*МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ*

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«Курганский государственный университет»

Кафедра «Энергетика и технология металлов»

**Расчет теплообменного аппарата**

Методические указания

к выполнению курсового проекта

по дисциплине «Тепломассообменное оборудование предприятий»

для бакалавров направления 13.03.01

Курган 2018

Кафедра : « Энергетика и технология металлов»

Дисциплина: «Тепломассообменное оборудование предприятий»

направление 190600.62 (23.03.03).

Составил: канд. техн. наук, доц. В.А. Савельев.

Утверждены на заседании кафедры « *4* »сентября 2018г.

Рекомендованы методическим советом университета

« \_\_ » сентября 2018 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение

1 Цель курсового проектирования……………………………………………. 2.Задание на курсовой проект…………………………………………………..

3 Объем курсового проекта……………………………………………………..

4 Выполнение разделов курсового проекта……………………………………

4.1 Введение……………………………………………………………….......

4.2 Исходные данные 4.3.Принципиальная схема водоподогревательной установки.

4.4. Конструктивные особенности установки

4.5 Расчет пароводяного теплообменника.

4.6 Расчет и подбор охладителя конденсата.………

4.7 Расчет пластинчатого теплообменника

5.Заключение.

6.Список литературы.

.ВВЕДЕНИЕ

Методические указания предназначены для оказания помощи студенту при выполнении курсового проекта по дисциплине «Тепломассообменное оборудование предприятия».

Курсовой проект предусматривает разработку технический проекта водоподогревательной сетевой установки для производственной паровой котельной (определение расходов нагреваемой сетевой воды и греющего пара; определение количества пароводяных подогревателей и их расчет; выбор типоразмера и расчет охладителей конденсата). Расчет пластинчатого теплообменника.

1 ЦЕЛЬ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Целью курсового проектирования является овладение методикой и практическими навыками проектирования, конструирования и модернизации тепломассообменного оборудования для выполнения технического обслуживания, текущего ремонта и диагностирования тепломассообменного оборудования предприятия.

2 ТЕМАТИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Тематика курсового проектирования предусматривает расчет и подбор рекуперативных теплообменных аппаратов

Задание на курсовой проект выдается индивидуально и содержит:

– наименование объекта разработки;

– параметры производительности водогрейной установки, температуру воды и пара на входе и выходе подогревателя; температуру конденсата на входе и выходе охладителя;

3 ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект по типовой тематике состоит из расчетно-пояснительной записки объемом 15-20 страниц и графической части в объеме

двух листов формата A1 или одного.

Порядок расположения материала в расчетно-пояснительной записке ти-

пового проекта следующий:

Титульный лист.

Задание на курсовой проект.

Содержание.

Введение.

**1.Расчет сетевой водоподогревательной установки** 4

1.1.Исходные данные

1.2.Принципиальная схема установки

1.2.Конструктивные особенности установки 4

1.2.Расчет пароводяного теплообменника 5

1.3.Расчет и подбор охладителя конденсата 9

**2.Расчет пластинчатого теплообменника** 13

2.1.Конструктивные особенности пластинчатых теплообменников 13

2.2.Расчет пластинчатого теплообменника 13

**Заключение** 19

Использованная литература 20

Графическая часть типового проекта включает в себя:

Общий вид выбранного в соответствии с расчетом теплообменного аппарата с необходимыми разрезами, с основными и дополнительными видами. Чертеж должен давать полное представление о конструкции теплообменника (входные и выходные патрубки для горячего и холодного теплоносителя, их расположение на корпусе теплообменника, их диаметры; чертеж трубной доски с размещенными на ней отверстиями для труб в соответствии с выбранным в ходе решения способом расположения отверстий; габаритные и присоединительные размеры теплообменника; опоры теплообменника с необходимыми размерами и пр.)

