Тепломассообменное оборудование предприятий

**Содержание**

[1. Исходные данные 3](#_Toc15512451)

[2. Расчетная часть 4](#_Toc15512452)

[2.1 Конструктивный расчет 4](#_Toc15512453)

[2.2 Тепловой расчет теплообменника 6](#_Toc15512454)

[Приложение 1 11](#_Toc15512455)

[Список используемой литературы 15](#_Toc15512456)

# Исходные данные

Выполнить тепловой расчет водо-водяного теплообменника типа «труба в трубе». Определить площадь поверхности нагрева и число секций противоточного теплообменника при следующих условиях:

1) коэффициент теплопроводности стальной трубы λст = 51 Вт/м °С;

2) длина одной секции *l* = 2 м;

3) температура греющей воды на входе *t*′ж1 = 95 °С;

4) температура греющей воды на выходе *t*′′ж1 = 70 °С;

5) греющая вода движется по внутренней стальной трубе диаметром

*d*2/*d*1 = 38/34 мм;

6) температура нагреваемой воды на входе *t*′ж2= 5 °С;

7) температура греющей воды на выходе *t*′′ж2= 60 °С;

8) диаметр внешней трубы *D*2/*D*1 = 57/51;

9) количество передаваемой теплоты *Q* = 140 кВт.

# 2. Расчетная часть

## 2.1 Конструктивный расчет

Определяем среднюю температуру греющей воды, 0С:

По температуре t1ср=82,5 0С (таблица 1) находим:

Плотность воды: ρ1 = 970,7 кг/м3;

Удельная теплоемкость воды: Ср1 = 4,198 \*103 Дж / кг\*К;

Коэффициент теплопроводности воды: λ1ж = 0,678 Вт /м \* К;

Коэффициент кинематической вязкости: v1ж = 0,358 \* 10-6 м2/с;

Критерий Прандтля при средней температуре теплоносителя: Рr1ж = 2,18;

Коэффициент температуропроводности: а1ж = 1,657\* 10-7 м2/с.

Определяем средний объемный расход греющей воды, протекающей в межтрубном пространстве, м3/с:

Определяем среднюю температуру нагреваемой воды, 0С:

По температуре t2ср=32,5 0С (таблица 1) находим:

Плотность воды: ρ2 = 995,1 кг/м3;

Удельная теплоемкость воды: Ср2 = 4,174 \*103 Дж / кг\*К;

Коэффициент теплопроводности воды: λ2ж = 0,622 Вт /м \* К;

Коэффициент кинематической вязкости: v1ж = 0,775 \* 10-6 м2/с;

Критерий Прандтля при средней температуре теплоносителя: Рr2ж = 5,38;

Коэффициент температуропроводности: а1ж = 1,495\* 10-7 м2/с.

Определяем средний объемный расход нагреваемой жидкости, м3/с:

Определяем суммарную площадь поперечного сечения трубок в секциях, м3:

где - площадь поперечного сечения трубок в секции, м2;

- скорость течения жидкости в трубках, м/с.

Определяем количество трубок в секции:

По таблице 2 стандартное количество трубок: .

Значение относительного диаметра трубной решетки , где - внутренний диаметр трубной решетки; S - шаг между трубками, который находится по формуле: , тогда внутренний диаметр трубной решетки:

Определяем внутренний диаметр корпуса аппарата:

Определяем внутренний диаметр корпуса:

где k-кольцевой зазор, который равен 0,008м.

Определение площади поперечного сечения корпуса, м2:

Определение площади, занятой трубками, м2:

Определение площади межтрубного пространства, м2:

Отношение площадей

Определяем скорость воды в межтрубном пространстве, м/с:

## 2.2 Тепловой расчет теплообменника

Тепловой расчет производится применительно к многослойной стенке с учетом накипи.

Коэффициент теплопередачи α1, от греющей воды к стенкам труб.

а) Критерия Рейнольдса

где

б) Критерий Нуссельта при турбулентном режиме (Re>10000):

где - критерий Прандтля, который берется по наибольшей температуре – 82,5 0C,

Коэффициент от стенке к трубе с нагревающей жидкостью.

а) Критерий Рейннальдса:

б) Критерий Нуссельта при турбулентном режиме (Re>10000):

Коэффициент теплоотдачи

Поверхность теплообменника, м2

где средняя температура равна, 0С:

Длина трубок в секции, м:

где - средний диаметр, который равен, м:

Число секций:

где l нормативная длина секции, равная 4,08м

Данный подогреватель типа: ВВПЛ-100

**Выводы**

Теплоносителями тепловых аппаратов рассматриваемого типа является жидкость и пар. Жидкость (горячую воду) можно транспортировать на большее расстояние, чем водяной пар. Достоинством воды как теплоносителя является сравнительно высокий коэффициент теплообмена. Понижение температуры воды в хорошо изолированных трубопроводах составляет не более 1°С на 1 км.

