

УДК 696. 48

Правник Ю.И. – инженер

E-mail: Gust.Sim.@mail.ru

Манешев И.О. – аспирант

E-mail: ivan-maneshev@yandex.ru

Антропов Д.Н. – кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: antropov@mesys.ru

Садыков Р.А. – доктор технических наук, профессор

E-mail: Sadykov_R_A@mail.ru,

Рахимов Р.Г. – магистр

Фаизов А.И. – бакалавр

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Теплообменник шнековый трёхступенчатый*

Аннотация

Приводится краткое описание водо-водяного трёхступенчатого шнекового теплообменника и расчёты теплообмена в нём. Теплообменник представляет собой трёхступенчатую конструкцию, в которой горячая вода (теплоноситель) подаётся параллельно сразу в три ступени, а нагреваемая вода проходит последовательно по винтовой направляющей шнека во всех ступенях. Благодаря этому часть тепла идёт на нагрев воды для горячего водоснабжения, а оставшееся тепло идёт на систему отопления.

Ключевые слова: теплообмен, нагреваемая вода, теплоноситель, температура, скорость потока, канал, ступень.

Введение

Для практических целей разработан требуемой производительности, компактный водо-водяной теплообменник с высокой эффективностью теплообмена, обеспечивающий отопление и горячее водоснабжение, несложный в производстве и эксплуатации.

Описание теплообменника шнекового трёхступенчатого

Теплообменник шнековый трёхступенчатый, водо-водяной (рис. 1). Теплоносителем является горячая вода. Каждая ступень теплообменника включает: турбулизатор в виде шнека 1, размещённый в кожухе 2, расположенном в корпусе 3. Кожух 2 соединён патрубками 4 входа и выхода нагреваемой воды для последовательного протока по всем ступеням. Пространство внутри шнека 1 является внутренним каналом, пространство между кожухом 2 и корпусом 3 является наружным каналом для теплоносителя. Манжетные уплотнения 5 с распорными кольцами обеспечивают герметичное разъединение теплоносителя и нагреваемой воды. Расходная шайба 6 распределяет поток теплоносителя по наружным и внутренним каналам в ступенях. Расходная шайба 7 обеспечивает заданный расход теплоносителя по ступеням. Все ступени объединены коллекторами 8 входа и выхода теплоносителя. Ступени с каждой стороны снабжены заглушками 9. Сняв заглушку 9, удалив расходные шайбы 6 и 7 и соответствующее манжетное уплотнение 5, можно вынуть шнек 1 из ступени для его очистки от накипи, чем упрощается эксплуатация теплообменника. Длина шнека от входного до выходного патрубков 4 составляет один метр.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (соглашение № 14. В37. 21. 0296 в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы).

