**Бугульминский филиал**

**федерального государственного бюджетного образовательного учреждения**

**высшего образования**

**Казанский национальный исследовательский технологический университет**

**И.А. Мутугуллина**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

**по дисциплине**

**«МАШИНЫ И АППАРАТЫ НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБОТКИ»**

**для студентов направления подготовки 15.03.02**

**Бугульма, 2021**

**Требования к оформлению контрольной работы**

Каждое контрольное задание оформляется отдельно в тетради или на листах формата А4 в виде расчетно-пояснительной записки с титульным листом (обложкой), приведенным на сайте филиала Вариант контрольных заданий определяется по двум последним цифрам шифра (номера зачетной книжки). Если последние две цифры зачетной книжки больше 50, то вариант определяется суммой этих цифр. Определив свой вариант, студент по таблице устанавливает, какие вопросы и задачи ему следует выполнить в контрольном задании.

При ответах на контрольное задание студент техническим языком и в логической последовательности должен изложить основную суть вопроса и правильно оформить работу.

Все иллюстрации (схемы технологические, гидравлические, эскизы, графики и т.д.) называются рисунками и в пределах контрольной работы нумеруются арабскими цифрами. Рисунки помещают сразу же после первого упоминания о них в тексте. Ссылки на иллюстрации в тексте осуществляются по типу: «рис. 3», а ссылки на ранее упомянутые иллюстрации даются в сокращении, например: «см. рис. 3». Иллюстрации должны иметь название (подрисуночный текст). Эскиз или схему допускается вычерчивать в произвольном масштабе, обеспечивая четкое представление об объекте. Цифровой материал оформляется в виде таблиц по указанию ГОСТ 2.105-95.

В контрольной работе формулы нумеруют в пределах каждого раздела арабскими цифрами. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделенной точкой. Номер ставят в круглых скобках с правой стороны формулы. Значения переменных величин приводят непосредственно под формулой в той последовательности, в какой они даны в формуле, например:

«Скорость движения охлаждающей воды в трубном пространстве W, м/с определяется по выражению [6, с. 102]:

W=Q/(ρ·s), (1.1)

где Q=0,542 кг/с - расход охлаждающей воды; ρ=998 кг/м3- плотность охлаждающей воды [4, с.152]; s=0,0142 м2 - расчетная площадь сечения трубного пространства.».

Размерности одних и тех же параметров в расчетах должны быть выдержаны в одной системе единиц. Единицы физических величин принимают по ГОСТ 8.417-81. Условные буквенные обозначения математических, физических, механических и других величин, а также условные графические обозначения должны соответствовать установленным стандартам. При первом упоминании той или иной величины в тексте дается ее разъяснение.

Порядок изложения расчетов определяется характером рассчи­тываемых величин. Расчеты должны содержать эскиз или схему рас­считываемого элемента с указанием потоков, тепловых и гидравлических режимов, силовых нагрузок и т.п. и конструктивных размеров, сформулированную задачу расчета, принятые допущения и упрощения с их обоснованием, выбранную расчетную методику с указанием ссылки на литературный источник, сам расчет и выводы, полученные по его результатам

Расчеты, выполненные на компьютере с предварительным составлением программы счета, оформляются в соответствии с общими требованиями. При этом излагается методика (алгоритм) расчета, приводятся исходные данные, а также таблица идентификаторов (обозначений) всех рассчитываемых величин. Распечатка программ приводится непосредственно на страницах работы, либо наклеивается на листы.

При многократном использовании одних и тех же методик и программ расчетов все пояснения к ним излагаются только в первом расчете, а в остальных случаях даются ссылки на соответствующие страницы контрольной работы.

Ссылки на литературу отмечаются записью в квадратных скобках, например «[8, с. 10]», где первое число указывает номер источника в списке использованной литературы, далее следует страница или интервал страниц, на которые дается ссылка.

К контрольной работе предъявляются следующие требования:

* задание должно быть выполнено полностью и аккуратно оформлено;
* все страницы расчетно-пояснительной записки должны быть пронумерованы;
* на каждой странице с правой стороны необходимо оставлять поля не менее 25-30 мм для замечаний рецензента;
* рисунки, схемы и эскизы выполняются с использованием чертежных принадлежностей четко и аккуратно;
* титульный лист задания выполняется по форме, приведенной на сайте филиала: на первой странице обязательно указывается шифр (номер зачетной книжки), вариант задания и его содержание, а в конце - список использованной литературы;
* контрольную работу необходимо подписать и указать дату ее выполнения;
* работы, оформленные с нарушением вышеуказанных требований, на рецензирование не принимаются.

Сроки выполнения контрольных работ устанавливаются учебным графиком. В случае отрицательной рецензии студент должен исправить все ошибки, дать исчерпывающие письменные ответы и направить работу на повторное рецензирование. Исправления отдельно от работы не рассматриваются.

При оформлении работ предпочтительнее использовать основные единицы СИ, а при решении задач необходимо изобразить схему устройства, обозначить на ней все размеры и величины, отметить стрелками направления движения потоков и разобраться в условиях работы. Подставить в расчетные уравнения числовые значения, проверить правильность подстановки и выполнить вычисления. Ответ желательно подвергнуть критике на предмет соответствия полученного результата практическим условиям работы или сопоставить результат с результатами аналогично решенных подобных задач.

Рекомендуется решать задачи в общем виде и исследовать результаты путем выяснения влияния различных факторов, входящих в условие задачи. Студент-заочник должен иметь навыки работы с основными справочниками, учебниками, учебными пособиями и методическими указаниями. Одной из главных задач контрольного задания является выработка навыков к ведению инженерно-технических расчетов с точностью ±5%. Применение инженерных калькуляторов является обязательным, а персональных компьютеров - желательным. При оформлении работы требуется отчетливое и грамотное (без орфографических ошибок) изложение, систематизированный ход вычислений и аккуратный разборчивый текст.

Оформление списка литературы (библиографии) производится по тре­бованию ГОСТ 7.1-84 как указано в разделе «Литература».

Студенты, применяющие в своей профессиональной деятельности компьютер и компьютерные технологии: текстовый редактор Word, табличный Excel или им подобные и графические редакторы AutoCAD или Компас могут представлять распечатанный вариант контрольного задания. В этом случае к нему прикладывается электронная копия, записанная на CD-диске. А при защите контрольного задания или исправлении допущенных ошибок студент демонстрирует свои знания и умения работы в соответствующих редакторах преподавателю за компьютером!

**Номера вопросов и задач к контрольному заданию**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№ варианта**  | **№ вопросов** | **№ задачи** |
| 1 | 1.1, 1.51 | 1 |
| 2 | 1.2, 1.52 | 2 |
| 3 | 1.3, 1.53 | 3 |
| 4 | 1.4, 1.54 | 4 |
| 5 | 1.5, 1.55 | 5 |
| 6 | 1.6, 1.56 | 6 |
| 7 | 1.7, 1.57 | 7 |
| 8 | 1.8, 1.58 | 8 |
| 9 | 1.9, 1.59 | 9 |
| 10 | 1.10, 1.60 | 10 |
| 11 | 1.11, 1.61 | 11 |
| 12 | 1.12, 1.62 | 12 |
| 13 | 1.13, 1.63 | 13 |
| 14 | 1.14, 1.64 | 14 |
| 15 | 1.15, 1.65 | 15 |
| 16 | 1.16, 1.66 | 16 |
| 17 | 1.17, 1.67 | 17 |
| 18 | 1.18, 1.68 | 18 |
| 19 | 1.19, 1.69 | 19 |
| 20 | 1.20, 1.70 | 20 |
| 21 | 1.21, 1.71 | 21 |
| 22 | 1.22, 1.72 | 22 |
| 23 | 1.23, 1.73 | 23 |
| 24 | 1.24, 1.74 | 24 |
| 25 | 1.25, 1.75 | 25 |
| 26 | 1.26, 1.76 | 26 |
| 27 | 1.27, 1.77 | 27 |
| 28 | 1.28, 1.78 | 28 |
| 29 | 1.29, 1.79 | 29 |
| 30 | 1.30, 1.80 | 30 |
| 31 | 1.31, 1.81 | 31 |
| 32 | 1.32, 1.82 | 32 |
| 33 | 1.33, 1.83 | 33 |
| 34 | 1.34, 1.84 | 34 |
| 35 | 1.35, 1.85 | 35 |
| 36 | 1.36, 1.86 | 36 |
| 37 | 1.37, 1.87 | 37 |
| 38 | 1.38, 1.88 | 38 |
| 39 | 1.39, 1.89 | 39 |
| 40 | 1.40, 1.90 | 40 |
| 41 | 1.41, 1.91 | 41 |
| 42 | 1.42, 1.92 | 42 |
| 43 | 1.43, 1.93 | 4 |
| 44 | 1.44, 1.94 | 44 |
| 45 | 1.45, 1.95 | 45 |
| 46 | 1.46, 1.96 | 46 |
| 47 | 1.47, 1.97 | 47 |
| 48 | 1.48, 1.98 | 48 |
| 49 | 1.49, 1.99 | 49 |
| 50 | 1.50, 1.100 | 50 |

