

Лекция №7

3.5. Тепловой и гидравлический расчет горизонтальных секционных кожухотрубных водо-водяных подогревателей

Горизонтальные секционные скоростные подогреватели по ГОСТ 27590 с трубной системой из прямых гладких или профилированных труб отличаются тем, что для устранения прогиба трубок устанавливаются двухсекторные опорные перегородки, представляющие собой часть трубной решетки. Такая конструкция опорных перегородок облегчает установку трубок и их замену в условиях эксплуатации, так как отверстия опорных перегородок расположены соосно с отверстиями трубных решеток.

Каждая опора установлена со смещением относительно друг друга на 60° , что повышает турбулизацию потока теплоносителя, проходящего по межтрубному пространству, и приводит к увеличению коэффициента теплоотдачи от теплоносителя к стенке трубок, а соответственно возрастает теплосъем с 1 м^2 поверхности нагрева. Используются латунные трубки наружным диаметром 16 мм, толщиной стенки 1 мм по ГОСТ 21646 и ГОСТ 494.

Еще большее увеличение коэффициента теплопередачи достигается применением в трубном пучке вместо гладких латунных трубок профилированных, которые изготавливаются из тех же трубок путем выдавливания на них роликом поперечных или винтовых канавок, что приводит к турбулизации пристенного потока жидкости внутри трубок.

Водоподогреватели состоят из секций, которые соединяются между собой калачами по трубному пространству и патрубками – по межтрубному (см. рис. 3.1–3.4). В зависимости от конструкции водоподогреватели для систем горячего водоснабжения имеют следующие условные обозначения: для разъемной конструкции с гладкими трубками – РГ, с профилированными – РП; для сварной конструкции – соответственно СГ, СП.

Пример условного обозначения водоподогревателя разъемного типа с наружным диаметром корпуса секции 219 мм, длиной секции 4 м, без компенсатора теплового расширения, на условное давление 1,0 МПа, с трубной системой из гладких трубок из пяти секций, климатического исполнения УЗ: ПВ 219 × 4-1, 0-РГ-5-УЗ ГОСТ 27590.

Технические характеристики водоподогревателей по ГОСТ 27590 приведены в Приложении 3 (см. табл. П.3.1), а номинальные габариты и присоединительные размеры – в табл. П.3.2.

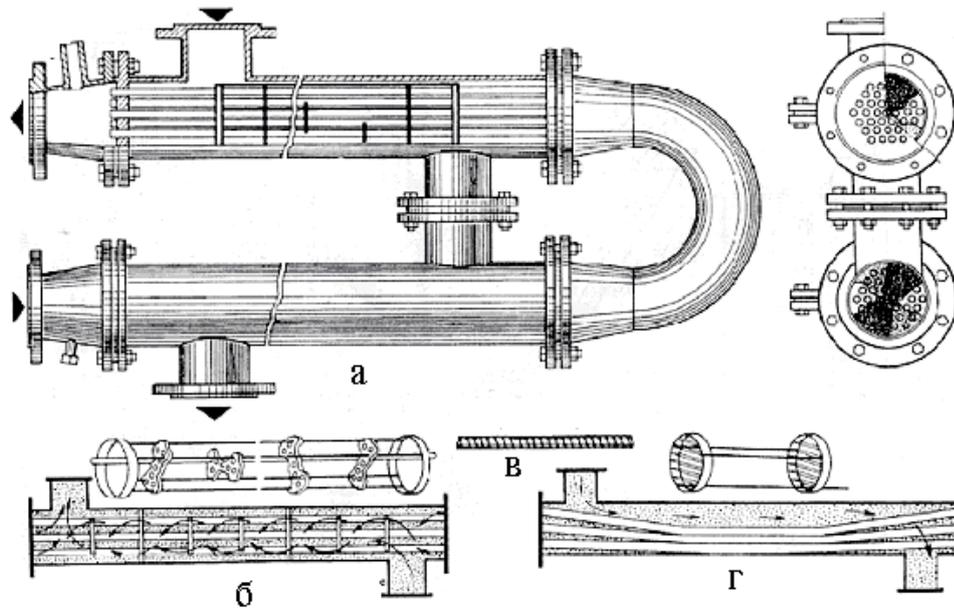


Рис. 3.1. Общий вид горизонтального секционного кожухотрубного водоподогревателя с опорами-турбулизаторами:

a – общий вид подогревателя; *б* – схема движения теплоносителя в межтрубном пространстве подогревателя с опорами-турбулизаторами; *в* – профильная трубка; *г* – существующий подогреватель после 6-ти лет эксплуатации с опорами в виде полок