**Пример расчета водонагревателя**.

**Исходные данные**

В данном курсовом проекте требуется сделать расчет и подбор пароводяного подогревателя, исходя из следующих данных:

* Производительность установки *QВПСУ* = 11 ГДж/ч
* Максимальная температура пара *tпар*= 121 0С
* Максимальная температура воды на выходе из пароводяного подогревателя

*tн2* = 111 0С

* Максимальная температура конденсата на входе в охладитель конденсата

*tг1* = 121 0С

* Максимальная температура конденсата на выходе из охладителя конденсата

*tг2* = 950С

* Температура нагреваемой воды на входе в водоподогревательную установку

*tн1* = 700С

По заданию сетевая водоподогревательная установка состоит из двух блоков, в состав которых входят пароводяной теплообменник и охладитель пара.

**Принципиальная схема сетевой водоподогревательной установки**

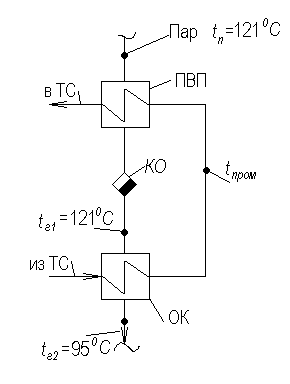


Рис.1 Принципиальная схема сетевой водоподогревательной установки

ПВП – пароводяной подогреватель;

ОК – охладитель конденсата;

КО – конденсатоотводчик.

**Конструктивные особенности установки**

В различных отраслях промышленности, на транспорте, в энергетических установках и в специальных установках новой техники применяется огромное количество разнообразных теплообменных аппаратов. Наиболее широкое распространение получили кожухотрубные теплообменники в настоящее время, которые являются не только индивидуальными аппаратами, но и элементами различных теплообменных (выпарных, ректификационных, холодильных) установках. Диапазон рабочих температур и давлений данных теплообменников широк. Теплопередающая поверхность аппаратов может составлять от нескольких сотен квадратных сантиметров до нескольких тысяч квадратных метров. Трубчатые элементы представляют собой прямые или изогнутые трубы наружным диаметром dнар=12÷57 мм. Площадь проходного сечения труб в два, три раза меньше площади сечения межтрубного пространства. Для увеличения скорости теплоносителя и повышения эффективности теплообмена в межтрубном пространстве устанавливают перегородки двух видов: опор - полок (при проектировании теплообменника по ОСТ) и опор - сегментов (по ГОСТ). В кожухотрубных секционных теплообменниках такие перегородки применяются также для удаления прогиба трубок. Наиболее часто применяются латунные трубки внутренним диаметром *dвн*=14мм гладкие или профилированные, которые обеспечивают турбулизацию потока, что ведет к увеличению коэффициента теплоотдачи.

В зависимости от теплоносителя водоподготовительные установки делятся на водоводяные и пароводяные теплообменники.

В пароводяных теплообменниках нагреваемой средой является вода, а греющей – пар, который конденсируется в межтрубном пространстве. Температура пара обычно принимается 120-150 0С. Конденсат с аналогичной температурой поступает в охладитель конденсат, который представляет собой водоводяной теплообменник. При равных расходах теплоносителей с одинаковыми фазовыми состояниями коэффициент теплоотдачи на поверхности межтрубного пространства невысок, что снижает общий коэффициент теплопередачи в аппарате. Теплообменники с поперечным током отличается повышенным коэффициентом теплопередачи на наружной поверхности труб вследствие того, что теплоноситель движется поперек трубного пучка и имеет относительно повышенную скорость. Таким же преимуществом обладают теплообменники с противотоком.

В пароводяных теплообменниках разность температур стенок корпуса и труб бывает значительной. Рабочая длина труб в аппарате принимается равно 1м и 4м. Последняя рекомендуется с производительностью до 300м2.

**Расчет пароводяного теплообменника**

Производим расчет одного блока, производительность которого определяется по формуле: , (1.1)

где *QВПСУ* – производительность установок, ГДж/ч;

Расход нагреваемой воды *G2* находим по формуле:

, (1.2)

где *Qбл* – теплопроизводительность блока, ГДж/ч;

*c* – теплоемкость, кДж/кг0С;

*tн1, tн2* – температура воды на входе и выходе из подогревателя.