**Вопросы к контрольному заданию**

**по разделу «Теплообменные аппараты»**

1. Теплообменник 1000 ТНГ-10-М8-0/20-6-2 гр. А. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, крепления распределительной камеры с трубной решеткой и кожухом, соединения труб с решеткой и схемы размещения труб в обеих решетках и установки поперечных перего­родок.
2. Холодильник 800 ХНВ-40-М10-0/25-6-4 гр. Б. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления поперечных перего­родок в трубном пучке; крепления кожуха, трубной решетки и рас­пределительной камеры между собой; схему размещения труб в ре­шетках и схему движения теплоносителей.
3. Конденсатор 600 ККВ-16-МЗ-0/20-4-4 гр. Б. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, крепления распределительной камеры с трубной решеткой и кожухом, компенсаторов и способов их крепле­ния и схему установки поперечных перегородок типа «диск-кольцо».
4. Испаритель 600 ИНВ-1-6-10-М8-0/4 гр. А. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления поперечных перего­родок в трубном пучке; крепления кожуха, трубной решетки и рас­пределительной камеры между собой; схему размещения труб в обеих решетках.
5. Теплообменник 530 ТПВ-16-М4-0/25-3-2 гр. А Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, крепления крышки плавающей головки к трубной решетке с помощью фланцевой скобы, эскизы этой скобы в двух проекциях и схему размещения труб в обеих решетках.
6. Холодильник 630 ХПГ-25-М1-0/20-6-К-2 гр. Б. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, крепления неподвижной решетки к ко- жуху, соединения плавающей решетки с крышкой и схемы размеще­ния труб в обеих решетках и поперечных перегородок типа «диск- кольцо».
7. Конденсатор 1400 КПГ-25-М12-6-2 гр. А. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, крепления неподвижной решетки к ко- жуху, соединения плавающей решетки с крышкой и схемы размеще­ния труб в обеих решетках и различных видов поперечных перегоро­док.
8. Теплообменник 1200 ТУ-16-М12-0/20-6-К гр. Б. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, крепления распределительной камеры с трубной решеткой и кожухом, уплотнения продольной перегородки к решетке, сегментных поперечных перегородок.
9. Испаритель 2600 ИУ-11-10-М4-2 гр. А. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, крепления трубных пучков с корпусом, уплотнения трубной решетки с корпусом аппарата.
10. Испаритель 800 ИП-1-16-М4-0 гр. Б. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, крепления трубного пучка с корпусом, уплотнения трубной решетки с корпусом аппарата.
11. Теплообменник ТТ 114.001.102. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, узлов крепления колен с трубами и уплотнения кольцевого зазора между трубами.
12. Теплообменник ТТ 114.002.321. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, узлов крепления колен с трубами и уплотнения кольцевого зазора между трубами.
13. Аппарат 1АВГ. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, теплообменной секции с трубами длиной 8 м, схему расположения секций.
14. Аппарат 1АВЗ. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, теплообменной секции и схему расположения труб.
15. Теплообменник ТПР 0,6-16-1-01-10, Сх. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, элементов крепления и сжатия пластин и прокладок; схему компоновки пластин.
16. Теплообменник ТПР (0.6-4)-8( 1-2-06-10. Сх. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, элементов крепления и сжатия пластин и прокладок; схему компоновки пластин.
17. Теплообменник ТПР 1,1-300-3-0,2-11, Сх  II. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, элементов крепления и сжатия пластин и прокладок; схему компоновки пластин.
18. Теплообменник ТС 1-2-16-10-2. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, узлов крепления крышек к корпусу и схе­му движения теплоносителей.
19. Теплообменник ТС 3-50-6-2. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, схему движения теплоносителей.
20. Теплообменник ТС 2-3-20-8-1. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, узлов крепления крышек к корпусу и схе­му движения теплоносителей.
21. Теплообменник П4-2Н-02. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата, узел подсоединения трубных решеток к корпусу аппарата.
22. Теплообменник П6,3-ЗН-01. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, узел крепления и уплотнения трубного пучка с решеткой к корпусу аппарата.
23. Теплообменник П40-6Н-01. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, узел подсоединения трубных решеток к корпусу аппарата.
24. Теплообменник К16-ЗН-01. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, узел крепления трубных решеток с корпусом аппарата и схему движения агрессивных сред.
25. Теплообменник 325 ТНГ-16-М1-0/20-2-2 гр. Б. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, крепления распределительной камеры с решеткой и кожу хом, соединения труб с решеткой и схемы разме­щения труб в обеих решетках и установки перегородок.
26. Холодильник 159 ХНГ-16-М1-0/20-3 гр. Б. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления поперечных перего­родок в трубном пучке; крепления кожуха с трубной решеткой и распределительной камеры между собой; схему размещения труб в обеих решетках.
27. Конденсатор 1400 КНВ-6-М12-0/25-6-2 гр. А. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления распределительной камеры с решеткой и кожухом, схему установки поперечных перего­родок типа «диск - кольцо».
28. Испаритель 1000 ИКВ-1-6-М8-0/4 гр. Б. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления поперечных перего­родок в трубном пучке, крепления кожуха с трубной решеткой и рас­пределительной камеры между собой, виды компенсаторов и способы их крепления.
29. Теплообменник ТТ 114.001.101. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, узлов крепления колен с трубами и уплот­нения кольцевого зазора между трубами.
30. Теплообменник ТС 1-1-16-6-1. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, узлов крепления крышек к корпусу и схе­му движения теплоносителей.
31. Теплообменник 800 Till -80-М4-0/25-6-4 гр. А. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узел крепления крышки плавающей головки к трубной решетки с помощью фланцевой скобы, эскизы этой скобы в двух проекциях и схему размещения труб в обеих решетках.
32. Холодильник 1000 Х11Г- 25-М6-0/20-6-К-2 гр. Б. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления неподвижной решетки с кожухом и соединения плавающей головки с крышкой аппарата; схемы размещения труб в обеих решетках и поперечных перегородок.
33. Холодильный конденсатор 600 КТ-20-М1/4-2 гр. А. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, крепления распределительной камеры с решеткой и кожухом, схему размещения труб в решетке и попереч­ных перегородок.
34. Холодильный испаритель 800 ИТ-1-6-М17/4-4 гр. Б. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узел крепления распределительной ка­меры с решеткой и кожухом, схему размещения труб в решетке и по­перечных перегородок.
35. Теплообменник К 32-3H-01. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, узел крепления трубных решеток с корпу­сом аппарата и схему движения агрессивных сред.
36. Конденсатор 1000 КПГ-16-М4-0/25-6-4 гр. А. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления неподвижной решетки к кожуху и соединения плавающей головки с крышкой аппарата и схемы размещения труб в решетке и установки поперечных перегоро­док.
37. Испаритель 1600 ИПI-16-M1-1 гр. Б. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узел крепления трубного пучка с кор­пусом аппарата, уплотнения трубной решетки с корпусом.
38. Теплообменник ТС 1-3-16-6- 1. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, схему движения теплоносителей.
39. Холодильник 325 ХПВ-40-М4-0/20-3-К-2 гр. А. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления неподвижной и пла­вающей решеток, схемы размещения труб в обеих решетках и попе­речных перегородок типа «диск - кольцо».
40. Теплообменник 1200 ТНГ-25-М1-0/25-9-6 гр. Б. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления распределительной камеры с решеткой и кожухом, соединения и размещения труб в ре­шетках, схему движения теплоносителей.
41. Теплообменник 1400 ТУ-25-М1-0/20-9-К гр. А. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления распределительной камеры с решеткой и кожухом, уплотнения продольной перегородки к решетке, сегментных поперечных перегородок.
42. Холодильник 1400 ХПГ-40-МЗ-0/25-9-К-2 гр. А. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узел крепления плавающей головки к трубной решетке с помощью фланцевой скобы, эскиз этой скобы в двух проекциях и схему размещения труб в обеих решетках.
43. Теплообменник ТПР 0,6-80-2-02-11, Сх . Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы в двух проекциях, элементов крепления и сжатия пластин и прокладок и схему компоновки пластин.
44. Конденсатор 800 КПГ-10-МЗ-0/25-6-6 гр. Б. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления неподвижной решетки к кожуху и соединения плавающей головки с крышкой и схемы раз­мещения труб в обеих решетках и различных видов поперечных пере­городок, а также схему движения теплоносителей.
45. Теплообменник 800 ТНВ-25-М11-0/20-9-6 гр. А. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления распределительной камеры с решеткой и кожухом, соединения труб с решеткой, схему установки поперечных перегородок и схему движения теплоносителей.
46. Теплообменник 630 ТКВ-25-М 10-0/25-6-К-2 гр. А. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узла крепления распределительной ка­меры с решеткой, виды и крепление компенсаторов, схему размеще­ния поперечных перегородок типа «диск - кольцо».
47. Аппарат 1АВЗ-Д. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, теплообменной секции и схему располо­жения труб.
48. Конденсатор 1400 КНГ-10-М20-0/20-6-4 гр. Б. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления поперечных перего­родок в трубном пучке, крепления кожуха, трубной решетки и распре­делительной камеры между собой, схему размещения труб в обеих решетках.
49. Теплообменник ТТ 114.002.233. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, узлов крепления колен с трубами и уплот­нения кольцевого зазора между трубами.
50. Испаритель 1400 ИНВ-1-6-10-М 10-0/3 гр. Б. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления поперечных перего­родок в трубном пучке, крепления кожуха с трубной решеткой и рас­пределительной камеры между собой, схему размещения труб в обеих решетках.
51. Теплообменник 1000 ТПВ-63-М12-0/25-9-2 гр. А. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узла крепления крышки плавающей головки к трубной решетке с помощью фланцевой скобы, эскиз этой скобы в двух проекциях, схему размещения труб в обеих решетках.
52. Холодильник 800 Xill -25-М12-0/20-6-К-2 гр. Б. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления неподвижной решетки и плавающей головки, схемы размещения труб в обеих решетках и поперечных перегородок типа «диск-кольцо».
53. Холодильный конденсатор 1400 КТ-20-М12/4-6 гр. А. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления распределительной камеры с решеткой и кожухом, схему размещения труб в решетке и поперечных перегородках.
54. Испаритель 2800 ИП-1-10-М17-2 гр. Б. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления трубного пучка с кор­пусом, уплотнения трубной решетки с корпусом.
55. Теплообменник 530 ТУ—40-М1-01/20-6-К гр. А. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления распределительной камеры с решеткой и кожухом, уплотнения продольной перегородки с решеткой, сегментных поперечных перегородок.
56. Конденсатор 1000 ККВ-10-М21-0/20-6-2 гр. А. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узла крепления распределительной ка­меры с решеткой и кожухом, виды компенсаторов и способы их креп­ления, схему размещения труб в обеих решетках.
57. Теплообменник 630 ТНВ-16-М8-0/25-6-6 гр. Б. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления распределительной камеры с решеткой и камерой, соединения труб с решеткой и схемы размещения труб в решетках, установки поперечных перегородок и схему движения теплоносителей.
58. Теплообменник П 6,3-4Н-01. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, узел крепления трубных решеток к аппа­рату, схему трубного пучка.
59. Теплообменник ТТ 114.002.212. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, узлов крепления колен с трубами и уплот­нения кольцевого зазора между трубами.
60. Холодильник 1200 ХНВ-10-М19-0/25-9-4 гр. А. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления поперечных перего­родок в трубном пучке, крепления кожуха с трубной решеткой и рас­пределительной камеры между собой, схему размещения труб в обеих решетках.
61. Испаритель 600 ИКГ-1-10-16-М1-0/4гр. А. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления поперечных перего­родок в трубном пучке, виды компенсаторов и способы их крепления, схему размещения труб в обеих решетках.
62. Теплообменник 800 ТУ-25-М4-0/20-9 гр. Б. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления распределительной камеры с трубной решеткой и кожухом, уплотнения продольной пере­городки к решетке, сегментных перегородок.
63. Холодильный испаритель 1000 ИТ-П-25-М17/6-6 гр. А. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления распределительной камеры с решеткой и кожухом, схему размещения труб в решетке и поперечных перегородок.
64. Теплообменник П 32-1Н-01. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, узел крепления и уплотнения трубного пучка с решеткой к корпусу аппарата.
65. Теплообменник ТС 2-2-50-6-2. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, узлов крепления крышек к корпусу и схе­му движения теплоносителей.
66. Холодильник 325 ХКВ-25-МЗ-0/25-4-2 гр. Б. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления кожуха, трубной решетки и распределительной камеры между собой, схему размещения труб в обеих решетках.
67. Теплообменник 630 ТКГ-16-М21 —0/20—3 —4 гр. А. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления распределительной камеры с решеткой, виды и способы крепления компенсаторов, схему размещения перегородок типа «диск - кольцо».
68. Испаритель 800 ИНВ-2-6-16-М24-0/3 гр. Б. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления поперечных перего­родок в трубном пучке, узла крепления трубной решетки с распреде­лительной камерой и узла крепления аппарата с фундаментом.
69. Теплообменник 1400 I III -40-М4-0/25-9-4 гр. А. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узла крепления крышки плавающей головки к трубной решетке с помощью фланцевой скобы, эскиз этой скобы в двух проекциях и схему размещения труб в обеих решетках и схему движения теплоносителей.
70. Теплообменник К 20-3Н-01. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, узел крепления трубных решеток с корпу­сом аппарата и схему движения агрессивных сред.
71. Теплообменник ТТ 114.001.123. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, узлов крепления колен с трубами и уплот­нения кольцевого зазора между собой.
72. Аппарат АВМ. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, схему расположения секций аппарата.
73. Испаритель 1600 ИУI-16-M17-1 гр. Б. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления трубного пучка с кор­пусом, уплотнения трубной решетки.
74. Холодильный конденсатор 2000 КТ-20-М1/4-4 гр. А. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления распределительной камеры с решеткой и кожухом, схему размещения труб в решетке.
75. Теплообменник П 4-5Н-01. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, узел крепления и уплотнения трубного пучка с корпусом аппарата.
76. Теплообменник 1000 ТНВ-40-М10-0/25-9-6 гр. Б. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узла крепления кожуха, распредели­тельной камеры и трубной решетки между собой, схемы размещения поперечных перегородок типа «диск-кольцо» и схему движения теп­лоносителей.
77. Теплообменник 630 КПГ- 10-М 1-0/20-6-2 гр. А. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления неподвижной решетки с кожухом и плавающей головки с крышкой, уплотнения продольной перегородки к решетке, сегментных поперечных перегородок.
78. Теплообменник К 20-1Н-02. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы аппарата в двух проекциях, узел крепления и уплотнения трубного пучка с корпусом аппарата.
79. Холодильник 1000 ХПВ-16-М4-0/25-9-4 гр. А. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления неподвижной решетки с кожухом и плавающей головки с крышкой аппарата, схемы разме­щения труб в обеих решетках и поперечных перегородок типа «диск - кольцо» и схему движения теплоносителей.
80. Конденсатор 1000 КНВ-6-М10-0/20-3-2 гр. А. Представить характеристики, основные параметры, работу и эскизы продольного разреза аппарата, узлов крепления поперечных перегородок типа «диск-кольцо», крепления трубной решетки и распределительной камеры между собой и схему размещения труб в обеих решетках.
81. Составить уравнение теплового баланса кожухотрубчатого теп­лообменника для системы «газ-жидкость». В качестве теплообменни­ка принять горизонтально расположенный аппарат с неподвижными трубными решетками, четырехходовой по трубному пространству. Представить описание устройства, характеристику и эскизы продоль­ного разреза аппарата, крепление распределительной камеры с решет­кой и кожухом, соединения труб с решеткой и схему размещения труб в обеих решетках.
82. Назначение, выбор и классификация теплообменных аппаратов. Привести схему горизонтального теплообменника с компенсатором в корпусе, трехходовой по трубному пространству с поперечными пере­городками типа «диск-кольцо». Представить описание устройства, характеристику и эскизы продольного разреза аппарата, крепление распределительной камеры с решеткой и кожухом, узла крепления компенсатора и схему размещения труб в обеих решетках.
83. Стальные кожухотрубчатые теплообменные аппараты (ГОСТ 9929-82), типы, основные параметры и размеры, область их примене­ния. Привести схему вертикального теплообменника с U-образными трубами и сегментными поперечными перегородками. Представить описание устройства, характеристику и эскизы продольного разреза аппарата, крепления распределительной камеры с решеткой и кожу­хом и уплотнения продольной перегородки в решетке. Изобразить схему размещения труб в решетке.
84. Привести общую схему технологического расчета теплообмен­ных аппаратов. В качестве аппарата привести схему горизонтального четырехходового по трубному пространству с поперечными перего­родками типа «диск-кольцо» с плавающей головкой теплообменника. Представить описание устройства, характеристику и эскизы продоль­ного разреза аппарата, крепление неподвижной решетки к кожуху, соединение плавающей решетки с крышкой и схему размещения труб в обеих решетках.
85. Уравнение для расчетов коэффициентов теплоотдачи кожухот­рубчатых теплообменных аппаратов: влияние характера теплообмена, агрегатного состояния, вида поверхности теплообмена, типа конст­рукции и режима движения теплоносителя. Привести схему вертикального теплообменника с плавающей голов­кой, двухходовой по трубному пространству для конденсации паров в межтрубном пространстве. Представить описание устройства, характеристику и эскизы продольного разреза аппарата, крепление крышки плавающей головки к трубной решетке с помощью фланцевой скобы.
86. Теплообменники с неподвижными трубными решетками (тип Н). Привести схему вертикального теплообменника с неподвижными трубными решетками, четырехходовой по трубному пространству, с поперечными перегородками типа «диск-кольцо». Представить описа­ние устройства, характеристику и эскизы продольного разреза аппара­та, крепление кожуха, трубной решетки и распределительной камеры между собой, узлов крепления поперечных перегородок в трубном пучке, крепления труб в решетке и схему размещения труб в обеих решетках.
87. Аппараты с температурным компенсатором на кожухе (тип К). Привести схему вертикального кожухотрубчатого теплообменника типа К. Представить описание устройства, характеристику и эскизы продольного разреза аппарата, крепления распределительной камеры с решеткой и кожухом , узла крепления компенсатора и схему размещения труб в обеих решетках.
88. Пути интенсификации процесса теплообмена в кожухотрубчатых теплообменных аппаратах: влияние поверхности теплообмена и ко­эффициента теплоотдачи. Теплопередача для случаев, когда термиче­ское сопротивление определяется трубным и межтрубным простран­ствами. Привести схему горизонтального теплообменника типа Н, представить описание устройства, характеристику, эскизы продольно­го разреза аппарата и труб с оребрением и турбулизирующими встав­ками.
89. Аппараты с поверхностью теплообмена, изготовленной из листо­вого материала, область применения, преимущества и недостатки по сравнению с кожухотрубчатым аппаратом. Привести схему пластин­чатого разборного теплообменника на консольной раме, с одинаковым расходом жидких теплоносителей. Представить описание устройства, характеристику и эскизы аппарата в двух проекциях, элементов креп­ления и сжатия пластин и схему компоновки пластин.
90. Спиральные теплообменники, область применения, преимущест­ва и недостатки. Привести схему спирального теплообменника с ту­пиковыми каналами для двух жидких теплоносителей. Представить описание устройства, характеристику и эскизы аппарата в двух проек­циях, узлов крепления крышек к корпусу и схему движения теплоно­сителей.
91. Спиральный теплообменник со сквозными каналами. Область применения, преимущества и недостатки теплообменника по сравне­нию с теплообменником с тупиковыми каналами. Привести схему спирального теплообменника со сквозными каналами для двух жид­ких теплоносителей. Привести описание устройства, эскизы аппарата, узлов крепления крышек к корпусу и схему движения теплоносителей.
92. Теплообменники типа «труба в трубе», область применения, преимущества и недостатки по сравнению с кожухотрубчатыми теп­лообменными аппаратами. Типы теплообменников разборной и нераз­борной конструкции. Основные параметры теплообменников: диамет­ры труб, поверхности теплообмена и т.п. Представить схему двухпо­точного двухсекционного теплообменника «труба в трубе», описание устройства, характеристику, эскизы аппарата в двух проекциях, узлов крепления колен с трубами.
93. Теплообменники с U-образными трубами (тип У), область при­менения, преимущества и недостатки по сравнению с теплообменни­ками типа Н. Привести схему двухходового теплообменника по меж- трубному пространству с U-образными трубами и продольной перего­родкой. Представить описание устройства, характеристику и эскизы продольного разреза аппарата, крепление распределительной камеры с решеткой и кожухом. Изобразить схему размещения труб в решетке.
94. Теплообменные аппараты с плавающей головкой (тип П), область применения, преимущества и недостатки. Представить схему двухходового по трубному пространству теплообменника типа П, рас­положенного вертикально, в качестве поперечных перегородок ис­пользовать перегородки типа «диск-кольцо». Представить описание устройства, характеристику и эскизы продольного разреза аппарата, крепления неподвижной решетки к кожуху, соединение плавающей решетки с крышкой и схему размещения труб в обеих решетках.
95. Способы крепления крышки плавающей головки к трубной ре­шетке в теплообменниках типа П: разрезным кольцом; разрезным фланцем; разрезной фланцевой скобой. Преимущества и недостатки вышеуказанных способов крепления. Привести схему двухходового теплообменника типа П с разрезной по диаметру плавающей голов­кой. Представить эскизы продольного разреза аппарата, крепление неподвижной решетки к кожуху и соединения разрезной плавающей решетки с крышкой.
96. Теплообменники с плавающей головкой и компенсатором (тип ПК), область применения, преимущества и недостатки. Представить схему такого теплообменника, описание устройства, характеристику, эскизы продольного разреза аппарата, крепление распределительной камеры с решеткой и кожухом, соединение компенсатора с плаваю­щей головкой и штуцером на крышке.
97. Элементы кожухотрубчатых теплообменников: трубы, трубные решетки, распределительные камеры, кожухи, поперечные и продоль­ные перегородки. Основные требования к их конструкции, выбору заготовок и материалов. Представить эскизы крепления кожуха и труб с решетками, схему размещения труб в решетках для аппаратов типа Н. Назначение и эскизы поперечных и продольных перегородок в межтрубном пространстве.
98. Теплообменники воздушного охлаждения, область применения, преимущества и недостатки по сравнению с кожухотрубчатыми теп­лообменными аппаратами. Привести схему аппарата воздушного ох­лаждения. Представить описание устройства, эскизы аппарата, тепло­обменных секций, дистанционного механизма поворота лопастей ко­леса, вида теплообменных трубок с различными оребрениями.
99. Погружные змеевиковые теплообменники, область применения, преимущества и недостатки. Привести схему змеевикового холодильника для охлаждения азотоводородной смеси. Представить описание конструкции, эскизы продольного и попереч­ных разрезов аппаратов, крепления обечайки кожуха с коллекторами подвода и отвода охлаждающей воды, кольцевых секций.
100. Теплообменные аппараты из неметаллических материалов, об­ласть применения, преимущества и недостатки. Материалы для тепло­обменников. Привести схемы теплообменного аппарата прямоуголь­но-блочного типа и кожухотрубчатого углеграфитового теплообмен­ника. Представить описание конструкций, эскизы продольного и по­перечного разрезов аппаратов, узлов соединений составных частей.