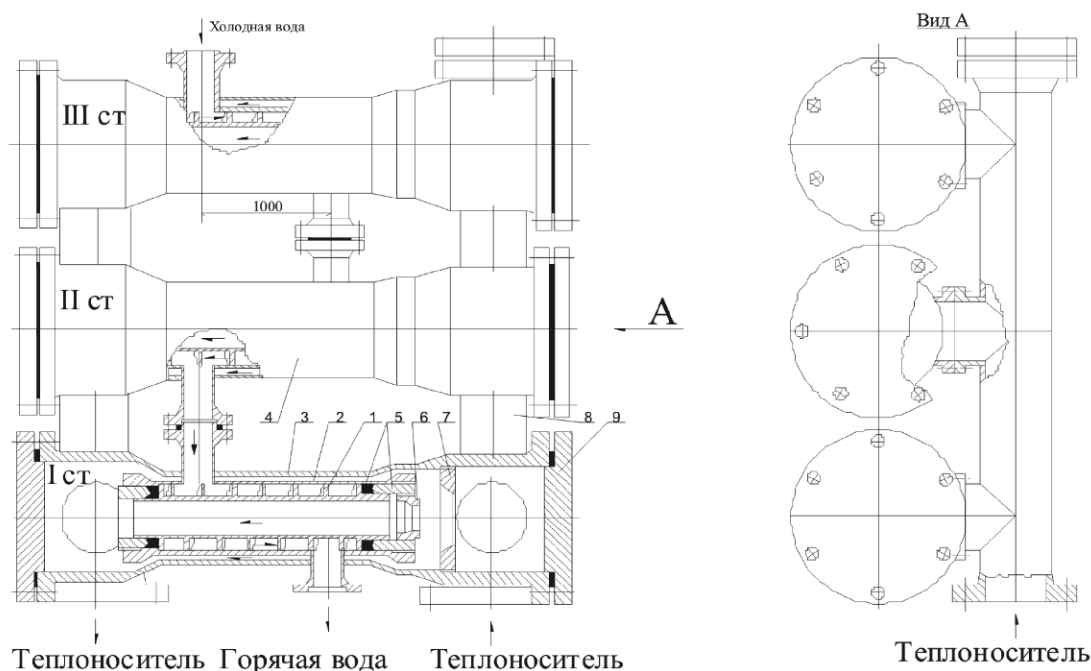


Рис. 1. Теплообменник шнековый трёхступенчатый.

1 – шнек; 2 – кожух; 3 – корпус; 4 – трубки; 5 – манжетное уплотнение; 6 – расходная шайба;
7 – расходная шайба; 8 – коллектор; 9 – заглушка

Теплообменник работает следующим образом.

Теплоноситель, воздействуя на нагреваемую воду через внутренний и внешний каналы, одновременно протекает параллельно по всем ступеням. Путь, время пребывания нагреваемой воды и поверхность теплообмена увеличены благодаря винтовой направляющей шнека 1 и последовательному её потоку по всем ступеням, чем увеличивается кратность протока теплоносителя за один проход нагреваемой жидкости. Эффективность теплообмена увеличивается благодаря винтовому движению потока нагреваемой воды с изменением направления вращения потока нагреваемой воды по винтовому каналу шнека во второй ступени и возврату к начальному направлению вращения в третьей ступени, к тому же, в первой и третьей ступенях обеспечивается теплообмен противотоком.

Расчет теплообменника

1. Определение энергии, необходимой для обеспечения работоспособности системы ГВС [1]:

$$Q = 2,4 \cdot \frac{1,2 \cdot m \cdot a \cdot (60 - t_c) \cdot c}{24 \cdot 3,6} = 2,4 \cdot \frac{1,2 \cdot 800 \cdot 115 \cdot (60 - 5) \cdot 4,187}{24 \cdot 3,6} = 706207,3 \text{ Вт} = 706,20 \text{ кВт},$$

где: m – число жителей (чел); a – норма расхода воды на горячее водоснабжение на одного человека в сутки (л/чел); c – удельная теплоемкость воды (ккал/кг °С); t_c – температура холодной воды в зимнее время.

Требуемый расход горячей воды:

$$V_{\text{ГВС}} = a \cdot m = 800 \cdot 115 = 92 \text{ м}^3/\text{сут.}$$

Эта вода расходуется за 16 часов (ночные часы – 8 часов – не учитываются), поэтому расход воды за один час составит:

$$V_{\text{в}} = V_{\text{ГВС}}/16 = 92/16 = 5,75 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Для обеспечения требуемого тепла для ГВС используется два (N) теплообменника данной конструкции (рис. 1). Один теплообменник должен выделить количество теплоты:

$$Q_1 = Q/N = 706,20/2 = 353,1 \text{ кВт.}$$

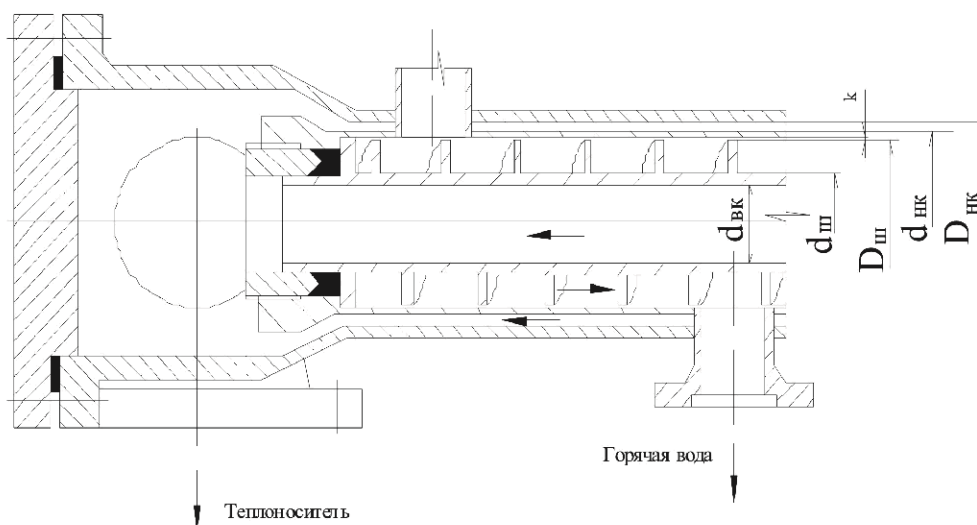


Рис. 2. Расчётные размеры конструкции:

L_n – длина рабочей части шнека в ступени; k – технологический зазор;
 $d_{ш}$ – диаметр шнековой части без рёбер; $D_{ш}$ – диаметр шнековой части с рёбрами;
 $d_{нк}$ – внутренний диаметр наружного канала; $D_{нк}$ – внешний диаметр наружного канала

2. Параметры конструкции теплообменника (рис. 2):

1) Диаметр шнековой части без рёбер:

$$d_{ш} = d_{вк} + 2 \delta = 50 + 2 \cdot 3 = 56 \text{ мм},$$

где $d_{вк}$ – диаметр внутреннего канала (мм); δ – толщина стенки (мм).

Диаметр шнековой части вместе с рёбрами:

$$D_{ш} = 2h + 2k + d_{ш} = 2 \cdot 16,5 + 1 + 56 = 90 \text{ мм},$$

где h – высота рёбер, k – технологический зазор (рис 2).

Внутренний диаметр наружного канала:

$$d_{нк} = D_{ш} + 2k + 2 \cdot \delta_1 = 90 + 1 + 2 \cdot 2,5 = 96 \text{ мм},$$

где δ_1 – толщина стенки.

Внешний диаметр наружного канала:

$$D_{нк} = \sqrt{d_{вк}^2 + d_{нк}^2} = \sqrt{50^2 + 96^2} = 108,2 \text{ мм}.$$

2) Эквивалентные диаметры:

Эквивалентный диаметр внутреннего канала: $d_{эвк} = d_{вк} = 0,05 \text{ м}$.

Эквивалентный диаметр наружного канал:

$$D_{энк} = D_{нк} - d_{нк} = 0,108 - 0,096 = 0,012 \text{ м}.$$

Эквивалентный диаметр шнековой части:

$$D_{эш} = D_{ш} - d_{ш} = 0,090 - 0,056 = 0,34 \text{ м}.$$

3) Шнек (его конструкция).

Шаг шнека:

$$H = 2d_{ш} = 2 \cdot 0,056 = 0,112 \text{ м},$$

Длина шага шнека по диаметру внутреннему $l_{ш}$ и внешнему $L_{ш}$:

$$l_{ш} = \sqrt{(\pi \cdot d_{ш})^2 + H^2} = \sqrt{(3,14 \cdot 0,056)^2 + 0,112^2} = 0,15 \text{ м},$$

$$L_{ш} = \sqrt{(\pi \cdot D_{ш})^2 + H^2} = \sqrt{(3,14 \cdot 0,090)^2 + 0,112^2} = 0,30 \text{ м}.$$

Средняя длина шага:

$$l_{\Sigma} = (l_{ш} + L_{ш}) / 2 = (0,15 + 0,30) / 2 = 0,225 \text{ м}.$$

Число витков на длине одной ступени шнека:

$$n = L_n / (H + \delta) = 1 / (0,112 + 0,003) = 9,$$

где L_n – длина рабочей части шнека в ступени (1 м).