Теплопроизводительность пароводяного подогревателя *QПВП* определяется по формуле:

, (1.3)

где *Qбл* – теплопроизводительность блока, ГДж/ч;

*r* – удельная теплота парообразования, *r*=525,4 ккал/кг;

*tпар* – температура пара, 0С;

*tг2* – температура конденсата на выходе из охладителя конденсата, 0С.

Расход пара *G1* определяется по формуле:

 (1.4)

Теплопроизводительность охладителя конденсата *Qок* определяем по уравнению:

, (1.5)

где *Qбл* – теплопроизводительность блока, ГДж/ч;

*QПВП* – теплопроизводительность подогревателя, ГДж/ч;

Температура нагреваемой воды в точке между охладителем конденсата и пароводяным подогревателем *tпром* определяется по формуле:

, (1.6)

где *tн1* – температура нагреваемой воды на входе в водоподогреватель, 0С;

*G2* - расход нагреваемой воды, т/ч;

*Qок* – теплопроизводительность охладителя конденсата, ГДж/ч;

*c* – теплоёмкость, кДж/кг0С;

Выбор типоразмера пароводяного подогревателя производим по расчётной площади сечения трубок, определяемой из формулы расхода воды:

, (1.7)

где *G2* - расход нагреваемой воды, т/ч;

*ω*2 – скорость нагреваемой воды, м/c;

*ρ*2 – плотность нагреваемой воды, кг/м3;

Плотность определяется с использованием выражения:

, (1.8)

где  - средняя температура воды, 0С.

 (1.9)



Из формулы (1.7) выражаем , принимая скорость нагреваемой воды *ω*2 = 1 м/с



По таблице технических характеристик горизонтальных пароводяных подогревателей по ОСТ 108.271.105 – 76 выбираем подогреватель ПП1 – 32– 7 – IV со следующими характеристиками:

1. Диаметр корпуса *Dкорп* = 530 мм;
2. Число ходов *z* = 4;
3. Длина трубок *L* = 3000 мм;
4. Число трубок *Nтруб* = 232;
5. Площадь нагрева *Fнагр* = 32,0 м2;
6. Площадь трубок  = 0,0090 м2;
7. Площадь межтрубного пространства  = 0,162 м2.

Используя табличные значения выполним пересчет скорости воды из формулы (1.7), м/c:



Находим коэффициент теплопередачи при турбулентном движении воды внутри трубок:

, (1.10)

где *ω*2 – скорость нагреваемой воды, м/c;

 - средняя температура воды, 0С,

*dвн* – внутренний диаметр трубок, м.

Коэффициент теплоотдачи от пара к стенке определяется по формуле:

, (1.11)

где *tпл* – температура пленки, 0С, определяем по уравнению

,

где *tпар* – температура пара, 0С;

*tст* – температура стенки, определяемая по формуле:

,

где *tнас* – температура насыщенного пара, 0С;

 - температурный напор, 0С, определяемый:



где  и  определяем по температурному графику







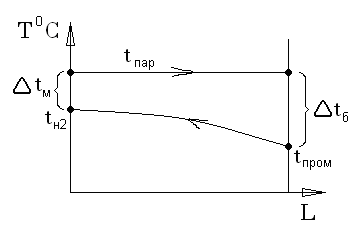


Рис. 2 График температур





Подставляя полученные данные в формулу (1.11), найдем коэффициент теплоотдачи от пара к стенке



Расчетный коэффициент теплопередачи определяется по формуле для плоской стенки:

, (1.12)

где *α*1, *α*2 – коэффициенты теплоотдачи от пара к стенке и от стенке к нагреваемой воде, ;

*δст*, *δнак* – толщина стенки и толщина слоя накипи, м;

*λст,* *λнак* – коэффициенты теплопроводности для стенок труб и накипи, .



Уточненное значение температуры стенок трубок



Поскольку уточненное значение  мало отличается от принятого для предварительного расчета, то пересчета величины коэффициента теплоотдачи от пара к стенке не производим.