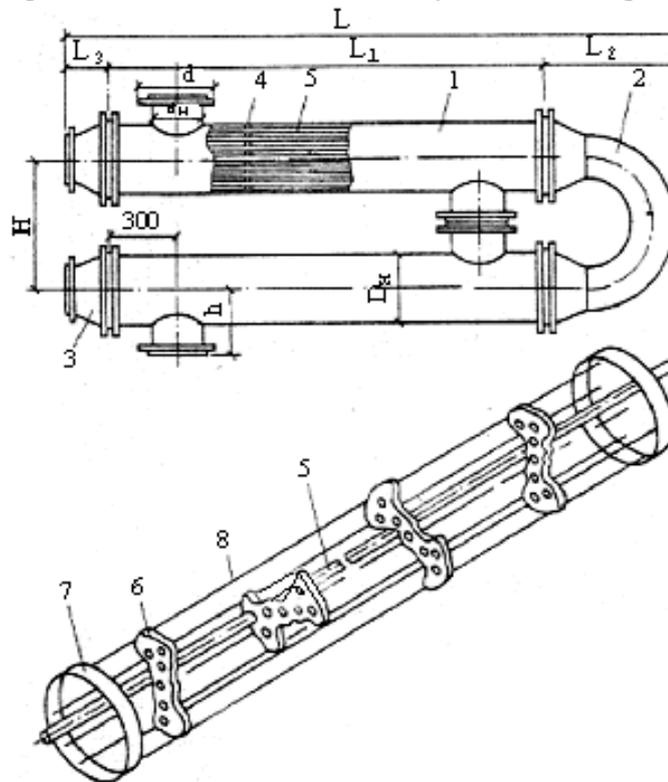


Рис. 3.2. Конструктивные размеры водоподогревателя:
 1 – секция; 2 – калач; 3 – переход; 4 – блок опорных перегородок;
 5 – трубки; 6 – перегородка опорная; 7 – кольцо; 8 – пруток

Исполнение 1 Исполнение 3

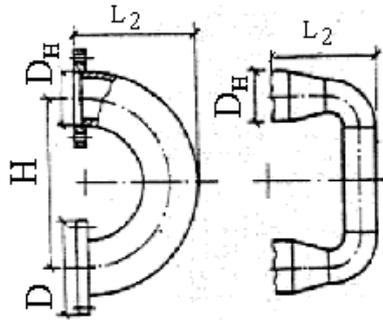


Рис. 3.3. Калач соединительный

Исполнение 1 Исполнение 2

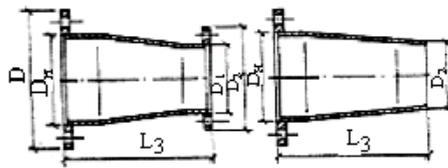


Рис. 3.4. Переход

3.5.1. Методика расчета водоподогревателей горячего водоснабжения

Ниже приводится алгоритм теплового и гидравлического расчета секционного водоводяного теплообменника.

1. Для выбора необходимого типоразмера водоподогревателя предварительно задаемся оптимальной скоростью нагреваемой воды в трубках водоподогревателя ($W_{\text{тр}} = 1$ м/с) и, исходя из двухпоточной компоновки каждой ступени, определяем необходимое сечение трубок $f_{\text{тр}}^{\text{усл}}$:

$$f_{\text{тр}}^{\text{усл}} = \frac{G_{\text{ГВС}}^{\text{max}}}{2 \cdot 3600 \cdot W_{\text{тр}} \rho}, \text{ м}^2. \quad (3.34)$$

В соответствии с полученной величиной $f_{\text{тр}}^{\text{усл}}$ и по табл. П.3.1 выбирается необходимый типоразмер водоподогревателя.

2. Для выбранного типоразмера водоподогревателя определяются фактические скорости воды в трубках и межтрубном пространстве:

$$W_{\text{тр}} = \frac{G_{\text{ГВС}}^{\text{max}}}{2 \cdot 3600 \cdot f_{\text{тр}} \rho}, \text{ м/с}. \quad (3.35)$$

$$W_{\text{мтр}} = \frac{G_{\text{ГВС}}^{\text{max}}}{2 \cdot 3600 \cdot f_{\text{мтр}} \rho}, \text{ м/с}. \quad (3.36)$$

3. Коэффициент теплоотдачи α_1 от греющей воды к стенке трубки

$$\alpha_1 = 1,16 \left[1210 + 18t_{\text{ср}}^{\text{ГР}} - 0,038(t_{\text{ср}}^{\text{ГР}})^2 \right] \frac{W_{\text{МТР}}^{0,8}}{d_{\text{ЭКВ}}^{0,2}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}), \quad (3.37)$$

где

$$t_{\text{ср}}^{\text{ГР}} = \frac{t_{\text{ВХ}}^{\text{ГР}} + t_{\text{ВЫХ}}^{\text{ГР}}}{2}, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (3.38)$$

Эквивалентный диаметр межтрубного пространства

$$d_{\text{ЭКВ}} = \frac{D_{\text{ВН}}^2 - n \cdot d_{\text{НАР}}^2}{D_{\text{ВН}}^2 + n \cdot d_{\text{НАР}}^2}, \text{ м}. \quad (3.39)$$

Для выбранного типоразмера водоподогревателя $d_{\text{ЭКВ}}$ принимается по табл. П. 3.1.