Длина пути нагреваемой воды на одной ступени:

- по внутреннему диаметру канала:

$$l_{\Sigma ш} = n \cdot l_{ш} = 9 \cdot 0,15 = 1,35 \text{ м,}$$

- по внешнему диаметру канала:

$$L_{\Sigma ш} = n \cdot L_{ш} = 9 \cdot 0,30 = 2,70 \text{ м,}$$

- средняя длина шнека на одной ступени (длина пути нагреваемой воды):

$$L_{сш} = (l_{\Sigma ш} + L_{\Sigma ш}) / 2 = (1,35 + 2,7) / 2 = 2,02 \text{ м.}$$

4) Площадь проходного сечения внутреннего и наружного каналов:

$$f_k = f_{нк} = f_{вк} = 0,785 \cdot d_{вк}^2 = 0,785 \cdot 0,05^2 = 0,00196 \text{ м}^2.$$

Площадь проходного сечения шнековой части:

$$f_{ш} = 0,785 \cdot [(D_{ш} + 2k)^2 - d_{ш}^2] = 0,785 \cdot [(0,09 + 0,001)^2 - 0,056^2] = 0,0040 \text{ м}^2.$$

Поверхности теплообмена со стороны теплоносителя:

- внутренний канал:

$$F_{вк} = \pi \cdot d_{вк} \cdot L_n = 3,14 \cdot 0,05 \cdot 1 = 0,157 \text{ м}^2,$$

- наружный канал:

$$F_{нк} = \pi \cdot d_{нк} \cdot L_n = 3,14 \cdot 0,096 \cdot 1 = 0,30 \text{ м}^2.$$

Поверхность теплообмена нагреваемой воды:

- от внутреннего канала:

$$f_{вк} = \pi \cdot d_{ш} \cdot l_{\Sigma ш} = 3,14 \cdot 0,056 \cdot 1,35 = 0,24 \text{ м}^2,$$

- от наружного канала:

$$f_{нк} = \pi \cdot (D_{ш} + 2k) \cdot L_{\Sigma ш} = 3,14 \cdot (0,090 + 0,001) \cdot 2,7 = 0,77 \text{ м}^2.$$

Поверхность рёбер шнека

$$f_p = h \cdot L_{сш} = 0,0165 \cdot 2,02 = 0,033 \text{ м}^2.$$

Поверхность шнека, омываемая нагреваемой водой:

$$F_{ш} = f_p + f_{нк} + f_{вк} = 0,033 + 0,77 + 0,24 = 1,043 \text{ м}^2.$$

3. Тепловой расчёт теплообменника [2]

1) Скорость потоков:

- нагреваемой воды:

$$W_b = V_b / (N \cdot f_{ш} \cdot 3600) = 5,75 / (2 \cdot 0,0040 \cdot 3600) = 0,20 \text{ м/с,}$$

- теплоносителя:

$$W_t = V_t / (N \cdot n \cdot z \cdot f_k \cdot 3600) = 19 / (2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 0,00196 \cdot 3600) = 0,22 \text{ м/с,}$$

где N – число теплообменников (соединены параллельно); n – число ступеней в теплообменнике; z – числ каналов в ступени V_t – расход теплоносителя (кг/с), заимствован из реального теплонагревателя мобильной установки.

2) Время протока:

- нагреваемой воды в одной ступени:

$$\tau_b = L_{сш} / W_b = 2,02 / 0,20 = 10,1 \text{ с (в трёх ступенях } \Sigma \tau_b = 30,3 \text{ с),}$$

- теплоносителя через одну ступень:

$$\tau_t = L_n / W_t = 1 / 0,22 = 4,54 \text{ с (в трёх ступенях } \Sigma \tau_t = 13,62 \text{ с).}$$

Количество смен протока теплоносителя в одной ступени за время протка подогреваемой воды:

$$\Delta \tau = \tau_b / \tau_t = 10,1 / 4,54 = 2,22.$$

3) Определение среднелогарифмического температурного напора:

Условно разобьем температуру нагреваемой воды на три равные части по 20°C в каждой ступени.