Расчетная поверхность нагрева определяется по формуле, м2:

 , (1.13)

где *QПВП* – теплопроизводительность подогревателя, ГДж/ч;

*k* – коэффициент теплопередачи, ;

*Δt* – температурный напор, 0С.

Тогда расчетная площадь нагрева равна:



Так как расчетная площадь нагрева меньше площади нагрева теплообменника, значит подбор теплообменника сделан верно с запасом по нагреваемой поверхности.

Далее находим расход пара, т/ч: , (1.14)

где  и  - энтальпия пара и воды при температуре 1210С;



Определяем гидравлические потери в подогревателе по формуле:

, (1.15)

где *l* – длина трубок, м;

*z* – число ходов;

 - скорость нагреваемой воды, м/с;

 - плотность нагреваемой воды, кг/м3;

 - коэффициент гидравлического трения, определяемый как:

, (1.16)

где  - коэффициент эквивалентной шероховатости внутренней поверхности трубы  

 - сумма местных сопротивлений, определяемая 

Подставим значения в формулу (1.15) и определим потери давления:



Для проверки правильности расчетов определим гидравлические потери в зависимости от коэффициента загрязнения 

 , (1.17)

где *l* – длина трубок, м;

*z* – число ходов;

 - скорость нагреваемой воды, м/с;

 - коэффициент загрязнения.



Эта формула показывает, что из-за загрязнения, образующегося на стенках труб, потери давления возрастают в 2,2 раза.

**Расчет и подбор охладителя конденсата**

Охладитель конденсата представляет собой водоводяной теплообменник. В качестве греющей среды используется конденсат с температурой на входе в теплообменник *tг1* = 1210С и температурой на выходе из охладителя конденсата *tг2* = 950С. Подбор и расчет охладителя конденсата проводится аналогично подбору и расчету пароводяного теплообменника, производится по площади сечения трубок, принимая скорость нагреваемой воды *ω*2 = 1 м/с.

Плотность рассчитывается по формуле (1.8). Здесь средняя температура  определяется: 

Тогда найдем плотность нагреваемой воды



Расход нагреваемой воды остается постоянным, определим расчетную поверхность труб: 

По таблице технических характеристик водоводяных подогревателей по ОСТ 34588-68 принимаем теплообменник №12, который имеет следующие конструктивные характеристики

1. Диаметр корпуса *Dкорп* = 219/207 мм;

2. Длина трубок *L* = 3000 мм;

1. Число трубок *Nтруб* = 64;
2. Площадь нагрева *Fсекц* = 12,00 м2;
3. Площадь сечения трубок  = 0,00985 м2;
4. Площадь межтрубного пространства  = 0,02079 м2;
5. Эквивалентный диаметр *Dэкв* = 0,0215 м;
6. Коэффициент *Вмт* = 10.

Действительная скорость нагреваемой воды определяется по формуле:



Определим по аналогичной зависимости скорость конденсата в межтрубном пространстве: , (1.18)

где *G*1 – расход конденсата, т/ч;

 - площадь межтрубного пространства, м2;

*ρ*1 – плотность конденсата, кг/м3, определяется по формуле:

, (1.19)

где  - средняя температура конденсата, 0С;



Подставляя значение средней температуры, определим плотность по (1.19):



Далее определим скорость конденсата:



Зная скорость конденсата и коэффициент, учитывающий конструкцию опор в межтрубном пространстве *φ* = 0,9 (опоры-полки) определяем коэффициент теплоотдачи от конденсата к стенке трубок *α*1, , по формуле:



Коэффициент теплоотдачи нагреваемой воды определяется, с учетом *φ2* = 1 (учитывает вид трубок, применяются гладкие):



Определяем коэффициент теплопередачи аналогично как при расчете пароводяного подогревателя:



Площадь поверхности нагрева определяется по формуле

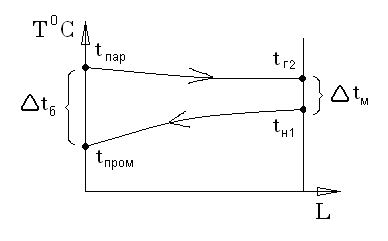
, (1.20)

*Δtок* – температурный напор, 0С, определяемый:







Рис. 3 График температур



Расчетная площадь нагрева определяется:



Находим число секций подогревателя длиной 4м (ИЛИ 3 м) по формуле:

, (1.21)

где *Fрасч* – расчетная площадь поверхности нагрева, м2;

 - площадь поверхности нагрева одной секции, м2.