4. Коэффициент теплоотдачи α_2 от стенки трубки к нагреваемой воде определяется по формуле

$$\alpha_2 = 1,16 \left[1210 + 18t_{\text{ср}}^{\text{Н}} - 0,038(t_{\text{ср}}^{\text{Н}})^2 \right] \frac{W_{\text{ТР}}^{0,8}}{d_{\text{ВН}}^{0,2}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}), \quad (3.40)$$

где

$$t_{\text{ср}}^{\text{Н}} = \frac{t_{\text{ВХ}}^{\text{Н}} + t_{\text{ВЫХ}}^{\text{Н}}}{2}, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (3.41)$$

5. Коэффициент теплопередачи водоподогревателя K

$$K = \frac{\psi \cdot \beta}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_{\text{СТ}}}{\lambda_{\text{СТ}}}}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}), \quad (3.42)$$

где ψ – коэффициент эффективности теплообмена для гладкотрубных водоподогревателей с опорами в виде полок $\psi = 0,95$; для гладкотрубных с блоком опорных перегородок $\psi = 1,2$; для профилированных и с блоком опорных перегородок $\psi = 1,65$;

β – коэффициент, учитывающий загрязнение поверхности труб в зависимости от химических свойств воды, принимается $\beta = 0,8 - 0,95$.

6. При заданной величине расчетной производительности водоподогревателя $Q_{\text{ГВС}}^{\text{П}}$ по полученным значениям коэффициента теплопередачи K и среднелогарифмической разности температур Δt определяется необходимая поверхность нагрева водоподогревателя F по формуле (3.16).

7. Число секций водоподогревателя в одном потоке N , исходя из двухпоточной компоновки,

$$N = \frac{F}{2f_{\text{сек}}}, \text{ шт.} \quad (3.43)$$

Если величина N , полученная по формуле (3.42), имеет дробную часть, составляющую более 0,2, число секций следует округлять в большую сторону.

8. Потери давления ΔP в водоподогревателях следует определять по формулам:

- для нагреваемой воды, проходящей в гладких трубах:
 - а) при длине секции 4 м

$$\Delta P_{\text{н}} = \varphi 7,5 \left(\frac{g_{\text{г}}}{f_{\text{тр}} \cdot \rho} \right)^2 N, \text{ кПа}, \quad (3.44)$$

где $g_{\text{г}}$ – максимальный расчетный секундный расход воды на горячее водоснабжение, л/с;

- б) при длине секции 2 м

$$\Delta P_{\text{н}} = \varphi \cdot 5 \left(\frac{g_{\text{г}}}{f_{\text{тр}} \cdot \rho} \right)^2 N, \text{ кПа}, \quad (3.45)$$

где φ – коэффициент, учитывающий накипеобразование, принимается по опытным данным, при их отсутствии – следует принимать $\varphi = 2-3$; для нагреваемой воды, проходящей в профилированных трубах, в формулы (3.44) и (3.45) вводится повышающий коэффициент 3;

- для греющей воды, проходящей в межтрубном пространстве,

$$\Delta P_{\text{гр}} = B W_{\text{мтр}}^2 N, \text{ кПа}. \quad (3.46)$$

Коэффициент B приведен в табл. 3.3.

Таблица 3.3

Коэффициент B

Наружный диаметр корпуса секции $D_{\text{н}}$, мм	Значение коэффициента B при длине секции, м	
	2	4
57	25	30
76	25	30
89	25	30
114	18	25
168	11	25
219	11	24
273	11	20
325	11	20

3.5.2. Пример расчета для двухступенчатой схемы присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения с ограничением максимального расхода воды из тепловой сети на ввод регулированием подачи теплоты на отопление

Выбрать и рассчитать водоподогревательную установку для системы горячего водоснабжения центрального теплового пункта на 1516 условных квартир (заселенность – 3,5 чел. на квартиру), оборудованную водоподогревателями, состоящими из секций кожухотрубного типа с трубной системой из прямых гладких трубок и блоками опорных перегородок по ГОСТ 27590.