**Задачи к контрольному заданию**

**по разделу «Теплообменные аппараты»**

1. Рассчитать и подобрать нормализованный кожухотрубчатый ис­паритель для нагрева кубовой жидкости ректификационной колонны для выделения пропиленовой фракции водяным паром смеси. Исходные данные: давление в трубном пространстве (кубовой смеси) - 1,3 МПа, в межтрубном (пара) - 0,5 МПа; расход кубовой жидкости 10 кг/с; начальная температура кубовой жидкости - 60°С, а конечная - 120°С. Начальная температура пара - 130°С.

Теплофизические характеристики теплоносителей при средней рабо­чей температуре.

Кубовая жидкость: плотность ρ=986 кг/м3, температура кипения - 120°С; коэффициент теплопроводности λ=0,123 Вт/(м·К); коэффици­ент динамической вязкости μ=9,7·10-3 Па·с; коэффициент теплоемко­сти с=1923 Дж/(кг·К), теплота парообразования г=137,652 кДж/кг, эн­тальпия i=5 58,9·103 Дж/кг. Пар: плотность ρ =1,49 кг/м3; коэффициент теплоемкости с=2206

Дж/(кг·К); коэффициент теплопроводности λ =0.026 Вт/(м·К); энталь­пия i=2730·103 Дж/кг.

1. Провести проектный расчет кожухотрубчатого холодильника для охлаждения водой коррозионноактивного кубового остатка ректифи­кационной колонны.

Исходные данные: начальная температура воды - 20°С , а конечная - 40°С. Расход кубового остатка 6 кг/с с начальной температурой - 105,5°С и конечной - 30°С. Кубовый остаток, как коррозионноактив­ный, направляется в трубное пространство, вода - в межтрубное. Теплофизические свойства теплоносителей при средней рабочей тем­пературе.

Кубовый остаток: коэффициент теплоемкости с=4190 Дж/(кг·К), ко­эффициент теплопроводности λ =0.622 Вт/(м·К), плотность ρ=986 кг/м3, коэффициент динамической вязкости μ=0,54 ·10-3Па·с, коэффи­циент объемного расширения β1=48-10-5 К-1.

Вода: коэффициент теплоемкости с=4180 Дж/(кг·К), коэффициент те­плопроводности λ=0.618 Вт/(м·К), коэффициент динамической вязко­сти μ=0.804· 10-3Па·с. плотность ρ=996 кг/м3.

1. Провести проектный расчет конденсатора для конденсации паров диэтиленгликоля (ДЭГ). Охлаждение осуществляется технической водой, которая подается в трубное пространство.

Исходные данные: расход паров ДЭГ на входе в конденсатор 0,35 кг/ч; начальная температура воды - 20°С, а конечная - 35°С; начальная температура ДЭГа - 140°С. Давление в трубном пространстве состав­ляет 0,4 МПа, в межтрубном -1,5 МПа.

Теплофизические свойства теплоносителей при средней рабочей тем­пературе.

ДЭГ: плотность конденсата ρ=986 кг/м3; коэффициенты динамической вязкости μ=0,45·10-3 Па·с и теплопроводности *λ=0,*163 Вт/(м·К); удельная теплота конденсации г=754,2 кДж/к .