Вода нагревается: в первой ступени до $t_2'' = 20^\circ \text{C}$ противотоком:

$$\Delta t_1 = \frac{(t_1' - t_2'') - (t_1'' - t_2')}{\ln \frac{t_1' - t_2''}{t_1'' - t_2'}} = \frac{(90 - 20) - (85 - 5)}{\ln \left(\frac{90 - 20}{85 - 5} \right)} = 74,9^\circ \text{C,}$$

- во второй ступень – до $t_2'' = 40^\circ \text{C}$ прямотоком:

$$\Delta t_2 = \frac{(t'_1 - t'_2) - (t''_1 - t''_2)}{\ln \frac{t'_1 - t'_2}{t''_1 - t''_2}} = \frac{(90 - 20) - (85 - 40)}{\ln \left(\frac{90 - 20}{85 - 40} \right)} = 56,6 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

- в третья ступени – до $t_2''=60 \text{ } ^\circ\text{C}$ противотоком:

$$\Delta t_3 = \frac{(t'_1 - t''_2) - (t''_1 - t'_2)}{\ln \frac{t'_1 - t''_2}{t''_1 - t'_2}} = \frac{(90 - 60) - (85 - 40)}{\ln \left(\frac{90 - 60}{85 - 40} \right)} = 37 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

4) Критерий Рейнольдса теплоносителя:

- внутренний канал:

$$Re_{вк} = W_r \cdot d_{эвк} / \nu = 0,22 \cdot 0,05 / 0,326 \cdot 10^{-6} = 33742,33;$$

- наружный канал:

$$Re_{нк} = W_r \cdot d_{энк} / \nu = 0,22 \cdot 0,012 / 0,326 \cdot 10^{-6} = 8098,16.$$

Критерий Рейнольдса нагреваемой воды:

- первая ступень (противоток):

$$Re_{в1} = W_b \cdot D_{эш} / \nu_1 = 0,20 \cdot 0,035 / 1,006 \cdot 10^{-6} = 6958,25;$$

- вторая ступень (прямоток):

$$Re_{в2} = W_b \cdot D_{эш} / \nu_2 = 0,20 \cdot 0,035 / 0,659 \cdot 10^{-6} = 10622,15;$$

- третья ступень (противоток):

$$Re_{в3} = W_b \cdot D_{эш} / \nu_3 = 0,20 \cdot 0,035 / 0,478 \cdot 10^{-6} = 14644,35.$$

5) Критерий Нуссельта теплоносителя:

- внутренний канал:

$$Nu_{вк} = 0,021 \cdot Re_{вк}^{0,8} \cdot Pr_f^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_f}{Pr_w} \right)^{0,25} = 0,021 \cdot 33742,33^{0,8} \cdot 1,97^{0,43} \left(\frac{1,97}{2,8} \right)^{0,25} = 105,4;$$

- наружный канал:

$$Nu_{нк} = 0,021 \cdot Re_{нк}^{0,8} \cdot Pr_f^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_f}{Pr_w} \right)^{0,25} = 0,021 \cdot 8098,16^{0,8} \cdot 1,97^{0,43} \left(\frac{1,97}{2,8} \right)^{0,25} = 33,65.$$

Критерий Нуссельта нагреваемой воды:

- первая ступень (противоток):

$$Nu_{в1} = 0,021 \cdot Re_{в1}^{0,8} \cdot Pr_{f1}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{f1}}{Pr_{w1}} \right)^{0,25} = 0,021 \cdot 6958,25^{0,8} \cdot 7,03^{0,43} \left(\frac{7,03}{4,51} \right)^{0,25} = 64,0,$$

- вторая ступень (прямоток):

$$Nu_{в2} = 0,021 \cdot Re_{в2}^{0,8} \cdot Pr_{f2}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{f2}}{Pr_{w2}} \right)^{0,25} = 0,021 \cdot 10622,2^{0,8} \cdot 4,35^{0,43} \left(\frac{4,36}{3,17} \right)^{0,25} = 71,1,$$

- третья ступень (противоток):

$$Nu_{в3} = 0,021 \cdot Re_{в3}^{0,8} \cdot Pr_{f3}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{f3}}{Pr_{w3}} \right)^{0,25} = 0,021 \cdot 14644,4^{0,8} \cdot 3,02^{0,43} \left(\frac{3,02}{2,51} \right)^{0,25} = 76,15.$$

6) Коэффициент теплоотдачи теплоносителя.