Водоподогреватели присоединены к тепловой сети по двухступенчатой смешанной схеме с ограничением максимального расхода воды из тепловой сети на тепловой ввод.

Система отопления присоединена к тепловым сетям по зависимой схеме с автоматическим регулированием подачи теплоты.

Баки-аккумуляторы нагреваемой воды как в ЦТП, так и у потребителей отсутствуют. Исходные данные:

1. Регулирование отпуска теплоты в системе централизованного теплоснабжения принято центральное, качественное по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения.

2. Температура теплоносителя (греющей воды) в тепловой сети в соответствии с принятым для данной системы теплоснабжения графиком изменения температуры воды в зависимости от температуры наружного воздуха принята:

- при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления $t_0^p = -26$ °С:

- в подающем трубопроводе $\tau_1 = 150$ °С;

- в обратном трубопроводе $\tau_2 = 70$ °С;

- в точке излома графика температуры $t'_н = -2,3$ °С:

- в подающем трубопроводе $\tau'_1 = 80$ °С;

- в обратном трубопроводе $\tau'_2 = 42$ °С.

3. Температура холодной водопроводной (нагреваемой) воды в отопительный период, поступающей в водоподогреватель I-й ступени, $t_x = 2$ °С (по данным эксплуатации).

4. Температура воды, поступающей в систему горячего водоснабжения на выходе из II-й ступени водоподогревателя, $t_r = 60$ °С.

5. Максимальный тепловой поток на отопление потребителей, присоединенных к ЦТП, $Q_0^p = 5,82 \cdot 10^6$ Вт.

6. Расчетная тепловая производительность водоводяных подогревателей $Q_{ГВС}^п = 4,57 \cdot 10^6$ Вт.

7. Максимальный расчетный секундный расход воды на горячее водоснабжение $g_r = 21,6$ л/с.

Порядок расчета:

1. Максимальный расход сетевой воды на отопление

$$G_o^p = \frac{3,6 \cdot Q_o^p}{c(\tau_1 - \tau_2)} = \frac{3,6 \cdot 5,82 \cdot 10^6}{4,2(150 - 70)} = 62,5 \cdot 10^3 \text{ кг/ч.}$$

2. Максимальный расход греющей воды на горячее водоснабжение

$$G_{ГВС}^{\max} = \frac{3,6 \cdot 0,55 \cdot Q_{ГВС}^{\max}}{c(\tau_1' - \tau_2')} = \frac{3,6 \cdot 0,55 \cdot 4,57 \cdot 10^6}{4,2(80 - 42)} = 57 \cdot 10^3 \text{ кг/ч.}$$

3. Для ограничения максимального расхода сетевой воды на ЦТП в качестве расчетного принимается больший из двух расходов, полученных по пп. 1,2

$$G_{цтп} = G_o^p = 62,5 \cdot 10^3 \text{ кг/ч.}$$

4. Максимальный расход нагреваемой воды через I-ю и II-ю ступени водоподогревателя

$$G_{ГВС}^{\max} = \frac{3,6 \cdot Q_{ГВС}^{\max}}{c(t_r - t_x)} = \frac{3,6 \cdot 4,57 \cdot 10^6}{4,2(60 - 2)} = 68 \cdot 10^3 \text{ кг/ч.}$$

5. Температура нагреваемой воды за водоподогревателем I-й ступени

$$t_r^I = \tau_1' - 5 = 42 - 5 = 37 \text{ }^\circ\text{C.}$$

6. Расчетная производительность водоподогревателя I-й ступени

$$Q_r^{II} = G_r^{\max} (t_r^{II} - t_x) \cdot \left(\frac{c}{3,6} \right) = 68 \cdot 10^3 \cdot (37 - 2) \left(\frac{4,2}{3,6} \right) = 2,76 \cdot 10^6 \text{ Вт.}$$

7. Расчетная производительность водоподогревателя II-й ступени

$$Q_r^{III} = Q_r^{II} - Q_r^{II} = 4,57 \cdot 10^6 - 2,76 \cdot 10^6 = 1,81 \cdot 10^6 \text{ Вт.}$$

8. Температура греющей воды на выходе из водоподогревателя II-й ступени τ_2^{II} и на входе в водоподогреватель I-й ступени τ_1^I

$$\tau_2^{II} = \tau_1^I = \tau_1' - \frac{3,6 Q_{ГВС}^{III}}{c G_o^p} = 80 - \frac{3,6 \cdot 1,81 \cdot 10^6}{4,2 \cdot 62,5 \cdot 10^3} = 55 \text{ }^\circ\text{C.}$$