Вода: плотность воды ρ=996 кг/м3; коэффициент теплоемкости воды с=4180 Дж/(кг·К); коэффициент динамической вязкости воды μ=0,8·10-3 Па·с, коэффициент теплопроводности воды λ=0.612 Вт/(м·К).

1. Рассчитать и подобрать нормализованный кожухотрубчатый кон­денсатор для конденсации паров ацетона в установке получения аце­тона. В качестве охлаждающей жидкости принять воду.

Исходные данные: температура паров ацетона - 56°С, расход ацетона - 3,1 кг/с, начальная температура воды - 20°С, конечная - 35°С. Теплофизические свойства теплоносителей при средней рабочей тем­пературе.

Удельная теплота конденсации паров ацетона г=522,8 кДж/кг, температура конденсации паров ацетона - 56°С, коэффициент теплопроводности ацетона λ=1,05-10-2 Вт/(м·К), плотность конденсата ацетона ρ=750 кг/м3; коэффициент динамической вязкости ацетона μ=0,236·10-3Па·с, коэффициент теплопроводности λ= 1.163·10-2 Вт/(м·К), коэффи­циент динамической вязкости воды μ=0,8·10-3 Па·с, плотность воды ρ=993 кг/м3, коэффициент теплоемкости воды с=4180 Дж/(кг·К).

1. Рассчитать и подобрать кожухотрубчатый конденсатор для конденсации паров этилового спирта. Охлаждающая жидкость - вода. Исходные данные: расход этилового спирта 0,6 м3/ч. температура спирта на входе - 90°С, на выходе - 25°С; начальная температура воды - 20°С, конечная - 45°С. Давление в межтрубном пространстве - 0,09 МПа, в трубном - 0,2 МПа. Вода поступает в трубное пространство, этиловый спирт в межтрубное.

Теплофизические характеристики этилового спирта для средних рабочих температур: коэффициент теплопроводности λ=0.25 Вт/(м·К), коэффициент динамической вязкости μ=0,8·10-3 Па·с, коэффициент теплоемкости спирта с=3226,3 Дж/(кг-К); плотность ρ=785 кг/м3. Теплофизические свойства воды проведены в таблице 1.

1. Рассчитать и подобрать нормализованный кожухотрубчатый теплообменник (нагреватель) для нагрева насыщенного раствора моно- этаноламина (МЭА) обедненным раствором МЭА в производстве диоксида углерода.

Исходные данные: начальная температура насыщенного раствора МЭА - 40°С, конечная - 70°С; начальная температура обедненного раствора МЭА - 75°С, конечная - 55°С; расход насыщенного раствора МЭА 50 м3 /ч. давление в трубном и в межтрубном пространствах - 0,4 МПа.

Теплофизические характеристики теплоносителей для средних рабочих температур.

Коэффициент теплоемкости насыщенного раствора МЭА с=3695 Дж/(кг·К), его коэффициент теплопроводности /.=0.548 Вт/(м·К), плотность р=980 кг/м3, коэффициент динамической вязкости μ=0.657·10-3 Па·с: удельная теплоемкость обедненного раствора МЭА с=3700 Дж/(кг·К), плотность ρ=956 кг/м3; коэффициент динамической вязкости μ=0,396·10-3 Па·с, его коэффициент теплопроводности λ=0.574 Вт/(м·К). Коэффициент теплопроводности стали λ= 17.5 Вт/(м·К).

1. Рассчитать и подобрать нормализованный водоводяной теплооб­менник «труба в трубе».

Исходные данные: расход греющей воды 0,6 кг/с и она движется по внутренней трубе с начальной температурой - 95°С; расход нагревае­мой воды 0,9 кг/с, начальная температура составляет 15°С, конечная - 45°С.

Теплофизические свойства теплоносителей представлены в табл.1.

1. Провести проектный расчет кожухотрубчатого холодильника для охлаждения азотной кислоты водой.

Исходные данные: расход азотной кислоты 0,8 кг/с, начальная темпе­ратура кислоты - 120°С, конечная - 40°С; начальная температура воды - 20°С, конечная - 40°С. Кислота поступает в трубное пространство с давлением - 0,1 МПа, вода поступает в межтрубное пространство с давлением - 0,5 МПа.

Теплофизические свойства кислоты: плотность кислоты ρ=1391 кг/м3, коэффициент динамической вязкости кислоты μ=0,52·10-3 Па·с, коэф­фициент теплоемкости кислоты с=3565,7 Дж/(кг·К), коэффициент те­плопроводности кислоты λ=0.267 Вт/(м·К), коэффициент объемного расширения β1=0,0027 К-1.

Теплофизические свойства воды приведены в табл. 1.

1. Рассчитать и подобрать нормализованный теплообменник «труба в трубе» для нагрева раствора триацетата целлюлозы водой.

Исходные данные: температура раствора на входе - 28°С, на выходе - 40°С; температура воды на входе - 65°С, на выходе - 45°С; объемный расход раствора 0,7 м3/ч.

Теплофизические характеристики раствора триацетата целлюлозы при средней рабочей температуре: коэффициент динамической вязкости жидкости μ=50·10-3 Па·с, а при температуре стенки μ=18·10-3 Па·с, ко­эффициент теплопроводности λ=0.23 Вт/(м·К), коэффициент теплоем­кости с=2100 Дж/(кг·К), плотность ρ=1280 кг/м3.

Теплофизические свойства воды приведены в табл. 1.

1. Выполнить проектный расчет теплообменника «труба в трубе» для охлаждения воздуха рассолом NaCl с содержанием соли 14,9% (масс.).

Исходные данные: температура воздуха на входе - 40°С, на выходе - 5°С; температура рассола на входе - ( -5°С), на выходе - 4°С; расход

воздуха 1080 м3/ч, воздух подается в межтрубное пространство с дав­лением - 6,4 МПа.

Теплофизические характеристики рассола NaCl при средней рабочей температуре: коэффициент теплоемкости с=3553 Дж/(кг·К), коэффи­циент кинематической вязкости υ=5,06·10-6 м2/с. плотность ρ=1060 кг/м3, коэффициент динамической вязкости μ=2,26·10-3 Па·с, коэффи­циент динамической вязкости рассола при температуре стенки - 4,5°С составляет μ=2,05·10-3 Па·с. Теплофизические свойства воздуха: плот­ность ρ=1,205 кг/м3 (при Р=0,1МПа); коэффициент теплоемкости с=1005 Дж/(кг·К); коэффициент теплопроводности λ=2.59·10-2Вт/(м·К); коэффициент кинематической вязкости υ=15,06·10-6 м2/с, критерий Прандтля Рг=0,703.

1. Рассчитать и подобрать кожухотрубчатый теплообменник для нагрева воздуха в паровом котле.

Исходные данные и теплофизические свойства теплоносителей при средней рабочей температуре.

Воздух: расход воздуха 21,5 кг/с; температура на входе - 30°С, на вы­ходе - 260°С; средняя скорость 8 м/с; плотность ρ=0,844 кг/м3; коэф­фициент теплопроводности λ=3,52·10-2 Вт/(м·К); коэффициент тепло­емкости с=1,01 кДж/(кг·К); коэффициент кинематической вязкости υ=28,3·10-6 m2/c; критерий Прандтля Рг=0,684.

Дымовые газы (13% С02, 11% Н20): расход газа 19,6 кг/с и он движет­ся внутри стальных труб со скоростью 14 м/с; температура газов на входе в воздухоподогреватель - 380°С; коэффициент теплопроводно­сти λ=4.54·10-2 Вт/(м·К); коэффициент теплоемкости с=1,12 кДж/(кг·К); плотность ρ=0,622 кг/м3; коэффициент кинематической вязкости υ= 41,2·10-6 м2/с; коэффициент теплопроводности стальных труб λ=46.5 Вт/(м·К).

1. Рассчитать и подобрать нормализованный теплообменник «труба в трубе» для охлаждения воды жидким аммиаком.

Исходные данные: температура аммиака на входе (-39°С), на выходе (- 34°С); температура воды на входе 50°С, на выходе 30°С; расход ам­миака 0,152 кг/с.

Теплофизические свойства аммиака при средней рабочей температу­ре: плотность ρ=544 кг/м3, коэффициент теплоемкости с=4190 Дж/(кг·К), коэффициент кинематической вязкости υ=0,221·10-6m2/c, коэффициент теплопроводности λ=0.022 Вт/(м·К), критерий Прандтля Рг=1,335.

Теплофизические свойства воды приведены в табл. 1.

1. Рассчитать и подобрать нормализованный теплообменник «труба в трубе» для нагрева трансформаторного масла водой.

Исходные данные: расход масла 0,6 кг/с, давление масла 0,9 МПа; на­чальная температура масла - 20°С, конечная - 60°С; начальная темпе­ратура воды - 80°С, конечная - 40°С.

Теплофизические свойства трансформаторного масла при средней ра­бочей температуре: плотность ρ=868 кг/м3, коэффициент динамиче­ской вязкости μ=89,36·10-4 Па·с, коэффициент теплоемкости с=1688 Дж/(кг·К), коэффициент теплопроводности λ= 10.9·10-2 Вт/(м·К). Теплофизические свойства воды приведены в табл. 1.

1. Подобрать нормализованный аппарат воздушного охлаждения для охлаждения парогазовой смеси, отходящей с верха атмосферной колонны разделения нефти.

Исходные данные: расход парогазовой смеси (ПГС) 6,8 кг/с; началь­ная температура ПГС - 145°С, конечная - 45°С; начальная температура воздуха - 25°С, конечная - 35°С.

Теплофизические характеристики теплоносителей при средней рабо­чей температуре: плотность ПГС на входе в аппарат ρ=3,0 кг/м3, эн­тальпия ПГС на входе в аппарат i=722,6 кДж/кг; коэффициент тепло­емкости воздуха при 25°С с=1,005 кДж/(кг·К), а при температуре 35°С с=1,007 кДж/(кг·К), коэффициент динамической вязкости ПГС μ=8,6·10-5Па·с, коэффициент теплопроводности ПГС *λ=*0,146 Вт/(м·К), коэффициент теплоемкости ПГС с=720 Дж/(кг·К), критерий Прандтля Pr=2,64. Параметры ПГС на выходе из аппарата представлены в табл. 2.

1. Произвести проектный расчет аппарата воздушного охлаждения для охлаждения керосинового дистиллята воздухом.

Исходные данные: количество охлаждаемого керосина 25000 кг/ч, на­чальная температура керосина - 110°С, конечная температура кероси­на - 40°; начальная температура воздуха (сухого) - 24°С, конечная тем­пература воздуха - 60°С.

Теплофизические параметры керосинового дистиллята: относительная плотность ρ229737=0,800; энтальпия при температуре 104°С г=216 кДж/кг, а при температуре 42°С г=82,5 кДж/кг, коэффициент тепло­проводности при средней температуре в аппарате λ=0,14 Вт/(м·К), ко­эффициент теплоемкости при средней температуре в аппарате с=2Д8 кДж/(кг·К), относительная плотность рт2с7ρ7=0,770, коэффициент ки­нематической вязкости керосина при средней температуре υ=0,6·10-6 м2/с; критерий Прандтля Рг при средней температуре t=71°C Рг= 11,24, если среднюю температуру стенки со стороны керосина принять тако­вой.

Сухой воздух: плотность ρ=1,128 кг/м3, коэффициент теплоемкости с=1,005 кДж/(кг·К), коэффициент теплопроводности λ=2.76·10-2 Вт/(м·К), коэффициент кинематической вязкости υ= 16,96·10-6 м2/с, критерий Прандтля Рг=0,699.

1. Рассчитать и подобрать нормализованный аппарат воздушного охлаждения для конденсации и последующего охлаждения углеводо­рода.