Устанавливаем одну секцию длиной 4 м.

Определим потери давления в охладителе конденсата Δ*pк* нагреваемой среды, исходя из формулы:

, (1.22)

где  - скорость нагреваемой воды, м/с;

*nсекц* – приведенное количество секций;

*ψ* – коэффициент, учитывающий накипеобразование;

*B2* – потери давления в одной секции четырехметрового подогревателя, *B2* = 7,5 кПа



Потери давления в межтрубном пространстве теплообменника определяются по формуле: , (1.23)

где  - скорость греющей воды, м/с;

*nсекц* – приведенное количество секций;

*B1* – потери давления в межтрубном пространстве, *B1* = 10 кПа



**Расчет пластинчатого теплообменника.**

В настоящее время разработано большое число теплообменников, поверхность теплообмена которых выполнена из листовой стали гофрированных пластин. Эти теплообменники очень компактны и по технико-экономическим, и эксплуатационным показателям превосходят лучшие теплообменники изготовленные из труб.

**Конструктивные особенности пластинчатых теплообменников**

Пластинчатые теплообменные аппараты (рекуператоры) используются с целью передачи тепла к холодной среде от горячей через теплопередающую поверхность, имеющую сложную форму, за счет которой поток рабочей среды подвергается искусственной турбулизации, при сравнительно малых затратах энергии поверхность теплообмена образована из набора тонких штампованных пластин с гофрированной поверхностью, для изготовления которых применяют коррозийно-стойкие материалы (титан, хромоникелевые стали и сплавы). Каждая пластина в работающем аппарате омывается двумя рабочими средами: с одной стороны – охлаждаемой, а с другой – нагреваемой. В результате между средами происходит теплообмен. Среды, протекающие поперек гофров, турбулируются, что способствует интенсификации теплообмена. Для сохранения герметичности и выдержки в аппарате разности давлений по обе стороны пластины предусмотрены точки опор гофр.

Пакетом является группа пластин, образующих каналы, по которым среда движется только в одном направлении. Один или несколько пакетов, сжатых между неподвижной и подвижной плитами, образуют секцию.

Пластинчатые теплообменники можно применять для рекуперации тепла между потоками рабочих сред в охладителях, подогревателях, конденсаторах.

При отложении загрязнений на теплопередающих поверхностях можно периодически переключать каналы на такие рабочие среды, которые очищают поверхности от загрязнений, которые поддаются химической промывке.

Существуют два вида теплообменников: разборные и неразборные.

При первых для герметичности пластин используют резиновую прокладку. Используются в тех случаях, если теплоноситель выделяет накипь при нагревании. У неразборных теплообменников уплотнения достигаются за счет спайки пластин. При сборке пакета пластины повернуть одна относительно другой на 180°, причем все резиновые прокладки обращены в сторону подвижной плиты. Углы пластин имеют отверстия для прохода рабочих сред.

При компоновке пластинчатых теплообменников могут быть использованы два вида пластин: типа Н и типа L. Первые характеризуются высокойстепенью гофрировки, высоким коэффициентом теплоотдачи и теплопередачи, высоким гидравлическим сопротивлением. Угол гофра составляет 120°. Пластины типа L характеризуются низкой степенью гофрировки, низкой степенью турбулизации потока небольшим сопротивлением. Угол гофра составляет 60°. Также существует третий вид теплообменников М, когда пластины H и L чередуются.