9. Температура греющей воды на выходе из водоподогревателя I-й ступени

$$\tau_2^I = \tau_1' - \frac{3,6 Q_{ГВС}^{II}}{c \cdot G_o^p} = 80 - \frac{3,6 \cdot 4,47 \cdot 10^6}{4,2 \cdot 62,5 \cdot 10^3} = 17 \text{ }^\circ\text{C.}$$

10. Среднегеометрическая разность температур между греющей и нагреваемой водой для I-й ступени водоподогревателя

$$\Delta t_{\text{ср}}^{\text{I}} = \frac{\Delta t_{\text{б}} - \Delta t_{\text{м}}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}}} = \frac{(55 - 37) - (17 - 2)}{2,3 \lg \frac{18}{15}} = 16,5 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

11. Среднелогарифмическая разность температур между греющей и нагреваемой водой для II-й ступени водоподогревателя

$$\Delta t_{\text{ср}}^{\text{II}} = \frac{\Delta t_{\text{б}} - \Delta t_{\text{м}}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{\text{б}}}{\Delta t_{\text{м}}}} = \frac{(80 - 60) - (55 - 37)}{2,3 \lg \frac{20}{18}} = 19 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

12. В соответствии с п. 1 определяется необходимое сечение трубок водоподогревателя при скорости воды в трубках $W_{\text{тр}} = 1 \text{ м/с}$ и двухпоточной схеме включения

$$f_{\text{тр}}^{\text{усл}} = \frac{G_{\text{г}}^{\text{max}}}{2 \cdot 3600 \cdot W_{\text{тр}} \cdot \rho} = \frac{68 \cdot 10^3}{2 \cdot 3600 \cdot 1 \cdot 10^3} = 0,0094 \text{ м}^2.$$

По полученной величине $f_{\text{тр}}^{\text{усл}}$ по табл. П.3.1 подбираем тип водоподогревателя со следующими характеристиками:

$$f_{\text{тр}} = 0,0093 \text{ м}^2;$$

$$D_{\text{н}} = 219 \text{ мм};$$

$$f_{\text{мтр}} = 0,02139 \text{ м}^2;$$

$$d_{\text{экв}} = 0,0224 \text{ м};$$

$$f_{\text{сек}} = 11,51 \text{ м}^2 \text{ (при длине секции 4 м);}$$

$$\frac{d_{\text{нар}}}{d_{\text{вн}}} = \frac{16}{14} \text{ мм.}$$

13. Скорость воды в трубках при двухпоточной компоновке

$$W_{\text{тр}} = \frac{G_{\text{г}}^{\text{max}}}{2 \cdot 3600 \cdot f_{\text{тр}} \cdot \rho} = \frac{68 \cdot 10^3}{2 \cdot 3600 \cdot 0,0093 \cdot 10^3} = 1,01 \text{ м/с.}$$

14. Скорость воды в межтрубном пространстве при двухпоточной компоновке

$$W_{\text{мтр}} = \frac{G_{\text{гвс}}^{\text{max}}}{2 \cdot 3600 \cdot f_{\text{мтр}} \cdot \rho} = \frac{62,5 \cdot 10^3}{2 \cdot 3600 \cdot 0,02139 \cdot 10^3} = 0,41 \text{ м/с.}$$

15. Расчет водоподогревателя I-й ступени:

а) средняя температура греющей воды

$$t_{\text{ср}}^{\text{ГР}} = \frac{t_{\text{ВХ}}^{\text{ГР}} + t_{\text{ВЫХ}}^{\text{ГР}}}{2} = \frac{55 + 17}{2} = 36 \text{ } ^\circ\text{C};$$

б) средняя температура нагреваемой воды

$$t_{\text{ср}}^{\text{Н}} = \frac{t_{\text{ВХ}}^{\text{Н}} + t_{\text{ВЫХ}}^{\text{Н}}}{2} = \frac{2 + 37}{2} = 19,5 \text{ } ^\circ\text{C};$$

в) коэффициент теплоотдачи от греющей воды к стенке трубки

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 1,16 \left[1210 + 18t_{\text{ср}}^{\text{ГР}} - 0,038(t_{\text{ср}}^{\text{ГР}})^2 \right] \frac{W_{\text{МТР}}^{0,8}}{d_{\text{ЭКВ}}^{0,2}} = \\ &= 1,16 \left[1210 + 18 \cdot 36 - 0,038 \cdot 36^2 \right] \cdot \frac{0,41^{0,8}}{0,0224^{0,2}} = 2187 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}); \end{aligned}$$