Исходные данные: расход углеводорода 4,18 кг/с, избыточное давле­ние - 0,06 МПа, конечная температура жидкого углеводорода - 42°С. Аппарат устанавливается в средней полосе России. Температура кон­денсации углеводорода постоянная и при абсолютном давлении 0,16 МПа равна 110°С.

Теплофизические свойства конденсата при t=110°C: коэффициент ди­намической вязкости μ1=3·10-4 Па·с, коэффициент теплопроводности λ1=0,13 Вт/(м·К), удельная теплота конденсации r1=3,19·104 Дж/кг, плотность ρ1=760 кг/м3, коэффициент удельной теплоемкости с1=2450 Дж/(кг·К).

Теплофизические свойства конденсата при средней температуре 72,7°С следующие: плотность ρ2=780 кг/м3, коэффициент динамиче­ской вязкости μ2=7,3·10-4 Па·с, коэффициент удельной теплоемкости с2=2154 Дж/(кг·К), коэффициент теплопроводности λ2=0.14 Вт/(м·К).

Теплофизические свойства воздуха: плотность ρ=1,14 кг/м3, коэффи­циент теплоемкости ср=1,005 кДж/(кг·К), коэффициент теплопровод­ности λ=2,59·10-2 Вт/(м·К), коэффициент кинематической вязкости υ=15,06·10-6 m2/c.

1. Рассчитать и подобрать нормализованный пластинчатый тепло­обменник для охлаждения этилового спирта водой.

Исходные данные: расход этилового спирта 2 м3/час, температура па­ров спирта на входе в теплообменник - 90°С, на выходе - 25°С; темпе­ратура воды на входе - 20°С, на выходе - 45°С; давление паров этило­вого спирта 0,05 МПа; давление воды на входе 0,2 МПа. Теплофизические свойства этилового спирта при средней рабочей температуре: коэффициент динамической вязкости μ=0,8·10-3 Па·с, коэффициент теплопроводности λ=0.25 Вт/(м·К), коэффициент тепло­емкости с=3226,3 Дж/(кг·К).

Теплофизические свойства воды приведены в табл. 1.

1. Рассчитать и подобрать нормализованный пластинчатый тепло­обменник для нагрева товарной нефти.

Исходные данные: количество нагреваемой нефти 50000 кг/ч входит в аппарат с температурой - 10°С; количество товарной нефти 45000 кг/ч входит в аппарат с температурой 100°С; температура товарной нефти на выходе из аппарата - 40°С.

Теплофизические параметры теплоносителей.

Нагреваемая нефть: коэффициент динамической вязкости μ=l,2·10-3 Па·с, коэффициент теплопроводности λ=0,61 Вт/(м·К), коэффициент теплоемкости с=3550 Дж/(кг·К), плотность р=930 кг/м3.

Товарная нефть: коэффициент динамической вязкости μ=l,8·10-3 Па·с, коэффициент теплопроводности λ=0.6 Вт/(м·К), коэффициент тепло­емкости с=3190 Дж/(кг·К), плотность ρ=820 кг/м3.

1. Рассчитать и подобрать нормализованный пластинчатый тепло­обменник для охлаждения обессоленной (мягкой) воды в производст­ве форполимера захоложенной водой.

Исходные данные: количество обессоленной воды 12,5 кг/с, темпера­тура обессоленной воды на входе в аппарат - 80°С, на выходе - 30°С;

температура захоложенной воды на входе в аппарат - 5°С, на выходе - 10°С.

Теплофизические свойства воды приведены в табл. 1.

1. Рассчитать и подобрать нормализованный пластинчатый тепло­обменник для нагревания насыщенного кислыми компонентами вод­ного раствора моноэтаноламина (МЭА) регенерированным раствором МЭА.

Исходные данные: количество нагреваемого теплоносителя (насы­щенный раствор МЭА) 30 кг/с; начальная температура насыщенного раствора - 52°С, конечная - 90°С; начальная температура горячего теп­лоносителя - 120°С, конечная - 80°С.

Теплофизические свойства теплоносителей: энтальпия жидкого горя­чего теплоносителя при t=120°C i=513 кДж/кг, а при t=80°C i=338 кДж/кг; энтальпия нагреваемого теплоносителя (насыщенный рас­твор) при t=90°C i=372 кДж/кг, а при t=52°C i=208 кДж/кг. Остальные теплофизические свойства теплоносителей при средней рабочей тем­пературе приведены в табл. 3.

1. Рассчитать и выбрать нормализованный спиральный теплооб­менник для охлаждения воды другой технической водой.

Исходные данные: расход охлаждаемой воды 5 кг/с, ее температура на входе в аппарат - 70°С, на выходе - 40°С; температура воды - охлади­теля на входе в аппарат - 25°С, на выходе - 45°С; рабочее давление в аппарате - 0,6 МПа; допускаемое гидравлическое сопротивление со стороны охлаждаемой воды 0,1 МПа, со стороны воды - охладителя - 0,2 МПа.

Теплофизические свойства теплоносителей представлены в табл. 1.

1. Рассчитать и подобрать спиральный теплообменник для конден­сации насыщенного пара водой.

Исходные данные: расход пара 17250 кг/ч; температура насыщенного пара - 180°С; температура конденсата - 180°С; температура воды на входе в аппарат 25°С, на выходе 95°С.

Теплофизические свойства теплоносителей: удельная теплота фазово­го превращения пара г=2,02 МДж/кг, рабочее давление в аппарате - 2 МПа; допускаемое гидравлическое сопротивление в аппарате по стороне пара - 0,05 МПа, по стороне воды - 0,15 МПа; плотность водяно­го пара ρ=5,157 кг/м3, коэффициент теплоемкости пара с=2709 Дж/(кг·К), коэффициент теплопроводности водяного пара λ=3.27·10-2 Вт/(м·К), коэффициент кинематической вязкости пара υ=2,93·10-6 м2/с, критерий Прандтля Рг=1,25. Остальные свойства приведены в табл. 1.

1. Рассчитать и подобрать нормализованный спиральный теплооб­менник для охлаждения 20% раствора NaOH водой.

Исходные данные: количество раствора 5 кг/ч; начальная температура раствора 80°С, конечная 40°С; температура охлаждающей воды на входе 20°С, на выходе 40°С. Движение теплоносителей противоточное.

Теплофизические свойства раствора при средней температуре пото­ков: коэффициент теплопроводности λ=0.536 Вт/(м·К), плотность ρ=1196 кг/м3, коэффициент кинематической вязкости υ=l,563·10-6 м2/с. коэффициент теплоемкости с=3,963 кДж/(кг·К), критерий Пран­дтля Рг=10,7.

Теплофизические свойства воды приведены в табл. 1.

1. Рассчитать и подобрать нормализованный кожухотрубчатый те­плообменник для установки осушки воздуха.

Исходные данные и теплофизические свойства теплоносителей. Гидравлическое сопротивление теплообменника не должно превы­шать 50 кПа.

Горячий теплоноситель - воздух: температура на входе - 65°С, на вы­ходе - 25°С, давление на входе - 0,9 МПа, объемный расход (при t=20°C и р=0,1 МПа) 1200 м3/ч. коэффициент теплоемкости 1,005 кДж/(кг·К), коэффициент кинематической вязкости 13,28·10-6 м2/с. ко­эффициент теплопроводности 2,44·10"2 Вт/(м·К), критерий Прандтля 0,707.

Холодный теплоноситель - вода: температура начальная - 20°С, дав­ление на входе в аппарат 0,5 МПа, объемный расход воды 0,085 м3/мин, плотность 998,2 кг/м3, коэффициент кинематической вязкости υ=1,006-10"6 м2/с, коэффициент теплопроводности λ=60,0·10-2 Вт/(м·К), ко­эффициент теплоемкости с=4,183 кДж/(кг·К), критерий Прандтля Рг=7,02.

Ориентировочный коэффициент теплопередачи Кор=60 Вт/(м2·К).

1. Выполнить проектный расчет кожухотрубчатого холодильника для охлаждения раствора натриевой щелочи, который подается в труб­ное пространство теплообменника.

Исходные данные и теплофизические свойства теплоносителей. Водный 10% раствор щелочи NaOH: объемный расход 20 м3/ч, на­чальная температура - 50°С; конечная - 25°С, давление в трубном и межтрубном пространствах 0,6 МПа, плотность ρ=1103 кг/м3, коэффици­ент теплопроводности λ=0,63 Вт/(м·К), коэффициент динамической вяз­кости υ=1,39·10-3 Па·с, коэффициент удельной теплоемкости с=3,3 кДж/(кг·К), критерий Прандтля Pr1=7,3.

Вода: начальная температура составляет 20°С, конечная - 35°С, плот­ность ρ=995,9 кг/м3, коэффициент динамической вязкости μ=0,996·10-3 Па·с, коэффициент теплопроводности λ=0,61 Вт/(м·К), коэффициент удельной теплоемкости с=4,180 кДж/(кг·К), критерий Прандтля Рг2=5,5. Ориентировочный коэффициент теплопередачи Кор=300 Вт/( м2·К).

1. Рассчитать и подобрать нормализованный кожухотрубчатый конденсатор для охлаждения углеводородов этиленового ряда. Исходные данные: расход углеводородов 0,8 кг/с; температура на вхо­де в конденсатор (-22°С), на выходе (-28°С); давление углеводородов - 2,5 МПа. Охлаждающая среда - этан. Температура этана на входе (- 43°С), на выходе (-30°С); давление этана - 1,8 МПа. Углеводороды подаются в межтрубное пространство, а этан - в трубное. Межтрубное пространство разбивается на две зоны: конденсации и охлаждения. Теплофизические свойства углеводородов: теплота конденсации г=301,46 кДж/кг; энтальпия жидкого конденсата в начале второй зоны i=333,99 кДж/кг; энтальпия конденсата на выходе из аппарата i=292,3 кДж/кг; коэффициент теплоемкости этана с=3,3 кДж/(кг·К); ориенти­ровочный коэффициент теплопередачи 100 Вт/( м2·К). Теплофизические свойства конденсата: для I зоны: плотность 435 кг/м3; коэффициент теплоемкости 3,3 кДж/(кг·К); коэффициент дина­мической вязкости 70·10-6 Па·с; коэффициент теплопроводности 11,3·10-2 Вт/(м·К); для II зоны: плотность 630 кг/м3; коэффициент теп­лоемкости 3,24 кДж/(кг·К); коэффициент теплопроводности 13,8·10-2Вт/(м·К); коэффициент динамической вязкости 56,7·10-6 Па·с; скорость движения 0,04 м/с.

Теплофизические свойства этана: плотность 580 кг/м3; коэффициент теплоемкости 3,26 кДж/(кг·К); коэффициент теплопроводности 13,3·10-2 Вт/(м·К); коэффициент динамической вязкости 5·10-6 Па·с; критерий Прандтля Pr= 1,18.

1. Рассчитать и подобрать нормализованный кожухотрубчатый ис­паритель для нагрева смеси углеводородов керосином газофракцио­нирующей установки.

Исходные данные: расход смеси углеводородов 80000 кг/ч, которая подается в межтрубное пространство с давлением - 2,4 МПа; началь­ная температура углеводородов 98°С, конечная температура (темпера­тура кипения) углеводородов - 104,5°С; начальная температура керо­сина - 280°С, конечная - 150°С, керосин подается в трубное простран­ство с давлением - 2,9 МПа.

Теплофизические свойства теплоносителей при средней рабочей тем­пературе.

Смесь углеводородов: теплота парообразования 78,71·103 Дж/кг, ко­эффициент теплоемкости 1,415·103 Дж/(кг·°С), плотность углеводоро­дов 407,71кг/м3, коэффициент динамической вязкости углеводородов 0,057·10-3 Па·с, плотность пара 74,5 кг/м3, поверхностное натяжение углеводородов 1,51·10-3 Н/м, коэффициент теплопроводности углево­дородов 0,074945 Вт/(м·К), температура кипения углеводородов 377,43 К.

