cdot 30,14 + 1132 \cdot 34,87}{3132} = 31,85 \text{ руб}$$

Средняя часовая ставка для слесарей – ремонтников занятых на капитальных ремонтах

$$T_{ст.ср.} = \frac{5000 \cdot 30,14 + 3008 \cdot 34,87}{8008} = 31,92 \text{ руб}$$

Норматив фонда ДЗП для плавильщиков и слесарей – ремонтников

$$H_{дзн} = \frac{П_л Н}{T_{эф}} \cdot 100\%$$

$$H_{дзн} = \frac{64}{186} \cdot 100\% = 34,4\%$$

Норматив фонда ДЗП для мастера ИТР

$$H_{дзн} = \frac{54}{196} \cdot 100\% = 27,6\%$$

Таблица 6.4.3 – Плановая смета ФОТ слесарей – ремонтников занятых на ремонтах

1 Наименование профессии	Ремонтники, занятые на ТР	Ремонтники, занятые на КР	Итого:
2 Нормативная трудоемкость, чел.часы	3 132	8 008	11 140
3 Средний тарифный разряд	4,4	4,4	4,4
4 Средняя часовая тарифная ставка, руб.	31,91	31,91	
5 Тарифный фонд, руб.	379 857	379 857	
6 За работу во вредных условиях, руб. %	30 389	30 389	
7 За работу в ночное время, руб. 40%	151 943	151 943	
8 Прочие надбавки, руб.			
9 Премияльный фонд, руб. 21%	90 140	90 140	

10 Фонд основной заработной платы, руб.	519	1 018 382	
11 Фонд дополнительной заработной платы, руб.	434 788	435 868	
12 Фонд заработной платы, (по материку) руб.	1 450 648	1 454 250	
13 Районный коэффициент 80%, руб.	1 160 519	1 163 400	
14 Северные надбавки 80%, руб.	1 160 519	1 163 400	
15 Годовой ФОТ, руб.	3 771 686	3 781 050	
16 ЕСН, 30%, руб.	1 131 506	1 134 315	

Таблица 6.4.4 – Плановая смета годового ФОТ дробильщиков

1 Наименование профессии	Дробильщики	Итого:
2 Списочная численность рабочих	9	9
3 Плановый фонд рабочего времени 1 – го рабочего, дни	186	115
4 Плановый фонд рабочего времени персонала, чел · дни	1 488	1 488
5 Средний тарифный разряд	4,4	4,4
6 Средняя часовая тарифная ставка, руб	31,91	31,91
7 Средняя дневная тарифная ставка, руб	255,28	255,28
8 Тарифный фонд	379 857	379 857
9 За работу в ночное время, руб 40%	151 943	151 943
10 За работу во вредных условиях, руб 8%	30 389	30 389
11 Премияльный фонд, руб 40%	90 140	90 140

12 Фонд основной заработной платы, руб	519 379	519 379
13 Фонд дополнительной заработной платы, руб	178 666	178 666
14 Фонд заработной платы (по материку), руб	698 045	698 045
15 Районный коэффициент 80%, руб	558 436	558 436
16 Северные надбавки 80%, руб	558 436	558 436
17 Годовой ФОТ, руб	1 814 917	1 814 917

Отчисления на социальные нужды 29 % 526 326 руб

Таблица 6.4.5 – Смета годового ФОТ ИТР

1 Перечень штатных должностей	Мастер ИТР
2 Количество штатных единиц, чел	1
3 Оклад штатной единицы, руб	7 700
4 Тарифный фонд, руб	50 035
5 Премияльный фонд 21%, руб	10 507
6 Фонд основной заработной платы, руб	60 542
7 Фонд дополнительной заработной платы, руб	16 710
8 Фонд заработной платы (по материку), руб	77 252
9 Районный коэффициент 80%, руб	61 802
10 Северные надбавки 80 %, руб	61 802
11 Годовой ФОТ, руб	200 856

Отчисления на социальные нужды 29 % 58 248 руб

Таблица 6.4.5 Смета затрат на содержание, эксплуатацию и ремонт теплообменника .