г) коэффициент теплоотдачи от стенки трубки к нагреваемой воде

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= 1,16 \left[1210 + 18t_{\text{ср}}^{\text{Н}} - 0,038(t_{\text{ср}}^{\text{Н}})^2 \right] \frac{W_{\text{ТР}}^{0,8}}{d_{\text{ВН}}^{0,2}} = \\ &= 1,16 \left[1210 + 18 \cdot 19,5 - 0,038 \cdot 19,5^2 \right] \cdot \frac{1,01^{0,8}}{0,014^{0,2}} = 4222 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}); \end{aligned}$$

д) коэффициент теплопередачи, при $\beta = 0,9$,

$$K = \frac{\psi \cdot \beta}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_{\text{СТ}}}{\lambda_{\text{СТ}}}} = \frac{1,2 \cdot 0,9}{\frac{1}{2187} + \frac{1}{4222} + \frac{0,001}{105}} = 1535 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

Коэффициент ψ принят равным 1,2 для гладких трубок.

е) требуемая поверхность нагрева водоподогревателя I-й ступени

$$F_{\text{ТР}}^{\text{I}} = \frac{Q_{\text{Г}}^{\text{П}}}{K^{\text{I}} \Delta t_{\text{ср}}^{\text{I}}} = \frac{2,76 \cdot 10^6}{1535 \cdot 16,5} = 108,7 \text{ м}^2;$$

ж) число секций водоподогревателя I-й ступени при длине секции 4 м

$$N^{\text{I}} = \frac{F^{\text{I}}}{2 \cdot f_{\text{СЕК}}} = \frac{108,7}{2 \cdot 11,51} = 4,72 \text{ секции.}$$

Принимаем 5 секций в одном потоке; действительная поверхность нагрева будет $F^{\text{I}} = 11,51 \cdot 2 \cdot 5 = 115 \text{ м}^2$.

16. Расчет водоподогревателя II-й ступени:

а) средняя температура греющей воды

$$\tau_{\text{ср}}^{\text{гр}} = \frac{\tau_{\text{вх}}^{\text{гр}} + \tau_{\text{вых}}^{\text{гр}}}{2} = \frac{80 + 55}{2} = 67,5 \text{ } ^\circ\text{C};$$

б) средняя температура нагреваемой воды

$$t_{\text{ср}}^{\text{н}} = \frac{t_{\text{вх}}^{\text{н}} + t_{\text{вых}}^{\text{н}}}{2} = \frac{37 + 60}{2} = 48,5 \text{ } ^\circ\text{C};$$

в) коэффициент теплопередачи от греющей воды к стенке трубки

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= 1,16 \left[1210 + 18t_{\text{ср}}^{\text{гр}} - 0,038(t_{\text{ср}}^{\text{гр}})^2 \right] \frac{W_{\text{МТР}}^{0,8}}{d_{\text{ЭКВ}}^{0,2}} = \\ &= 1,16 \left[1210 + 18 \cdot 67,5 - 0,038 \cdot 67,5^2 \right] \cdot \frac{0,41^{0,8}}{0,0224^{0,2}} = 2730 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}); \end{aligned}$$

г) коэффициент теплоотдачи от стенки трубки к нагреваемой воде

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= 1,16 \left[1210 + 18t_{\text{ср}}^{\text{н}} - 0,038(t_{\text{ср}}^{\text{н}})^2 \right] \frac{W_{\text{ТР}}^{0,8}}{d_{\text{ВН}}^{0,2}} = \\ &= 1,16 \left[1210 + 18 \cdot 48,5 - 0,038 \cdot 48,5^2 \right] \cdot \frac{1,01^{0,8}}{0,014^{0,2}} = 5443 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}); \end{aligned}$$

д) коэффициент теплопередачи, при $\beta = 0,9$,

$$K^{\text{II}} = \frac{\psi \cdot \beta}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_{\text{СТ}}}{\lambda_{\text{СТ}}}} = \frac{1,2 \cdot 0,9}{\frac{1}{2730} + \frac{1}{5433} + \frac{0,001}{105}} = 1931 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C});$$

е) требуемая поверхность нагрева водоподогревателя II-й ступени

$$F_{\text{ТР}}^{\text{II}} = \frac{Q_{\text{Г}}^{\text{II}}}{K^{\text{I}} \Delta t_{\text{ср}}^{\text{II}}} = \frac{1,81 \cdot 10^6}{1931 \cdot 19} = 49,4 \text{ м}^2;$$

ж) число секций водоподогревателя II-й ступени

$$N^{\text{II}} = \frac{F^{\text{II}}}{2f_{\text{сек}}} = \frac{49,4}{2 \cdot 11,51} = 2,15 \text{ секции.}$$

Принимаем две секции в одном потоке, действительная поверхность нагрева будет $F^{\text{II}} = 11,51 \cdot 2 \cdot 2 = 46 \text{ м}^2$.