Выбран секционный трубчатый теплообменник типа ВВПЛ-100, состоящий из 1 секции. Эти теплообменники при одинаковых расходах жидкостей имеют меньшую разницу в скоростях движения теплоносителей в трубках и межтрубчатом пространстве и повышенные коэффициенты теплопередачи по сравнению с обычными трубчатыми теплообменниками.

## Приложение 1

Таблица 1. Физические параметры воды на линии насыщения.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t oC | p,бар | Cp.10-3Дж/(кг\*К) | λ, Вт/(м\*К) | а.107,м2/с | μ.105Н.с/м2 | v.106;м2/с | Рr |
| 0 | 0,0060 | 4,212 | 0,551 | 1,300 | 178,8 | 1,789 | 13,67 |
| 10 | 0,0122 | 4,191 | 0,575 | 1,370 | 130,5 | 1,306 | 9,52 |
| 20 | 0,0233 | 4,183 | 0,599 | 1,430 | 100,4 | 1,006 | 7,02 |
| 30 | 0,042 | 4,174 | 0,618 | 1,490 | 80,1 | 0,805 | 5,42 |
| 40 | 0,0730 | 4,174 | 0,634 | 1,530 | 65,3 4 | 0,659 | 4,31 |
| 50 | 0,1233 | 4,174 | 0,648 | 1,570 | 54,9 | 0,556 | 3,54 |
| 60 | 0,1992 | 4,178 | 0,659 | 1,600 | 47,0 | 0,478 | 2,98 |
| 70 | 0,3116 | 4,187 | 0,668 | 1,630 | 40,6 | 0,415 | 2,55 |
| 80 | 0,4736 | 4,195 | 0,675 | 1,650 | 35,5 | 0,365 | 2,21 |
| 90 | 0,7011 | 4,208 | 0,680 | 1,670 | 31,5 | 0,3261 | 1,95 |
| 100 | 1,0132 | 4,220 | 0,683 | 1,680 | 28,2 | 0,295 | 1,75 |
| 110 | 1,4527 | 4,233 | 0,685 | 1,700 | 25,9 | 0,272 | 1,60 |
| 120 | 1,9854 | 4,250'г-«"\*»\*\*\*?\*ге^ | 0,686 | 1,710 | 23,7 | 0,252 | 1,47 |
| 130 | 2,7011 | 4,266 | 0,686 | 1,720 | 21,8 | 0,233 | 1,36 |
| 140 | 3,614 | 4,287 | 0,685 | 1,735 | 20,1 | 0,217 | 1,26 |
| 150 | 4,760 | 4,312 | 0,684 | 1,727 | 18,6 | 0,203 | 1,17 |
| 160 | 6,180 | 4,346 | 0,686 | 1,730 | 17,4 | 0,191 | 1,10 |
| 170 | 7,920 | 4,379 | 0,679 | 1,727 | 16,3 | 0,181 | 1,05 |
| 180 | 10,027 | 4,417 | 0,675 | 1,720 | 15,3 | 0,173 | 1,00 |
| 190 | 12,553 | 4,459 | 0,670 | 1,710 | 14,4 | 0,165 | 0,96 |
| 200 | 15,550 | 4,505 | 0,663 | 1,700 | 13,6 | 0,158 | 0,93 |
| 220 | 23,202 | 4,614 | 0,645 | 1,660 | 12,5 | 0,148 | 0,89 |
| 240 | 33,480 | 4,756 | 0,628 | 1,622 | 11,5 | 0,141 | 0,87 |
| 260 | 46,940 | 4,949 | 0,605 | 1,558 | 10,6 | 0,135 | 0,87 |
| 280 | 64,19 | 5,14 | 0,575 | 1,463 | 9,8 | 0,131 | 0,90 |
| 300 | 85,92 | 5,736 | 0,510 | 1,319 | 9,5 | 0,128 | 0,97 |
| 320 | 112,90 | 6,473 | 0,506 | 1,152 | 8,5 | 0,128 | 1,11 |
| 340 | 116,08 | 8,163 | 0,457 | 0,916 | 7,7 | 0,127 | 1,39 |
| 360 | 186,74 | 13,984 | 0,393 | 0,536 | 6,7 | 0,126 | 2,35 |