- внутренний канал:

$$\alpha_{вк} = Nu_{вк} \cdot \lambda_T / L_n = 105,4 \cdot 0,676 / 1 = 71,25 \text{ кВт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C},$$

- наружный канал:

$$\alpha_{нк} = Nu_{нк} \cdot \lambda_T / L_n = 33,65 \cdot 0,676 / 1 = 22,75 \text{ кВт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Коэффициент теплоотдачи нагреваемой воды:

- первая ступень (противоток):

$$\alpha_{в1} = Nu_{в1} \cdot \lambda_1 / L_{сш} = 64,0 \cdot 0,597 / 2,02 = 18,9 \text{ кВт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$\alpha_{\text{эв1}} = \alpha_{\text{в1}} \left[1 + 1,77 \times D_{\text{шт}} / \left(\frac{2 \times h + d_{\text{шт}}}{2} \right) \right] = 18,9 \times \left[1 + 1,77 \times 0,038 / \left(\frac{2 \times 0,017 + 0,056}{2} \right) \right] = 47,06 \text{ кВт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C},$$

- вторая ступень (прямоток):

$$\alpha_{\text{в2}} = \text{Nu}_{\text{в2}} \cdot \lambda_2 / L_{\text{сш}} = 71,1 \cdot 0,627 / 2,02 = 22,07 \text{ кВт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$\alpha_{\text{эв2}} = \alpha_{\text{в2}} \left[1 + 1,77 \times D_{\text{шт}} / \left(\frac{2 \times h + d_{\text{шт}}}{2} \right) \right] = 22,07 \times \left[1 + 1,77 \times 0,039 / \left(\frac{2 \times 0,017 + 0,056}{2} \right) \right] = 54,95 \text{ кВт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C},$$

- третья ступень (противоток):

$$\alpha_{\text{в3}} = \text{Nu}_{\text{в3}} \cdot \lambda_3 / L_{\text{сш}} = 76,15 \cdot 0,650 / 2,02 = 24,5 \text{ кВт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$\alpha_{\text{эв3}} = \alpha_{\text{в3}} \times \left[1 + 1,77 \times D_{\text{шт}} / \left(\frac{2 \times h + d_{\text{шт}}}{2} \right) \right] = 24,5 \times \left[1 + 1,77 \times 0,039 / \left(\frac{2 \times 0,017 + 0,056}{2} \right) \right] = 62,08 \text{ кВт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

7) Количество теплоты, расходуемое теплоносителем.

В первой ступени:

$$Q_{\text{вк1}} = F_{\text{вк}} \cdot \alpha_{\text{вк}} \cdot \Delta t_1 = 0,157 \cdot 71,25 \cdot 74,9 = 837,85 \text{ кВт с},$$

$$Q_{\text{нк1}} = F_{\text{нк}} \cdot \alpha_{\text{нк}} \cdot \Delta t_1 = 0,34 \cdot 22,75 \cdot 74,9 = 511,2 \text{ кВт с}.$$

Суммарное количество теплоты в первой ступени:

$$Q_{\Sigma 1} = \Delta \tau \cdot (Q_{\text{вк1}} + Q_{\text{нк1}}) = 2,22 \cdot (837,85 + 511,2) = 2994,90 \text{ кВт с}.$$

Во второй ступени:

$$Q_{\text{вк2}} = F_{\text{вк}} \cdot \alpha_{\text{вк}} \cdot \Delta t_2 = 0,157 \cdot 71,25 \cdot 56,6 = 633,14 \text{ кВт с},$$

$$Q_{\text{нк2}} = F_{\text{нк}} \cdot \alpha_{\text{нк}} \cdot \Delta t_2 = 0,30 \cdot 22,75 \cdot 56,6 = 386,30 \text{ кВт с}.$$

Суммарное количество теплоты во второй ступени:

$$Q_{\Sigma 2} = \Delta \tau \cdot (Q_{\text{вк2}} + Q_{\text{нк2}}) = 2,22 \cdot (633,14 + 386,30) = 2263,15 \text{ кВт с}.$$

В третьей ступени:

$$Q_{\text{вк3}} = F_{\text{вк}} \cdot \alpha_{\text{вк}} \cdot \Delta t_3 = 0,157 \cdot 71,25 \cdot 37,0 = 413,89 \text{ кВт с},$$

$$Q_{\text{нк3}} = F_{\text{нк}} \cdot \alpha_{\text{нк}} \cdot \Delta t_3 = 0,3 \cdot 22,75 \cdot 37,0 = 252,53 \text{ кВт с}.$$