Керосин: коэффициент теплоемкости 2863,91 Дж/(кг·°С); плотность 690 кг/м3, ориентировочный коэффициент теплопередачи Кор = 400 Вт/(м2·К), коэффициент динамической вязкости 0,260·10-3 Па·с, коэф­фициент теплопроводности 0,0893 Вт/(м·К).

Коэффициент теплопроводности углеродистой стали 46,5 Вт/(м·К).

1. Рассчитать и подобрать нормализованный аппарат воздушного охлаждения для охлаждения легких углеводородов.

Исходные данные: количество охлаждаемой углеводородной фракции 20 кг/с; начальная температура углеводородов - 160°С, конечная -120°С; начальная температура воздуха - 25°С, конечная - 50°С; давле­ние в трубном пространстве - 0,4 МПа.

Теплофизические свойства теплоносителей при средней температуре. Углеводородная фракция: плотность 700 кг/м3, коэффициент кинема­тической вязкости 0,9·10-6 м2/с, коэффициент теплопроводности 0,133 Вт/(м·К), коэффициент теплоемкости 2,45·103 Дж/(кг-К); энтальпия при 158°С составляет 370-103 Дж/кг, а при 120°С - 220·103 Дж/кг.

Воздух: плотность 1,13 кг/м3, коэффициент теплопроводности 2,7·10-2 Вт/(м·К), коэффициент теплоемкости 1,005 кДж/(кг·К), коэффициент кинематической вязкости 15,51·10-6 м2/с.

1. Рассчитать и подобрать нормализованный пластинчатый тепло­обменник для нагрева жирных кислот водяным паром. Определить гидравлическое сопротивление аппарата.

Исходные данные: температура пара равна 160°С; давление пара - 0,5 МПа; расход жирных кислот 0,23 кг/с; начальная температура кислот 30°С, конечная 120°С.

Теплофизические свойства теплоносителей.

Теплота парообразования г=2095 кДж/кг, коэффициент теплопровод­ности на линии насыщения 68,3·10-2 Вт/(м·К); плотность воды на ли­нии насыщения 907,4 кг/м3, коэффициент динамической вязкости во­ды на линии насыщения 0,177·10-3 Па·с; плотность кислот 920 кг/м3, коэффициент теплопроводности кислоты 0,15 Вт/(м·К), коэффициент теплоемкости 2,304 кДж/(кг·К), коэффициент динамической вязкости кислоты 0,250·10-3 Па·с, критерий Прандтля Рг= 1,11; ориентировочное значение коэффициента теплопередачи 120 Вт/(м2·К).

1. Рассчитать и подобрать нормализованный спиральный теплооб­менник для охлаждения раствора хлористого кальция водой. Произве­сти гидравлический расчет.

Исходные данные: расход 25% раствора хлористого кальция 15000 кг/ч; начальная температура раствора составляет 100°С, конечная - 30°С; начальная температура воды равна 20°С, конечная - 40°С, давле­ние воды - 0,15 МПа.

Теплофизические свойства теплоносителей при средней рабочей тем­пературе.

Раствор хлористого кальция: плотность 1240 кг/м3; коэффициент ди­намической вязкости 5,9·10-3 Па·с; коэффициент теплоемкости 3060 Дж/(кг·К); коэффициент теплопроводности 0,6 Вт/(м·К), критерий Прандтля Рг=30.

Вода: плотность 995,2 кг/м3; коэффициент теплопроводности 0,62 Вт/(м·К), коэффициент динамической вязкости 0,8·10-3 Па·с; коэффи­циент удельной теплоемкости 4180 Дж/(кг·К); критерий Прандтля Рг=5,4.

Ориентировочное значение коэффициента теплопередачи 300 Вт/(м2·К).

1. Рассчитать и подобрать нормализованный теплообменник для нагревания толуола с помощью насыщенного водяного пара.

Исходные данные: расход толуола 7 кг/с; начальная температура то­луола равна 20°С, конечная - 98°С; абсолютное давление насыщенного водяного пара - 0,15 МПа с содержанием воздуха 0,5%, скорость дви­жения толуола по трубам - 0,3 м/с.

Теплофизические свойства теплоносителей при средней рабочей тем­пературе.

Толуол: плотность 820 кг/м3, коэффициент теплопроводности 0,125 Вт/(м·К), коэффициент динамической вязкости 0,36·10-3 Па·с; коэффи­циент удельной теплоемкости 1800 Дж/(кг-К); критерий Прандтля Рг=5,2.

Водяной пар: плотность 0,892 кг/м3; температура конденсации - 112,7°С; коэффициент теплоемкости 1,8 кДж/(кг·К); удельная теплота конденсации г=2227 кДж/кг; коэффициент, учитывающий наличие 0,6% воздуха в паре; степень черноты е=0,6.

Ориентировочное значение коэффициента теплопередачи 120 Вт/(м2·К).

1. Рассчитать и подобрать нормализованный теплообменник для охлаждения азота водой.

Исходные данные: расход азота 1250 м3/ч, который поступает в меж­трубное пространство при температуре 80°С под абсолютным давле­нием 2 МПа и охлаждается до температуры 30°С; начальная темпера­тура воды 15°С, конечная 25°С.

Теплофизические свойства азота при средней рабочей температуре: плотность 20,8 кг/м3; коэффициент теплопроводности 2,67·10-2 Вт/(м·К); коэффициент теплоемкости 1050 Дж/(кг·К); коэффициент динамической вязкости 0,019·10-3 Па·с.

Теплофизические свойства воды представлены в табл. 1.

1. Рассчитать и подобрать нормализованный кожухотрубчатый конденсатор (дефлегматор) смеси паров органической жидкости и па­ров воды.

Исходные данные: расход пара 1,2 кг/с; начальная температура воды 18°С, конечная 40°С; температура конденсации - 66°С. Теплофизические свойства конденсата при температуре конденсации: теплота конденсации 1180 кДж/кг; коэффициент теплопроводности 0,219 Вт/(м·К); коэффициент динамической вязкости 446·10-6 Па·с; плотность 757 кг/ м3.

Ориентировочное значение коэффициента теплопередачи составляет 600 Вт/(м 2·К).

Теплофизические свойства воды приведены в табл. 1.

1. Рассчитать и подобрать нормализованный пластинчатый тепло­обменник для подогрева коррозионноактивной органической жидко­сти.

Исходные данные: расход жидкости 3 кг/с; начальная температура составляет 20°С, конечная - 80°С; давление насыщенного водяного пара равно 0,6 МПа; температура конденсации водяного пара 160°С. Теплофизические свойства теплоносителей при средней рабочей тем­пературе.

Органическая жидкость: плотность 900 кг/м3; коэффициент динамиче­ской вязкости 536·10-6 Па·с; коэффициент теплопроводности 0,458 Вт/(м·К); коэффициент теплоемкости 3730 Дж/(кг·К); критерий Пран­дтля Рг=4,35.

Конденсат: плотность 908 кг/м3; коэффициент теплопроводности 0,683 Вт/(м·К); коэффициент динамической вязкости 177·10-6 Па·с; удельная теплота парообразования 2095 кДж/кг; критерий Прандтля Рг=1,11. Ориентировочное значение коэффициента теплопередачи составляет 1500 Вт/(м2·К).

1. Рассчитать и подобрать нормализованный теплообменник для охлаждения диэтилового эфира рассолом из холодильной установки. Исходные данные: расход эфира 1,5 кг/с; начальная температура эфи­ра - 35°С, конечная - 5°С; температура рассола на входе - (-6°С).Теплофизические свойства теплоносителей при средней рабочей тем­пературе.

Эфир: плотность 716 кг/м3; коэффициент теплоемкости 2,15·103 Дж/(кг·К); коэффициент динамической вязкости 0,249·10-3 Па·с; коэф­фициент теплопроводности 0,133 Вт/(м·К); критерий Прандтля Рг=4,0. Рассол (20%-ный раствор NaCl): плотность 1150 кг/м3; коэффициент теплоемкости 3,4·103 Дж/(кг·К); коэффициент динамической вязкости 3,23·10-3 Па·с; коэффициент теплопроводности 0,529 Вт/(м·К); крите­рий Прандтля Рг=20,7.

1. Рассчитать и подобрать нормализованный теплообменник для охлаждения воды другой технической водой. Исходные данные: рас­ходы греющей и нагреваемой воды 36 м’/ч: температура греющей во­ды изменяется от 68°С до 47°С; начальная температура нагреваемой воды равна 25°С. Избыточное давление составляет 0,15 МПа. Теплофизические свойства воды приведены в табл. 1.
2. Рассчитать и подобрать нормализованный теплообменник для нагрева в трубном пространстве метилового спирта (100%).

Исходные данные: расход спирта 25 кг/с; его скорость в трубах равна 0,75 м/с; температура на входе составляет 15°С, на выходе - 40°С; тем­пература воды на входе 90°С, охлаждается до 40°С и движется со ско­ростью 0,75 м/с.

Теплофизические свойства метилового спирта: плотность 785 кг/м3; коэффициент теплоемкости 2,52 кДж/(кг·К); коэффициент динамиче­ской вязкости 0,53·10-3Па·с; критерий Прандтля Рг=6,3. Теплофизические свойства воды: суммарная тепловая проводимость обоих загрязнений стенок 1700 Вт/(м2·К); коэффициент теплоотдачи от воды к стенке 840 Вт/(м2·К); остальные свойства воды представле­ны в табл. 1.

1. Рассчитать и подобрать нормализованный теплообменник для охлаждения диэтилового эфира рассолом, поступающим из холодиль­ника.

Исходные данные: расход рассола 10 кг/с; давления эфира и рассола 0,3 МПа; рассол нагревается от (-15°С) до (-12°С); начальная темпера­тура эфира 25°С, конечная (-10°С); скорость движения рассола по тру­бам составляет 1,8 м/с.

Теплофизические свойства теплоносителей при средней рабочей тем­пературе.

Рассол (25% раствор СаС1): плотность 1220 кг/м3; коэффициент дина­мической вязкости 7,165·10-3 Па·с; коэффициент теплопроводности 0,473 Вт/(м·К); коэффициент удельной теплоемкости 2,9 кДж/(кг·К); критерий Прандтля Рг=44.

Диэтиловый эфир: плотность 733 кг/м3; коэффициент динамической вязкости 0,28·10-3 Па·с; коэффициент теплопроводности 0,136 Вт/(м·К); коэффициент теплоемкости с=2,4 кДж/(кг·К); критерий Прандтля Рг=4,4.

Ориентировочное значение коэффициента теплопередачи Кор=400 Вт/(м2·К).

1. Рассчитать и подобрать спиральный теплообменник для подог­рева раствора щелочи конденсатом водяного пара.

Исходные данные: расход щелочи 6 кг/с; начальная температура ще­лочи 50°С, конечная 85°С. Количество нагреваемого агента (конденсат водяного пара) 5кг/с, его начальная температура равна 95°С. Теплофизические свойства теплоносителей при средней рабочей тем­пературе.

Конденсат: плотность ρ=977 кг/м3; коэффициент теплоемкости с=4180 Дж/(кг·К), коэффициент динамической вязкости μ=0.373·10-3 Па·с; ко­эффициент теплопроводности λ=67·10-2Вт/(м·К).

Щелочь (10%-ный раствор NaOH): плотность ρ=1110 кг/м3; коэффи­циент динамической вязкости μ=0,715·10-3 Па·с; коэффициент тепло­проводности λ=57.8·102Вт/(м·К); коэффициент теплоемкости с=3860 Дж/(кг·К).

1. Рассчитать и подобрать нормализованный кожухотрубчатый те­плообменник для охлаждения метилового спирта водой.

Исходные данные: расход спирта 3 кг/с; начальная температура спир­та 60°С, конечная 30°С; расход воды 7,8 кг/с, начальная температура воды равна 25°С. Теплофизические свойства теплоносителей при средней рабочей температуре.