В результате расчета получилось по две секции в каждом водоподогревателе II-й ступени и 5 – в каждом водоподогревателе I-й ступени суммарной поверхностью нагрева 161 м².

17. Потери давления в водоподогревателях (7 последовательных секций в каждом потоке):

- для воды, проходящей в трубках (с учетом $\varphi = 2$),

$$\Delta P_{\text{н}} = \varphi \cdot 7,5 \left(\frac{g_{\text{г}}}{f_{\text{тр}} \cdot \rho} \right)^2 \cdot N = 2 \cdot 7,5 \left(\frac{21,6}{2 \cdot 0,0093 \cdot 10} \right)^2 \cdot 7 = 142 \text{ кПа.}$$

- для воды, проходящей в межтрубном пространстве,

$$\Delta P_{\text{гр}} = B \cdot W_{\text{мтр}}^2 \cdot N = 20 \cdot 0,41^2 \cdot 7 = 23,5 \text{ кПа.}$$

Коэффициент B принимается по табл. 3.3.

При применении водоподогревателя с профилированными трубками необходимое число секций в I-й ступени составит три секции, а во II-й – две секции в одном потоке. Потери давления по нагреваемой воде с коэффициентом $\varphi = 2$ составляют 300 кПа.

В 1994 г. на московском заводе «Сатэкс» освоен выпуск кожухотрубных многоходовых водоподогревателей с одной и двумя ступенями нагрева в одном корпусе (см. рис. 3.5), технические характеристики которых приведены в Приложении 3 (табл. П.3.3–П.3.4).

Тепловая производительность определена для условий, близких к реальным в системе теплоснабжения:

– для водоподогревателей горячего водоснабжения: температурный перепад по греющей воде 70–30 °С, по нагреваемой – 5–60 °С, максимальные потери давления по нагреваемой воде, направляемой по трубкам, – 27–36 кПа (ИТП – ЦТП);

– для водоподогревателей отопления: температурный перепад по греющей воде – 150–76 °С, по нагреваемой, направляемой по межтрубному пространству, при применении в ИТП – 105–70 °С и максимальной потере давления – 30 кПа; при применении в ЦТП – 120–70 °С и максимальной потере давления – 60 кПа (потери давления приняты везде для нового, чистого теплообменника).

Запас в поверхности нагрева принят 20 %.

В пересчете на расчетный режим работы по ГОСТ 27950-88Е (скорость воды в трубках 2 м/с) эти же установки ТМПО и ТМПГ, применяемые в ИТП, будут иметь характеристики, приведенные в табл. П. 3.5. При этом достигаются такие же коэффициенты теплопередачи, как и в пластинчатых водоподогревателях на максимальных скоростях теплоносителей.

