Потребители теплоты

Вариант 5

**Содержание**

[1. Исходные данные 3](#_Toc15859831)

[2. Определение параметров для расчета водоподогревателей горячего водоснабжения, присоединенных по двухступенчатой схеме со стабилизацией расхода воды на отопление 5](#_Toc15859832)

[3. Порядок расчета 7](#_Toc15859833)

[4. Список используемой литературы 13](#_Toc15859834)

# 1. 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 приняты следующие:

- при расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления tн.о=минус 28 °С;

- в подающем трубопроводе τ1.0=150 °С; в обратном трубопроводе τ2.0=70 °С;

- в точке излома графика температуры tнʹ=21 ℃;

- в подающем трубопроводе 𝜏1.0*ʹ*=76℃; в обратном трубопроводе τ2.0ʹ=42 ℃.

3. Температура холодной водопроводной (нагреваемой) воды, поступающей в водоподогреватель 1 ступени, в отопительный период tв.х=5 ℃ (по данным эксплуатации).

4. Температура воды, поступающей в систему горячего водоснабжения на выходе из 2 ступени водоподогревателя, tг.в=60 ℃.

5. Максимальный тепловой поток на отопление потребителей, присоединенных к ЦТП, Qo.max =8,6\*106 Вт. (согласно варианту)

6. Расчетная тепловая производительность водоподогревателей, Qг.в.рас.=7,9\*106 Вт. (согласно варианту)

****

Рисунок 1 - Двухступенчатая схема присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения в ЦТП с водоструйным элеватором и автоматическим регулированием расхода теплоты на отопление (пример учета теплоты по водомерам):1- водоподогреватель горячего водоснабжения; 2 – повысительно-циркуляционный насос горячего водоснабжения (пунктиром - циркуляционный насос); 5 – водомер для холодной воды; 7 – обратный клапан; 10 – датчик температуры; 14 – регулятор ограничения максимального расхода воды на ввод (прямого действия); 14а – датчик расхода воды в виде сужающего устройства (камерная диафрагма); 16 – задвижка нормально закрытая; 17 регулятор подачи теплоты на горячее водоснабжение (прямого действия); 21 водомер горячеводный; 26 водоструйный элеватор

# 2. Определение параметров для расчета водоподогревателей горячего водоснабжения, присоединенных по двухступенчатой схеме со стабилизацией расхода воды на отопление

Водоподогреватели присоединены к тепло­вой сети по двухступенчатой смешанной схеме с ограничением максимального расхода воды из тепловой сети на 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 t0 = -28 °С:

в подающем трубопроводе τ1 **=** 150 °С;

в обратном трубопроводе τ2 = 70 °С;

в точке излома графика температуры t′н = 21 °С:

в подающем трубопроводе τ′1= 76 °С;

в обратном трубопроводе τ′2 *=* 42 °С.

3. Температура холодной водопроводной (нагреваемой) воды в отопительный период, поступающей в водоподогреватель 1 ступени, tc = 3 °С (по данным эксплуатации).

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

5. Максимальный тепловой поток на отопление потребителей, присоединенных к ЦТП, Qomax=8,6⋅106 Вт.

6. Расчетная тепловая производительность водоподогревателей QSPh =7.9 106 Вт.

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

# 3. Порядок расчета

1. Максимальный расход сетевой воды на отопление, кг/ч

$$G\_{do}=\frac{3,6∙Q\_{0 max}}{c∙\left(τ\_{1}-τ\_{2}\right)}=\frac{3,6∙8,6∙10^{6}}{4,2∙\left(150-70\right)}=73,7∙10^{3} $$

1. Максимальный расход греющей воды на горячее водоснабжение, кг/ч

$$G\_{dh max}=\frac{3,6∙0,55∙Q\_{h max}}{c∙(τ\_{1}^{'}-τ\_{2}^{'})}=\frac{3,6∙0,55∙7,9∙10^{6}}{4,2∙(76-42)}=109∙10^{3}$$

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

$$G\_{d}=G\_{d0}=73,7∙10^{3}$$

1. Максимальный расход нагреваемой воды через I и II ступени водоподогревателя, кг/ч

$$G\_{h max}=\frac{3,6∙Q\_{h max}}{c∙(t\_{h}-t\_{c})}=\frac{3,6∙7,9∙10^{6}}{4,2∙(60-3)}=118∙10^{3}$$