Таблица 2. Значение относительного диаметра трубной решетки D′/S′ в зависимости от числа трубок при ромбическом (n1) и концентрическом (n2) размещении.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| D′ / S′ | n1 | n2 | D′ / S′ | n1 | n2 |
| 2 | 7 | 7 | 22 | 439 | 410 |
| 4 | 19 | 19 | 24 | 517 | 485 |
| 6 | 37 | 37 | 26 | 613 | 566 |
| 8 | 61 | 62 | 28 | 721 | 653 |
| 10 | 91 | 93 | 30 | 823 | 747 |
| 12 | 127 | 130 | 32 | 931 | 847 |
| 14 | 187 | 173 | 34 | 1045 | 953 |
| 16 | 241 | 223 | 36 | 1165 | 1066 |
| 18 | 301 | 179 | 38 | 1306 | 1185 |
| 20 | 367 | 341 | 40 | 1459 | 1310 |

Таблица 3. Значение коэффициента А в формуле (1).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Температура t, ° С | А | | Температура t, ° С | А | |
| Для воды | Для воздуха | Для воды | Для воздуха |
| 20 | 2000 | 3,3 | 110 | 3400 | 2,88 |
| 30 | 2100 | 3,24 | 120 | 3500 | 2,80 |
| 40 | 2400 | 3,21 | 130 | 3600 | 2,78 |
| 50 | 2600 | 3,14 | 140 | 3780 | 2,77 |
| 60 | 2700 | 3,11 | 150 | 3850 | 2,75 |
| 70 | 2850 | 3,06 | 160 | 3920 | 2,73 |
| 80 | 3000 | 3,02 | 170 | 4000 | 2,67 |
| 90 | 3100 | 3,01 | 180 | 4100 | 2,64 |
| 100 | 3300 | 2,90 |  |  |  |

Таблица 4. Основные данные о водо-водяных подогревателях для городского водоснабжения.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Обозначение подогревателя | | | | | | | |
| ВВПЛ-50 | ВВПЛ-60 | ВВПЛ-80 | ВВПЛ-100 | ВВПЛ-150 | ВВПЛ-200 | ВВПЛ-250 | ВВПЛ-300 |
| Наружный диаметр корпуса Dн, mm | 57 | 70 | 89 | 114 | 168 | 219 | 273 | 325 |
| Внутренний диаметр корпуса Dв, mm | 50 | 63 | 82 | 106 | 156 | 207 | 259 | 309 |
| Число трубок в секции n, шт. | 4 | 7 | 12 | 19 | 37 | 69 | 109 | 151 |
| Удельная поверхность нагрева Fy, m2/m | 0,193 | 0,34 | 0,58 | 0,92 | 1,78 | 3,33 | 5,25 | 7,28 |
| Поверхность нагрева одной секции нормальной длинны F, m2 | 0,77 | 1,36 | 2,3 | 3,7 | 7,1 | 1 3,3 | 21 | 29,1 |
| Площадь живого сечения межтрубного пространства одной секции, fmt, m2 | 0,00116 | 0,00173 | 0,00297 | 0,005 | 0,0122 | 0,0198 | 0,0308 | 0,0446 |
| Отношение площади межтрубного пространства к площади трубок, fm/ft | 1,76 | 1,5 | 1,5 | 1,58 | 2 | 1,75 | 1,72 | 1,78 |
| Основные размеры, мм | | | | | | | | |
| dh | 45 | 57 | 70 | 89 | 133 | 168 | 219 | 273 |
| dh1 | 45 | 57 | 70 | 89 | 114 | '168 | 219 | 219 |
| L3 | 4409 | 4464 | 4503 | 4568 | 4722 | 4917 | 5075 | 5277 |
| Н | 200 | 240 | 260 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 |
| Вес одной секции с калачом, кг. | 43 | 54 | 77 | 100 | 201 | 327 | 492 | 680 |

Примечание. Трубки латунные диаметром (внутренний / наружный) 14,5/16мм. Нормальная длина секции 4080 мм.

# Список используемой литературы

1.Лебедев П.Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. М., «Энергия», 1972.

2. Теплотехнический справочник, т. 1 и 2. М., Госэнергоиздат, 1958.

3.Хоблер Тадеуш. Теплопередача и теплообменники. М., Госхимиздат, 1961.

4.Григорьев В.А. и др. Под ред. П.Д. Лебедева. Краткий справочник по теплообменным аппаратам. М., Госэнергоиздат, 1962.

5.Кейс В.М., Лондон А.Л. Компактные теплообменники. М., Госэнергоиздат, 1962.