Суммарное количество теплоты в третьей ступени:

$$Q_{\Sigma 3} = \Delta \tau \cdot (Q_{\text{вк3}} + Q_{\text{нк3}}) = 2,22 \cdot (413,89 + 252,53) = 1479,44 \text{ кВт с}.$$

Суммарное количество теплоты, расходуемое теплоносителем:

$$\Sigma Q_{\text{T}} = Q_{\Sigma 1} + Q_{\Sigma 2} + Q_{\Sigma 3} = 2994,90 + 2263,15 + 1479,44 = 6737,50 \text{ кВт с}.$$

8) Количество теплоты, необходимое для нагрева воды:

- в первой ступени:

$$Q_1 = \alpha_{\text{эв1}} \cdot F_{\text{шт}} \cdot (t_2'' - t_2') = 47,06 \cdot 1,043 \cdot (20 - 5) = 736,25 \text{ кВт с},$$

- во второй ступени:

$$Q_2 = \alpha_{\text{эв2}} \cdot F_{\text{шт}} \cdot (t_2'' - t_2') = 54,95 \cdot 1,043 \cdot (40 - 20) = 1146,25 \text{ кВт с},$$

- в третьей ступени:

$$Q_3 = \alpha_{\text{эв3}} \cdot F_{\text{шт}} \cdot (t_2'' - t_2') = 62,08 \cdot 1,043 \cdot (60 - 40) = 1295,40 \text{ кВт с}.$$

Суммарное количество теплоты, необходимое для нагрева воды за один проток через все ступени:

$$\Sigma Q_{\text{в}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 736,25 + 1146,25 + 1295,40 = 3177,90 \text{ кВт с}.$$

Излишек располагаемой теплоты составляет:

$$Q_{\text{от}} = \Sigma Q_{\text{T}} - \Sigma Q_{\text{в}} = 6737,5 - 3177,9 = 3559,6 \text{ кВт с},$$

и намного превышает требуемое для горячего водоснабжения, поэтому он может быть направлен в систему отопления, что позволяет обходиться одной линейкой энергоносителя, с одной группой сетевых насосов, вместо двух по схеме: одна линейка на отопление, вторая – для горячего водоснабжения.

Температура теплоносителя на выходе из теплообменника может быть определена по удельному теплосодержанию [2]:

$$i = Q_{\text{в}} \cdot N \cdot 3600 / (\Sigma \tau_i \cdot V_{\text{T}} \cdot \gamma_{\text{T}}) + i_{60} = 3559,6 \cdot 2 \cdot 3600 / (30,3 \cdot 19 \cdot 983,13) + 251,16 = 296,4 \text{ кДж/кг},$$

что приблизительно соответствует ~ 76 °С, где i – удельное теплосодержание теплоносителя интересующей температуры; i_{60} – удельное теплосодержание теплоносителя при 60°С.

9) Теплоизоляция теплообменника

Потери тепла без изоляции одной ступени:

$$Q_{\text{пт}} = \alpha_{\text{ос}} \cdot F_{\text{к}} \cdot (t_1' - t_{\text{ос}}) = 13,94 \cdot 0,858 \cdot (90 - 20) = 837,24 \text{ Вт},$$

где коэффициент теплоотдачи [3]:

$$\alpha_{\text{ос}} = 10,3 + 0,52 \cdot (t_1' - t_{\text{ос}}) = 10,3 + 0,52 \cdot (90 - 20) = 13,94 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{С},$$

t_1' и $t_{\text{ос}}$ – температуры теплоносителя и окружающей среды; площадь наружной поверхности корпуса одной ступени:

$$F_{\text{к}} = \pi \cdot L_{\text{n}} \cdot (D_{\text{нк}} + 2 \cdot \delta_1) + f_{\text{к}} = \pi \cdot 1 \cdot (0,108 + 2 \cdot 0,0025) + 0,503 = 0,858 \text{ м}^2,$$

здесь 0,503 – площадь поверхности входной и выходной части ступени.