Метиловый спирт: плотность ρ=800 кг/м3; коэффициент динамической вязкости μ=0.61·10-3 Па·с; коэффициент теплоемкости с=2680 Дж/(кг·К); коэффициент теплопроводности λ=0.21 Вт/(м·К).

1. Рассчитать и подобрать нормализованный кожухотрубчатый те­плообменник (кипятильник), присоединенный к кубу ректификацион­ной колонны, для испарения толуола.

Исходные данные: расход толуола 3500 кг/ч; избыточное давление 0,05 МПа; при абсолютном давлении паров толуола 0,15 МПа темпе­ратура кипения толуола в трубном пространстве - 123°С, теплота па­рообразования г=354,5 кДж/кг; при температуре конденсирующего пара 138°С его давление равно 0,35 МПа; теплота конденсации пара г=2160 кДж/кг; плотность пленки конденсата ρ=928 кг/м3; коэффици­ент динамической вязкости конденсата μ=0,2·10-3 Па·с; коэффициент теплопроводности конденсата λ=0.685 Вт/(м·К); удельная теплота ис­парения толуола r=3,5·105 Дж/кг.

1. Рассчитать и подобрать нормализованный спиральный теплооб­менник для охлаждения раствора хлористого кальция водой.

Исходные данные: расход раствора 4,2 кг/с; начальная температура раствора равна 100°С, конечная - 30°С; начальная температура воды составляет 20°С, конечная - 40°С.

Теплофизические свойства раствора (25% СаС1) при средней рабочей температуре: плотность ρ=1240 кг/м3; коэффициент динамической вяз­кости μ=5,9·10-3 Па·с; коэффициент теплоемкости с=3060 Дж/(кг·К); критерий Прандтля Рг=30; коэффициент теплопроводности λ=0.6 Вт/(м·К).

Теплофизические свойства воды приведены в табл. 1.

1. Рассчитать и подобрать нормализованный пластинчатый тепло­обменник для охлаждения водного раствора лимонной кислоты водой.

Исходные данные: расход раствора 8,5 м3/ч**;** температура раствора на входе 80°С, на выходе 30°С; допустимое сопротивление теплообмен­ника по обоим потокам 0,40 МПа.

Теплофизические свойства раствора кислоты при средней рабочей температуре: плотность ρ=1100 кг/м3; коэффициент динамической вязкости μ=7·10-3 Па·с; коэффициент теплоемкости с=3560 Дж/(кг·К); коэффициент теплопроводности λ=0.68 Вт/(м·К).

Теплофизические свойства воды приведены в табл. 1. Ориентировочное значение коэффициента теплопередачи Кор=500 Вт/(м2·К).

1. Рассчитать и подобрать стандартный аппарат воздушного охлаждения для конденсации и последующего охлаждения углеводорода. Исходные данные: расход углеводорода 3,8 кг/с; избыточное давление 0,06 МПа; конечная температура жидкого углеводорода равна 45°С. Температура воздуха на выходе из теплообменника 60°С. По всей длине зоны конденсации температура постоянна и в соответствии с абсолютным давлением 0,16 МПа равна 110°С.

Теплофизические свойства конденсата в зоне конденсации: плотность ρ=760 кг/м3; коэффициент динамической вязкости μ=3·10-4 Па·с; ко­эффициент теплопроводности λ=0,13 Вт/(м·К); коэффициент теплоем­кости с=2450 Дж/(кг·К); теплота конденсации г=3,19·105 Дж/кг. Теплофизические свойства конденсата в зоне охлаждения при средней температуре: плотность ρ=780 кг/м3; коэффициент динамической вяз­кости μ=7,3·10-4 Па·с; коэффициент теплоемкости с=2150 Дж/(кг·К); коэффициент теплопроводности λ=0,14 Вт/(м·К).

Ориентировочное значение коэффициента теплопередачи Кор=200 Вт/(м2·К).

1. Рассчитать и подобрать нормализованный кожухотрубчатый теплообменник для охлаждения толуола водой.

Исходные данные: расход толуола 12,5 кг/с; температура толуола на входе в аппарат равна 105°С, на выходе - 40°С; начальная температура воды 25°С, конечная 35°С.

Теплофизические свойства толуола при средней температуре: плот­ность ρ=821 кг/м3; коэффициент теплоемкости с=1780 Дж/(кг·К); ко­эффициент динамической вязкости μ=0,35·10-3 Па·с.

Теплофизические свойства воды приведены в табл. 1. Ориентировочное значение коэффициента теплопередачи Кор=300 Вт/(м2·К).

1. Рассчитать и подобрать нормализованный теплообменный аппа­рат типа «труба в трубе» для нагревания нефти дистиллятом дизель­ного топлива.

Исходные данные: расход дизельного топлива 16000 кг/ч, его началь­ная температура 265°С, конечная 160°С; расход нефти 80000 кг/ч, тем­пература нефти на входе в аппарат равна 120°С.

Теплофизические свойства теплоносителей при средней рабочей тем­пературе.

Дистиллят дизельного топлива: плотность ρ=696 кг/м3; коэффициент кинематической вязкости υ=l,05·10-6 м2/с: коэффициент теплопровод­ности λ=0,123 Вт/(м·К); коэффициент теплоемкости с=2,64 кДж/(кг·К).

Нефть: плотность ρ=784 кг/м3; коэффициент теплоемкости с=2,282 кДж/(кг·К); коэффициент теплопроводности *λ=*0, 125 Вт/(м-К); коэф­фициент кинематической вязкости υ=l,43·10-6 м2/с.

1. Рассчитать и подобрать нормализованный кожухотрубчатый ис­паритель для нагрева кубовой жидкости ректификационной колонны для выделения пропиленовой фракции водяным паром смеси. Исходные данные: давление в трубном пространстве (кубовой смеси) равно 1,3 МПа, в межтрубном (пара) - 0,5 МПа; расход кубовой жид­кости 5 кг/с; начальная температура кубовой жидкости составляет 60°С, а конечная - 120°С. Начальная температура пара равна 130°С. Теплофизические характеристики теплоносителей при средней рабо­чей температуре.

Кубовая жидкость: плотность ρ=986 кг/м3, температура кипения 120°С; коэффициент теплопроводности *λ=*0,123 Вт/(м·К); коэффици­ент динамической вязкости μ=9,7·10-3 Па·с; коэффициент теплоемкости с=1923 Дж/(кг·К), теплота парообразования г=137,652 кДж/кг, эн­тальпия i=558,9·103 Дж/кг.

Пар: плотность ρ=1,49 кг/м3; коэффициент теплоемкости с=2206 Дж/(кг·К); коэффициент теплопроводности λ=0.026 Вт/(м·К); энталь­пия i=2730·103 Дж/кг.

1. Провести проектный расчет кожухотрубчатого холодильника для охлаждения водой коррозионноактивного кубового остатка ректификационной колонны.

Исходные данные: начальная температура воды равна 20°С, а конеч­ная - 40°С. Расход кубового остатка 4 кг/с с начальной температурой 105,5°С и конечной 30°С. Кубовый остаток, как коррозионноактив­ный, направляется в трубное пространство, а вода - в межтрубное. Теплофизические свойства теплоносителей при средней рабочей тем­пературе.

Кубовый остаток: коэффициент теплоемкости с=4190 Дж/(кг·К), ко­эффициент теплопроводности λ=0.622 Вт/(м·К), плотность ρ=986 кг/м3, коэффициент динамической вязкости μ=0.54 ·10-3 Па·с, коэффициент объемного расширения β1=48·10-5 К-1.

Вода: коэффициент теплоемкости с=4180 Дж/(кг·К), коэффициент те­плопроводности λ=0.618 Вт/(м·К), коэффициент динамической вязко­сти μ=0.804· 10-3Па·с. плотность ρ=996 кг/м3.

1. Провести проектный расчет конденсатора для конденсации па­ров диэтиленгликоля (ДЭГ). Охлаждение осуществляется технической водой, которая подается в трубное пространство.

Исходные данные: расход паров ДЭГ на входе в конденсатор 1,5 кг/ч; начальная температура воды - 20°С, а конечная - 35°С; начальная тем­пература ДЭГа - 140°С. Давление в трубном пространстве равно 0,2 МПа, а в межтрубном -1,5 МПа.

Теплофизические свойства теплоносителей при средней рабочей тем­пературе.

ДЭГ: плотность ρ=986 кг/м3; коэффициент динамической вязкости μ=0,45·10-3 Па·с, удельная теплота конденсации г=754,2 кДж/кг; коэф­фициент теплопроводности λ=0,163 Вт/(м·К).

Вода: плотность воды ρ=996 кг/м3; коэффициент теплоемкости с=4180 Дж/(кг·К); коэффициент динамической вязкости воды μ=0.8·10-3 П·с, коэффициент теплопроводности воды λ=0.612 Вт/(м·К),

1. Рассчитать и подобрать нормализованный кожухотрубчатый конденсатор для конденсации паров ацетона в установке получения ацетона. В качестве охлаждающей жидкости принять воду.

Исходные данные: температура паров ацетона равна 56°С, расход аце­тона составляет 5,2 кг/с, начальная температура воды равна 20°С, ко­нечная - 35°С.

Теплофизические свойства теплоносителей при средней рабочей тем­пературе.

Удельная теплота конденсации паров ацетона г=522,8 кДж/кг, темпе­ратура конденсации паров ацетона 56°С, коэффициент теплопровод­ности ацетона λ=1,05·10-2 Вт/(м·К), плотность конденсата ацетона ρ=750 кг/м3; коэффициент динамической вязкости ацетона μ=0,236·10-3Па·с, коэффициент теплопроводности λ= 1.163 ·10-2 Вт/(м·К), коэффи­циент динамической вязкости воды μ=0,8·10-3 Па·с, плотность воды ρ=993 кг/м3, коэффициент теплоемкости воды с=4180 Дж/(кг·К).

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Поникаров И.И., Гайнуллин М.Г. Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки: Учебник. - Изд. 2-е, пере- раб. и доп. - М.: Альфа-М, 2006. - 608 с.: ил.
2. Машины и аппараты химических производств: Учебник для вузов по специальности «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов»/ И.И. Поникаров, О.А. Пе- релыгин, В.Н. Доронин, М.Г. Гайнуллин. - М.: Машиностроение, 1989.-368 с.
3. Шаповалов Ю.Н., Шейн B.C. Машины и аппараты общехимиче­ского назначения. Учеб. пособие. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 1981. - 304 с.
4. Хуснутдинов В.А., Сайфуллин Р.С., Хабибуллин И.Г. Оборудо­вание производства неорганических веществ: Учеб. пособие для ву­зов. - Л.: Химия, 1987. - 248 с.
5. Проектирование процессов и аппаратов пищевых производств / Под. ред. В. Н. Стабникова.- Киев: Вища школа, 1982. - 199 с.
6. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. Совет: К.В. Фролов (пред.) и др.. Машины и аппараты химических и нефтехимических производств. t.IV - 12 / М.Б. Генералов, В.П. Александров, В.В. Алек­сеев и др.; Под общ. ред. М.Б. Генералова. - М.: Машиностроение, 2004,- 832 с