1. Температура нагреваемой воды за водоподогревателем I ступени

$$t\_{h}^{'}=τ\_{2}^{'}-5=42-5=37 ℃$$

1. Расчетная производительность водоподогревателя I ступени, Вт

$$Q\_{h}^{spI}=G\_{h max}∙\left(t\_{h}^{I}-t\_{c}\right)∙\left(\frac{c}{3,6}\right)=118,7∙10^{3}∙\left(37-2\right)∙\left(\frac{4,2}{3,6}\right)=4,71∙10^{6}$$

1. Расчетная производительность водоподогревателя II ступени, Вт

$$Q\_{h}^{spII}=Q\_{h}^{sp}-Q\_{h}^{spI}=7,9∙10^{6}-4,71∙10^{6}=3,18∙10^{6}$$

1. Температура греющей воды на выходе из водоподогревателя II ступени τ”2 и на входе в водоподогреватель I ступени τ’1, 0С

$$τ\_{2}^{II}=τ\_{1}^{I}=τ\_{1}^{'}-\frac{3,6∙Q\_{h}^{spII}}{c∙G\_{d}}=76-\frac{3,6∙3,18∙10^{6}}{4,2∙73,7∙10^{3}}=38,93$$

1. Температура греющей воды на выходе из водоподогревателя I ступени, 0С

$$τ\_{2}^{I}=τ\_{1}^{'}-\frac{3,6∙Q\_{h}^{sp}}{c∙G\_{d}}=76-\frac{3,6∙7,9∙10^{6}}{4,2∙73,7∙10^{3}}=15$$

1. Среднелогарифмическая разность температур между греющей и нагреваемой водой для I ступени водоподогревателя, 0С

$$∆t\_{ср}^{I}=\frac{∆t\_{б}-∆t\_{м}}{2,3∙lg\frac{∆t\_{б}}{∆t\_{м}}}=\frac{\left(55-37\right)-\left(15-2\right)}{2,3∙lg\frac{18}{12}}=15$$

1. Среднелогарифмическая разность температур между греющей и нагреваемой водой для II ступени водоподогревателя, 0С

$$∆t\_{ср}^{II}=\frac{∆t\_{б}-∆t\_{м}}{2,3∙lg\frac{∆t\_{б}}{∆t\_{м}}}=\frac{\left(76-60\right)-\left(55-37\right)}{2,3∙lg\frac{18}{16}}=17$$

1. В соответствии с п. 1 настоящего приложения определяем необходимое сечение трубок водоподогревателя при скорости воды в трубках Wтр*=*1 м/с и двухпоточной схеме включения, м2

$$f\_{усл}^{тр}=\frac{G\_{h max}}{2∙3600∙W\_{тр}∙ρ}=\frac{118∙10^{3}}{2∙3600∙1∙10^{3}}=0,0097$$

По табл. 1 настоящего приложения и полученной величине fуслтр подбираем тип водоподогревателя со следующими характеристиками:

fтр *=* 0,0097 м2;

DH = 220 мм;

fмтр *=* 0,02141 м2;

dэкв= 0,0226 м;

fсек*=* 11,63 м2 (при длине секции 4 м);

$$\frac{d\_{нар}}{d\_{вн}}=\frac{16}{14} мм$$

1. Скорость воды в трубках при двухпоточной компоновке, м/с

$$W\_{тр}=\frac{G\_{h max}}{2∙3600∙f\_{тр}∙ρ}=\frac{118∙10^{3}}{2∙3600∙0,0099∙10^{3}}=1,031$$

1. Скорость воды в межтрубном пространстве при двухпоточной компоновке, м/с

$$W\_{мтр}=\frac{G\_{d}}{2∙3600∙f\_{мтр}∙ρ}=\frac{73,7∙10^{3}}{2∙3600∙0,02141∙10^{3}}=0,47$$

1. Расчет водоподогревателя I ступени:

а) средняя температура греющей воды, 0С

$$t\_{ср}^{гр}=\frac{t\_{вх}^{гр}+t\_{вых}^{гр}}{2}=\frac{55+15}{2}=35$$

б) средняя температура нагреваемой воды, 0С

$$t\_{ср}^{н}=\frac{t\_{вх}^{н}+t\_{вых}^{н}}{2}=\frac{3+37}{2}=20$$

в) коэффициент теплопередачи от греющей воды к стенке трубки, Вт/(м2\*0С)

$$a\_{1}=1,16∙\left[1210+18∙t\_{ср}^{гр}-0,038∙\left(t\_{ср}^{гр}\right)^{2}\right]\frac{W\_{мтр}^{0,8}}{d\_{экв}^{0,2}}=1,16∙\left[1210+18∙35-0,038∙\left(35\right)^{2}\right]\frac{0,47\_{}^{0,8}}{0,0226\_{}^{0,2}}=2469$$