Мы имеем дело с тремя ступенями, плюс два коллектора входа и выхода теплообменника, плюс шесть фланцев с заглушками. Таким образом, полученное количество теплоты (*потери теплоты*) можно увеличить в пять раз:

$$\Sigma Q_{\text{пт}} = 5 \cdot Q_{\text{пт}} = 5 \cdot 837,24 = 4186,2 \text{ Вт}.$$

Потери тепла с использованием пенополиуритана (ППУ) с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,05$ Вт/м °С и толщиной изоляционного слоя $\delta = 0,02$ м составят:

$$Q_{\text{пт}} = \frac{(t_1' - t_{\text{ос}})}{\frac{\delta_{\text{и}}}{5 \cdot F_{\text{нк}} \lambda_{\text{и}}} + \frac{1}{5 \cdot F_{\text{нк}} \alpha_{\text{ос}}}} = \frac{(90 - 20)}{\frac{0,02}{5 \cdot 0,858 \cdot 0,05} + \frac{1}{5 \cdot 0,858 \cdot 13,94}} = 636,8 \text{ Вт},$$

т.е. теплоизоляция уменьшает потери на $\Delta \Sigma Q_{\text{пт}} = \Sigma Q_{\text{пт}} - Q_{\text{пт}} = 4186,2 - 636,8 = 3549,7 \text{ Вт}$.

Заключение

Расчёты шнекового трёхступенчатого теплообменника показали, что он способен обеспечить требуемое количество теплоты для системы теплоснабжения, включая отопление и горячее водоснабжение.

Для этого надо обеспечить расход теплоносителя – $V = 19 \text{ м}^3/\text{ч}$ температурой – до $t = 110$ °С.

При этом количество нагреваемой воды – $V = 5,7 \text{ м}^3/\text{ч}$ можно нагреть до температуры с $t = +5$ °С до $t = +60$ °С.

Список литературы

1. Ахмерова Г.М. Экономика и инженерное обеспечение систем теплоснабжения и горячего водоснабжения: Учебное пособие. – Казань: КГАСУ, 2005. – 125 с.
2. Михеев М.А, Михеева И.М. Основы теплопередачи. – М.: Изд-во «ЭНЕРГИЯ», 1977. – 343 с.
3. Ахмерова Г.М., Вьюшин И.Д., Ланцов А.Е. Методическое указание для лабораторных работ по теплотехническим характеристикам участков неизолированного теплопровода. – Казань: КГАСУ, 2003. – 29 с.

Pravnik Y.I. – engineer

E-mail: Gust.Sim.@mail.ru

Antropov D.N. – candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: antropov@mesys.ru

Sadykov R.A. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: Sadykov_R_A@mail.ru,

Rakhimov R.G. – magistrate

Faizov A.I. – bachelor

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Screw three stage heat exchanger

Resume

The heat exchanger is a three-tier structure in which hot water (coolant) is fed in parallel at once in three stages, and the heated water is consistently a helical screw guide in all grades. Because of this heat exchanger is able to provide the necessary heat for domestic hot water (DHW) and, simultaneously, the excess energy of the coolant can be used in the heating system, actually, what is intended for. This eliminates the need for a line of energy source, with one group of network pumps instead of two standard schemes: one line – for heating, the second – for hot water. This saves money for the purchase of hardware and operating systems, simplifying it. This design thanks to its compact size can be used in small devices, and be generating any power. Depending on the need, it can easily be turned into a four-step and more. When mounted on a carrier output levels remotely controlled shut-off devices can adjust the temperature of hot water. By the nature of the screw three-stage heat exchanger can be attributed to the rapid heat exchangers.

Keywords: heat transfer, the heated water, coolant temperature, flow rate, channel level.

References

1. Akhmerova G.M. Economics and engineering systems of heating and hot water supply: the manual. – Kazan: KGASU, 2005. – 125 p.
2. Mikheev M.A., Mikheev I.M. Fundamentals of Heat Transfer. – M.: Publishing House of the «ENERGY», 1977. – 343 p.
3. Akhmerova G.M. Vyushin I.D., Lantsov A.E. guidelines for laboratory work in heat engineering characteristics plots of bare heat lines. – Kazan: KGASU, 2003. – 29 p.