Пособия по проектированию

1. Основные процессы и аппараты химической технологии: Посо­бие по проектированию / Г.С.Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др./ Под ред. Ю.И. Дытнерского. - 2-е изд. - М.: Химия, 1991,- 496 с.
2. Альперт Л.З. Основы проектирования химических установок. - М.: Высшая школа, 1982. - 304 с.
3. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии: Учебник для техникумов. - Л.: Химия, 1991. - 352 с.
4. Александров И.А. Ректификационные и абсорбционные аппара­ты. Методы расчета и основы конструирования. - 2-е изд. - М.: Хи­мия, 1971.-296 с.
5. Доманский, И В. Машины и аппараты химических производств:
6. Примеры и задачи. Учеб. пособие/ И.В. Доманский, [и др.].- Под общ. ред. В.Н. Соколова- JL: Машиностроение, 1982,- 384 с.
7. Примеры и задачи по курсам МАХП и ОНГП
8. Поникаров И.И., Поникаров С.И., Рачковский С.В. Расчеты ма­шин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки (примеры и задачи): Учебное пособие. - М.: Альфа-М, 2008. - 720 с.
9. Примеры и задачи по курсу «Машины и аппараты химических производств». Под ред. В.М. Ульянова. - Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т., 2003. - 356 с.
10. Машины и аппараты химических производств: Примеры и зада­чи. Учеб. пособие/ И.В. Доманский, В.П. Исаков, Г.М. Островский и др.; Под общ. ред. В.Н. Соколова- JL: Машиностроение, 1982,- 384 с.
11. Сарданашвили А. Г., Львова А. И. Примеры и задачи по техно­логии переработки нефти и газа.- 2-е изд. М.: Химия, 1980,- 256 с.
12. Расчеты основных процессов и аппаратов нефтепереработки: Справочник / Г.Г. Рабинович, П.М. Рябых, П.А. Хохряков и др.; Под ред. Е.Н. Судакова. -3-е изд. М.: Химия, 1979. - 568 с.
13. Кузнецов А.А., Кагерманов С.М., Судаков Е.Н. Расчеты процес­сов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности. -2-е изд. - Л.: Химия, 1974. - 344 с.
14. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М., Курочкина М.И. Методы расчета процессов и аппаратов химической технологии (при­меры и задачи). - СПб: Химия, 1993. - 496 с.
15. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. - Л.: Химия, 1987. - 576 с.
16. Маньковский О.Н., Толчинский А.Р., Александров М.В. Тепло­обменная аппаратура химических производств. Инженерные методы расчета. - Л.: Химия, 1976,- 368 с.
17. Теплопередача и аппаратурное оформление
18. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. - М.: Энергоиздат, 1981. - 417с.
19. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи,- М.: Энер­гия, 1977.-342 с.
20. Лунин О.Г., Вельтищев В.Н. Теплообменные аппараты пищевых производств. - М.: Агропромиздат, 1987,- 239 с.
21. 24.0левский В.М., Ручинский В.Р. Роторно - пленочные тепло- и массообменные аппараты. - М.: Химия, 1977. - 208 с.
22. Барановский Н.В., Коваленко Л.М., Ястребенецкий А.Р. Пла­стинчатые и спиральные теплообменники. - М.: Машиностроение, 1973.-288 с.
23. Дрейцер Г.А. Компактные теплообменные аппараты. - М.: МАИ, 1986.-74 с.
24. Шмеркович В.М. Аппараты воздушного охлаждения для техно­логических установок нефтеперерабатывающих и химических заво­дов. -М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1967,- 131 с.
25. Коваленко Л.М., Глушков А.Ф. Теплообменники с интенсифи­кацией теплоотдачи.-М.: Энергоатомиздат, 1986-240 с.
26. Бажан П.И., Каневец Г.Е., Селиверстов В.М. Справочник по те­плообменным аппаратам. - М.: Машиностроение, 1989. -368с.
27. Справочник по теплообменникам: в 2т. Т. 1 / Пер. с англ. Под ред. Б.С. Петухова, В.К. Шикова.- М.: Энергоатомиздат, 1987. - 560 с.
28. Справочник по теплообменникам: в 2т. Т.2/Пер. с англ. Под ред. О.Г. Мартыненко и др. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - 352 с.
29. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: Справочник.- М.: Энергоатомиздат, 1983. - 552 с.
30. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент: Спра­вочник. - М.: Энергоиздат, 1982. - 510 с.
31. Стандартные кожухотрубчатые теплообменные аппараты обще­го назначения. Каталог. - М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1991. - 39 с.
32. Кожухотрубчатые теплообменные аппараты общего и специ­ального назначения. Каталог. - М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1991. - 106 с.
33. Теплообменники типа «труба в трубе». Каталог. - М.: ЦИНТИ­химнефтемаш, 1979. - 25 с.
34. Трубчатые теплообменные аппараты из фторопласта. Каталог. - М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1984. - 23 с.
35. Аппараты воздушного охлаждения. 4.1 и 4.2. Каталог. - М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1988. - 21 с.
36. Пластинчатые теплообменные аппараты. Каталог. - М.: ЦИН­ТИхимнефтемаш, 1983. - 56 с.
37. Стальные спиральные теплообменники. Каталог. - М.: ЦИНТИ-
38. химнефтемаш, 1976. - 23 с.
39. ГОСТ 9929 - 77. Аппараты теплообменные кожухотрубчатые стальные. Типы. Основные параметры и размеры.
40. ГОСТ 15122 - 79. Теплообменники кожухотрубчатые с непод­вижными трубными решетками и с температурным компенсатором на кожухе.
41. ГОСТ 14246 - 79. Теплообменники кожухотрубчатые с пла­вающей головкой. Основные параметры и размеры.
42. ГОСТ 14245 - 79. Теплообменники кожухотрубчатые с U - об­разными трубами. Основные параметры и размеры.
43. ГОСТ 11875 -79. Аппараты с вращающимися барабанами обще­го назначения. Основные параметры и размеры.
44. Справочник - каталог (Промышленная кожухотрубчатая тепло­обменная аппаратура). - М.: ВНИИНЕФТЕМАШ, ИНТЕК ЛТД, 1992. - 265 с.
45. Массопередача и аппаратурное оформление
46. Кафаров В.В. Основы массопередачи. - 3-е изд. - М.: Высшая школа, 1979,- 494 с.
47. Шервуд Т., Пигфорд Р.Л., Уилки Ч. Массопередача. Пер. с англ.; Под ред. В.А.Малюсова. - М.: Химия, 1982. - 696 с.
48. Александров И.А. Массопередача при ректификации и абсорб­ции многокомпонентных смесей. - Л.: Химия, 1975. - 320 с.
49. Рамм В.М. Абсорбция газов. - М.: Химия, 1976. - 656 с.
50. Семенова Т.А., Лейтес И.Л., Аксельрод Ю.В. и др. Очистка тех­нологических газов. -М.: Химия, 1969. - 392 с.
51. Багатуров С.А. Основы теории и расчета перегонки и ректифи­кации,- 3-е изд. - М.: Химия, 1974. - 439 с.
52. Стабников В.Н. Перегонка и ректификация спирта. - М.: Пище- промиздат, 1962. - 503 с.
53. Петлюк Ф.Б., Серафимов Л.А. Многокомпонентная ректифика­ция. Теория и расчет. - М.: Химия, 1983. - 304 с.
54. Коган В.Б. Азеотропная и экстрактивная ректификация. - Л.: Химия, 1971.-432 с.
55. 56.Основы жидкостной экстракции / Под ред. Г.А. Ягодина.- М.: Химия, 1981,- 400 с.
56. Теплообмен, сушка и оборудование
57. Теория тепломассопереноса /Под ред. А.Н. Леонтьева. - М.: Высшая школа, 1979. - 495 с.
58. Промышленные тепломассообменные процессы и установки / Под ред. А.М. Бакланова. - М.: Энергоиздат. 1986. - 327 с.
59. Промышленные тепломассобменные процессы и установки. / А.М. Бакластов, В.А. Горбенко, О.А. Данилов и др.- М.: Энергоатом­издат, 1986. - 327 с.
60. Лебедев П.Д., Щукин А.А. Теплоиспользующие установки про­мышленных предприятий. - М.: Энергия, 1970,- 408 с.
61. Лыков М.В. Теория сушки. - М.: Энергия, 1968,- 470 с.
62. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности. - М.: Хи­мия, 1976,- 432 с.
63. Романков П.Г., Рашковская Н.Б. Сушка во взвешенном состоя­нии. - 3-е изд. - Л.: Химия, 1979,- 272 с.
64. Сажин Б.С. Основы техники сушки. - М.: Химия, 1984. - 319 с.
65. Лыков М.В., Леончик Б.М. Распылительные сушилки. - М.: Машиностроение, 1966. - 336 с.
66. Сушильные аппараты и установки. Каталог. - М.: ЦИНТИхим­нефтемаш, 1988. - 72 с.
67. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета технологи­ческого и природоохранного оборудования. Справочник, т.2. - Калуга, издательство Н.Бочкаревой, 2002. - 1028 с.
68. Вихман Г.Л., Круглов С.А. Основы конструирования аппара­тов и машин нефтеперерабатывающих заводов. - М.: Машинострое­ние, 1978. - 328 с.
69. Конструирование и расчет машин химических производств / Под. общ. ред. Э.Э. Кольмана-Иванова.- М.: Машиностроение, 1985. - 408 с.
70. Машины химических производств. Атлас конструкций / Под ред. Э.Э. Кольмана-Иванова. - М.: Машиностроение, 1981. - 118 с.
71. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи / М.Ф. Михалев, Н.П. Третьяков, И.А. Мильченко и др.; Под. общ. ред. М.Ф. Михалева. - Л.: Машинострое­ние, 1984. - 301 с.
72. Лащинский А. А. Конструирование сварных химических аппа­ратов: Справочник,- Л: Машиностроение, 1981,- 382 с.
73. Лащинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Справочник. - Л.: Машиностроение,
74. 1970.-752 с.
75. Криворот А. С. Конструкции и основы проектирования машин и аппаратов химической промышленности. Учеб. пособие для техни­кумов. - М.: Машиностроение, 1976. - 376 с.
76. Теплофизические параметры
77. Чиркин B.C. Теплопроводность промышленных материалов. Справочное пособие. - 2-е изд.- М.: Машгиз, 1962,- 247 с.
78. Теплофизические свойства веществ. Справочник. - М. - JL: Госэнергоиздат, 1956,- 367 с.
79. Теплофизический справочник. Под общ. ред. В.Н. Юренева и П. Д. Лебедева, т. 2. - М.: Энергия, 1976. - 896 с.
80. Варгафтик Н.Б. Справочник по тепло физическим свойствам газов и жидкостей. - М.: Физматгиз, 1963. - 708 с.
81. Теплофизические свойства веществ и материалов, вып. 11. - М.: Издательство стандартов, 1977. - 160
82. Бретшнайдер С. Свойства газов и жидкостей. - М.-Л.: Хи­мия,1970,- 535 с

**Приложение**

Таблица 1. Теплофизические свойства воды

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t,0C | ρ,кг/м3 | ср,кДж/(кг·К) | λ·102Вт/(м·К) | υ·106м2/с | Рr |
| 0 | 999,9 | 4,212 | 55,1 | 1,789 | 13,67 |
| 20 | 998,2 | 4,183 | 60,0 | 1,006 | 7,02 |
| 40 | 992,2 | 4,174 | 63,5 | 0,659 | 4,31 |
| 60 | 983,3 | 4,178 | 66,0 | 0,478 | 2,98 |
| 80 | 971,8 | 4,195 | 67,5 | 0,366 | 2,21 |
| 100 | 968,4 | 4,220 | 68,3 | 0,291 | 1,75 |

Таблица 2 Параметры парогазовой смеси

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Компоненты | Температура, | Масс. | Плотность, | Энтальпия, |
| фракции | °С | доли | кг/м3 | кДж/кг |
| Бензин | 45 | 0,96 | 698,8 | 120,2 |
| Вода | 45 | 0,03 | 998,8 | 181,3 |
| Водород | 45 | 0,01 | 2,15 | 489,9 |

Таблица 3. Теплофизические свойства МЭА

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наимено-ваниетеплоно-сителя | Средняятемпе-ратура,°С | Плотность,кг/м3 | Коэффи-­циенттеплопро-­водности,Вт/(м·К) | Теплоем-­кость,кДж/(кг·К) | Кинемати-­ческаявязкость,м2/с |
| Регенери-рованныйраствор | 102 | 960 | 0,59 | 4,18 | 0,34-10"6 |
| Насы-щенныйраствор | 71 | 980 | 0,56 | 4,04 | 0,55-10"6 |