Статьи затрат	Сумма (руб.)
1	2
1 Содержание и эксплуатация оборудования, всего, в том числе: 1.1 Амортизация оборудования; 1.2 Затраты на электроэнергию; 1.3 ФОТ плавильщиков; 1.4 Отчисления на социальные нужды 30 %; 1.5 ФОТ мастера по ремонту оборудования 1.6 Отчисления на социальные нужды 30 %; 1.7 Материалы и запасные части; 1.8 Прочие расходы.	4 341 658
2 Затраты на текущий ремонт, всего, в том числе: 2.1 ФОТ слесарей – ремонтников; 2.2 Отчисления на социальное страхование 30 %; 2.3 Материалы и запасные части; 2.4 Прочие расходы.	4 980 244
3 Затраты на капитальный ремонт, всего, в том числе: 3.1 ФОТ слесарей – ремонтников; 3.2 Отчисления на социальное страхование 30 %; 3.3 Материалы и запасные части; 3.4 Прочие расходы. 4 Затраты на охрану труда	5 054 058
Всего по смете:	

Таблица 6.4.6 – Плановая смета на эксплуатацию, текущее содержание и ремонт

Показатели	Ед. изм.	Сумма руб
1	2	3
Балансовая стоимость оборудования	руб	3 082 670
Коэффициент экстенсивного использования оборудования	---	0,83
Годовой объем затрат на текущее содержание, эксплуатацию и текущий ремонт, всего в том числе:	руб	
3.1. амортизация;	руб	206 498,4
3.2. электроэнергия;	руб	366 15,4
3.3. комплектующие и запасные части %;	руб	
3.4. ФОТ персонала с учетом ЕСН %;	руб	
3.5. затраты на охрану труда	руб	
3.6. прочие накладные расходы %.	руб	
Оплата услуг подрядной организации по капитальному ремонту	руб	
Нормативная трудоемкость ремонтов, всего в том числе:	чел.часы	11 140
5.1. текущие	чел · часы	3 132
5.2. капитальные	чел · часы	8 008
Средний квалификационный разряд штатного персонала	—	5,4
Средняя заработная плата одного штатного рабочего	руб	

Коэффициент использования рабочего времени штатного персонала	–	0,7
---------------------------------------------------------------	---	-----

### **Выводы по работе.**

В данной выпускной квалификационной работе произведена модернизация теплообменных устройств с целью снижения энергетических затрат. Основной целью модернизации теплообменных устройств является улучшение технологических параметров аппаратов с целью снижения энергетических затрат, а также в гарантированном повышении их производительности, снижении расхода топлива и увеличении срока службы теплообменных устройств. Достижение этих целей осуществляется за счет максимизации теплообмена, минимизации тепловых потерь, оптимизации распределения температур, скоростей и масс материальных потоков на всех участках теплообменного процесса.

Для решения этих задач в данной квалификационной работе произведено детальное обследование линии теплообмена, а затем, исходя из подробного анализа полученных данных, разработано несколько вариантов комплексной реконструкции, обеспечивающих достижение поставленных целей.

На основании теоретических и экспериментальных исследований получены зависимости, необходимые для расчета основных параметров аппарата применительно к использованию в конкретных химических производственных процессах.

### **Литература.**

1. Каримов И. А. “Жахон молиявий иқтисодий инқирози , Ўзбекистон

шароитида уни бартараф этишнинг йўллари ва чоралари – Т. : “Ўзбекистон” 2009.

2. З. Салимов. Кимёвий технологиянинг асосий жараёнлари ва қурилмалари. Олий укув юртлари талабалари учун дарслик. Т.1. - Тошкент: Ўзбекистон, 1994. -366 б.

3. З. Салимов. Кимёвий технологиянинг асосий жараёнлари ва қурилмалари. Т.2. Модда алмашиниш жараёнлари. Олий укув юртлари учун дарслик. - Тошкент: Ўзбекистон, 1995. -238 б.

4. Юсуфбеков Н.Р., Б.Э. Мухамедов, Ш.М. Гуломов. Технологик жараёнларни бошқариш системалари. - Тошкент: Укитувчи, 1997. -704 б.

5. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. - М.: Химия, 1985. – 448 с.

6. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 2005. – 787 с.

7. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. – М.: Химия, 1991. – 493 с.

8. Н.Б. Варгафтик, Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей, М.; Наука, 1972. – 720 с.

9. Романков П. Г., Фролов В. Ф. и др. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (примеры и задачи). - СПб: Химия, 1993. – 496 с.

10. Справочник химика / Под ред. Б.П. Никольского. Т. 6. – М.-Л.: Химия, 1966. – 642 с.

11. Карпенков А.Ф. Методические указания к курсовому проектированию по курсу «процессы и аппараты химической технологии». Мн.: БТИ, 1980. – 20с.

12. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчёта химико-технологического и природоохранного оборудования: справочник. Т. 2. – Калуга: издательство Н. Бочкарёвой, 2002. – 1028 с.

13. Павлов В.Ф., Павлов С.В. Основы проектирования тепловых установок. М.: «Высшая школа», 1987. – 212 с.