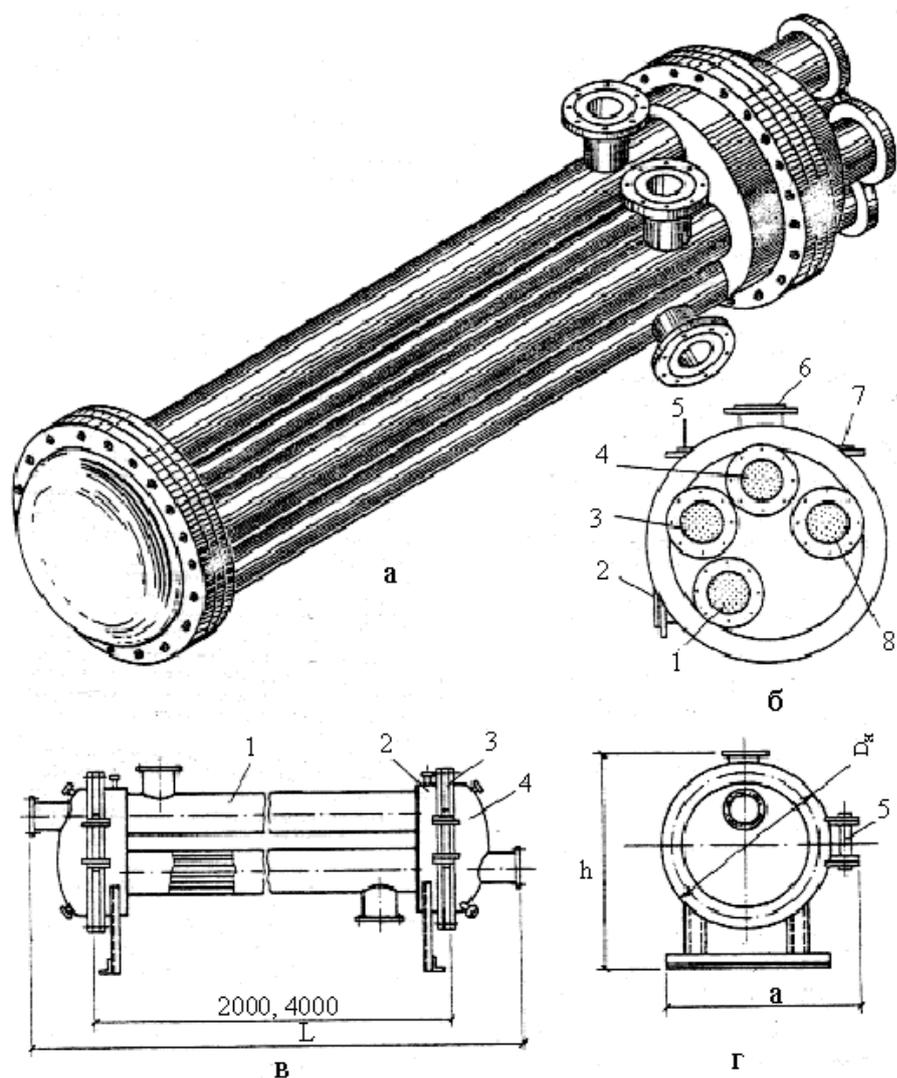


Рис. 3.5. Общий вид горизонтального многоходового кожухотрубного водоподогревателя

a – общий вид; *б* – разрез по секциям: 1 – вход холодной воды – I-я ступень; 2 – выход греющего теплоносителя – I-я ступень; 3 – выход горячей воды – I-я ступень; 4 – выход горячей воды – II-я ступень; 5 – вход греющего теплоносителя – I-я ступень; 6 – вход греющего теплоносителя – II-я ступень; 7 – выход греющего теплоносителя – II-я ступень; 8 – вход холодной воды – II-я ступень; *в, г* – конструктивные размеры: 1 – секции; 2 – соединительная камера межтрубного пространства; 3 – то же трубного; 4 – трубная доска; 5 – шарнир

С 1996 г. на том же заводе «Сатэкс» начат выпуск водоподогревателей установки полуразборной конструкции облегченного типа (см. рис. 3.6) для тепловых пунктов, размещаемых в подвале здания.

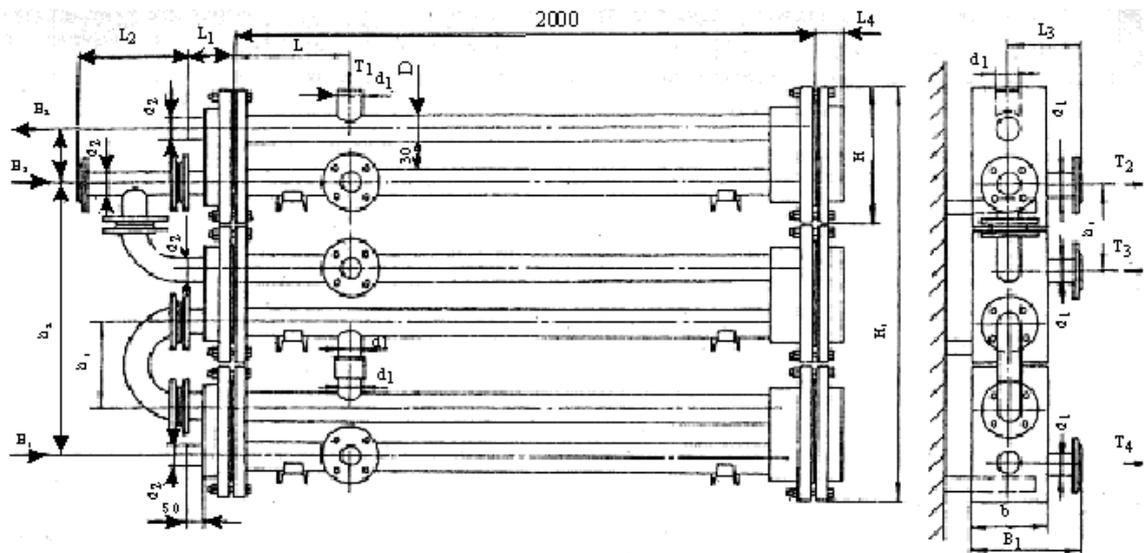


Рис. 3.6. Водоподогреватель блочного типа по ТУ 400-28-132-90:

B_1 – холодная вода; B_2 – горячая вода; B_3 – циркуляционная линия горячего водоснабжения; T_1 – подающая теплосети; T_2 – выход греющей воды из II-й ступени; T_3 – вход греющей воды в I-ю ступень; T_4 – обратная теплосети