Расчет пластинчатого теплообменника

В данном курсовом проекте производим расчет пластинчатого теплообменника при следующих исходных данных:

1. Максимальная производительность теплообменника 

2. Температура нагреваемой воды на входе в теплообменник ;

3. Температура нагреваемой воды на выходе из теплообменника ;

4. Температура греющей воды на входе в теплообменник ;

5. Температура греющей воды на выходе из теплообменника .

Требования: располагаемые потери давления по ходу греющей и нагреваемой воды не должны превышать 20-60 кПа.

Расчет теплообменника начинаем с определения расходов греющей и нагреваемой среды по уравнению теплового баланса:

, (2.1)

, (2.2)

где  - максимальное количество теплоты, выделяемое на горячее водоснабжение, ;

*с* – теплоемкость, с=4,19 кДж/(кг\*К)

 и  - соответственно температуры греющей среды на входе и выходе из теплообменника, ;

 и  - соответственно температуры нагреваемой среды на входе и выходе из теплообменника, ;

 - коэффициент, учитывающий теплопотери от корпуса ТО и от поверхности пластин в окружающую среду.





Определяем температурный напор в теплообменном аппарате: по формуле:

, (2.3)

где  - разность температур сред на выходе из теплообменника, ;

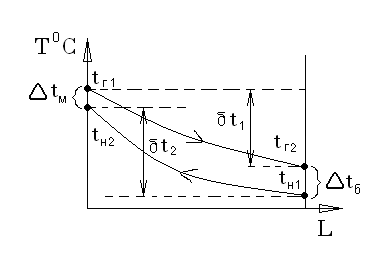
 - разность температур сред на входе в теплообменник, .

 и  определяем по рис. 4 (график температур)







Рис.4. График температур

Температурный перепад будет равен:





Определим средние температуры греющего и нагреваемого теплоносителя:

  (2.4)





Плотность нагреваемой и греющей воды, , находим по формуле:

 (2.5)





https://dokipedia.ru/document/5137697

Характеристики теплообменника М10-BFG:

* максимальное число пластин 275 шт:
* высота теплообменника 981 мм;
* эквивалентный диаметр канала 4,93 мм;
* поверхность нагрева пластины 0,24 м2;
* площадь живого сечения канала 0,000835 м2;
* диаметр патрубков () 110/100 мм;
* коэффициент С в зависимости от типа каналов:

0,2347 (H) 0,1666 (M) 0,1112 (L)

* коэффициент В в зависимости от типа каналов:

11,55 (H) 8,20 (M) 5,47 (L)

* коэффициент Вk в зависимости от типа каналов:

249 (H) 89,3 (M) 51,9 (L)

* коэффициент Вп 0,6

Примем число ходов, равным 4.

Определяем скорости движения нагреваемого и греющего теплоносителя:

, (2.6)

где - расход греющей или нагреваемой среды, т/ч;

 - плотность нагреваемой и греющей воды, ;

 - площадь живого сечения патрубка, м2







Определим потери напора в патрубках:

, (2.7)

где Вп – коэффициент, учитывающий потери напора в зависимости от типа подогревателя, кПа.





Определяем максимально возможные потери напора в каналах:

, (2.8)

где  - располагаемые потери давления по ходу теплоносителя, в расчетах принимаем верхний предел, равный 60 кПа





Далее определяем ориентировочную скорость нагреваемой воды в каналах:

 (2.9)

где х – число ходов;

Вк – коэффициент, учитывающий потери напора в каналах, зависит от конструктивных особенностей подогревателя, кПа.



Определим число каналов по нагреваемой воде:

, (2.10)

где  - площадь живого сечения канала, м2



Принимаем к установке 17 штук.

Уточняем скорости движения воды:

 (2.11)





Теперь можно найти коэффициент теплоотдачи теплопередачи:

 (2.12)

где *α*1, *α*2 – коэффициенты теплоотдачи от греющего теплоносителя к стенке и от стенки к нагреваемой воде, ;

*δст*, *δнак* – толщина стенки и толщина слоя накипи, м;

*λст,* *λнак* – коэффициенты теплопроводности для стенок труб и накипи, .

, (2.13)

где В – коэффициент, зависящий от типа теплообменного аппарата.

а) теплоотдача от греющего теплоносителя к стенкам пластин:



б) теплоотдача от стенок пластин к нагреваемому теплоносителю:









Определяем площадь нагрева:



Определим количество пластин:

, (2.14)

где  - площадь нагрева одной пластины, м2



Принимаем к установке 174 пластины.

Уточняем потери напора:

 (2.15)

 (2.16)









Полные потери давления удовлетворяют условию максимально допустимого значения потерь давления  , поэтому подбор числа пакетов и количества каналов осуществлен верно.

**Заключение**

Тепловые расчеты теплообменников разделяются на проектные и поверочные.

Проектные (конструктивные) тепловые расчеты выполняются при проектировании новых аппаратов для определения необходимой поверхности нагрева.

Поверочные тепловые расчеты выполняют в том случае, если известна поверхность нагрева теплообменника и требуется определить количество переданной теплоты и конечные температуры теплоносителей.

В данном курсовом проекте был произведен расчет водоподогревательной сетевой установки, определены расходы нагреваемой сетевой воды и греющего теплоносителя (будь это пар или вода), определены потери давления. Итогом расчета пластинчатого теплообменника М 10-BFG/L фирмы «Альфа Лаваль» стал подбор числа пакетов и количества каналов.

Были подобраны:

- пароводяной подогреватель ПП 1-32-7 IV (по ОСТ 108.271.105-76)

- охладитель конденсата теплообменник N 12 (по ОСТ 34588-68)

# Таблица выбора данных к расчету водоподогревателя.

# (исходные данные выбираются из таблицы по последней и предпоследней цифре зачётной книжки студента).

Таблица

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Последняя цифра шифра | Тем –ра воды  В нагреват. | | Тем-ра конд.  в охладит. | | Предпоследняя цифра шифра | Произв.  устан.Q  ГДж/ч | Макс.  Темп. пара  ˚С |
| Вход  нагр.  ˚С | Выход  нагр.  ˚С | Вход  ˚С | Выход  ˚С |
| 0 | 70 | 111 | 121 | 95 | 0 | 11 | 121 |
| 1 | 73 | 110 | 120 | 80 | 1 | 12 | 120 |
| 2 | 72 | 115 | 122 | 90 | 2 | 10 | 122 |
| 3 | 75 | 112 | 125 | 110 | 3 | 13 | 125 |
| 4 | 70 | 110 | 120 | 90 | 4 | 11 | 120 |
| 5 | 75 | 113 | 123 | 95 | 5 | 12 | 123 |
| 6 | 70 | 110 | 125 | 87 | 6 | 13 | 125 |
| 7 | 78 | 110 | 125 | 95 | 7 | 14 | 125 |
| 8 | 70 | 115 | 130 | 100 | 8 | 15 | 130 |
| 9 | 72 | 108 | 122 | 97 | 9 | 11 | 122 |

**Список использованной литературы**

1. СП 41-101-95 Проектирование тепловых пунктов.
2. Бакластов А. М. и др. Проектирование, монтаж и эксплуатация тепломассообменных установок: Учеб.пособие для вузов. – М.: Энергоиздат, 1981. – 336 с.
3. Зингер Н. М. и др. Пластинчатые теплообменники в системах теплоснабжения. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 78 с.
4. Манюк В. И. и др. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: Справочник. – М.: Стройиздат, 1988. – 432 с.

Савельев Виктор Андреевич

**Расчет теплообменного аппарата**

Методические указания

к выполнению курсового проекта

по дисциплине «Тепломассообменное оборудование предприятий»

для бакалавров направления 190600.62 (23.03.03)

Редактор

***\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_***

Подписано в печать Формат 60х84 1/16 Бумага тип. 65 гр м.2

Печать цифроваяУсл.печ.л. 1,25 Уч.-изд. л.

Заказ Тираж 50 не для продажи

РИЦ Курганского государственного университета.

640000, г. Курган, ул. Советская, 63/4.

Курганский государственный университет.