г) коэффициент теплоотдачи от стенки трубки к нагреваемой воде, Вт/(м2\*0С)

$$a\_{2}=1,16∙\left[1210+18∙t\_{ср}^{н}-0,038∙\left(t\_{ср}^{н}\right)^{2}\right]\frac{W\_{тр}^{0,8}}{d\_{вн}^{0,2}}=1,16∙\left[1210+18∙20-0,038∙\left(20\right)^{2}\right]\frac{1,031\_{}^{0,8}}{0,014\_{}^{0,2}}=4340$$

д) коэффициент теплопередачи при β = 0,9, Вт/(м2\*0С)

$$K^{I}=\frac{ψ∙β}{\frac{1}{α\_{1}}+\frac{1}{α\_{2}}+\frac{λ\_{сст}}{λ\_{ст}}}=\frac{1,2∙0,9}{\frac{1}{2469}+\frac{1}{4340}+\frac{0,001}{105}}=1674$$

Коэффициент ψ принят равным 1,2 для гладких трубок;

е) требуемая поверхность нагрева водоподогревателя I ступени, м2

$$F\_{тр}^{1}=\frac{Q\_{h}^{spI}}{K^{I}∙∆t\_{ср}^{I}}=\frac{4,71∙10^{6}}{1674∙15,3}=183,85$$

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

$$N^{I}=\frac{F^{I}}{2∙f\_{сек}}=\frac{183,8}{2∙11,51}=7,9$$

Принимаем 8 секций в одном потоке; действительная поверхность нагрева будет

$$F^{I}=11,51∙2∙8=186 м^{2}$$

1. Расчет водоподогревателя II ступени:

а) средняя температура греющей воды, 0С

$$t\_{ср}^{гр}=\frac{t\_{вх}^{гр}+t\_{вых}^{гр}}{2}=\frac{76+55}{2}=65,5$$

б) средняя температура нагреваемой воды, 0С

$$t\_{ср}^{н}=\frac{t\_{вх}^{н}+t\_{вых}^{н}}{2}=\frac{37+60}{2}=48,5$$

в) коэффициент теплопередачи от греющей воды к стенке трубки, Вт/(м2\*0С)

$$a\_{1}=1,16∙\left[1210+18∙t\_{ср}^{гр}-0,038∙\left(t\_{ср}^{гр}\right)^{2}\right]\frac{W\_{мтр}^{0,8}}{d\_{экв}^{0,2}}=1,16∙\left[1210+18∙65,5-0,038∙\left(65,5\right)^{2}\right]\frac{0,47\_{}^{0,8}}{0,0226\_{}^{0,2}}=3053$$

г) коэффициент теплоотдачи от стенки трубки к нагреваемой воде, Вт/(м2\*0С)

$$a\_{2}=1,16∙\left[1210+18∙t\_{ср}^{н}-0,038∙\left(t\_{ср}^{н}\right)^{2}\right]\frac{W\_{тр}^{0,8}}{d\_{вн}^{0,2}}=1,16∙\left[1210+18∙48,5-0,038∙\left(48,5\right)^{2}\right]\frac{1,031\_{}^{0,8}}{0,014\_{}^{0,2}}=5565$$

д) коэффициент теплопередачи при β *=* 0,9, Вт/(м2\*0С)

$$K^{II}=\frac{ψ∙β}{\frac{1}{α\_{1}}+\frac{1}{α\_{2}}+\frac{λ\_{сст}}{λ\_{ст}}}=\frac{1,2∙0,9}{\frac{1}{3053}+\frac{1}{5565}+\frac{0,001}{105}}=2090$$

е) требуемая поверхность нагрева водоподогревателя II ступени, м2

$$F\_{тр}^{II}=\frac{Q\_{h}^{spII}}{K^{II}∙∆t\_{ср}^{II}}=\frac{3,18∙10^{6}}{2090∙17}=89,7$$

ж) число секций водоподогревателя II ступени, секции

$$N^{II}=\frac{F^{II}}{2∙f\_{сек}}=\frac{89,7}{2∙11,51}=3,8$$

Принимаем 4 секции в одном потоке, действи­тельная поверхность нагрева будет $F^{II}=11,51∙4∙2=93 м^{2}$.

В результате расчета получилось по 4 секции в каждом водоподогревателе II ступени и 8 - в каждом водоподогревателе I ступени суммарной поверхностью нагрева279,1 м2.

1. Потери давления в водоподогревателях (8 последовательных секций в каждом потоке):

- для воды, проходящей в трубках (с учетом ϕ =2), кПа

$$∆P\_{н}=φ∙7,5∙\left(\frac{g\_{h}}{f\_{тр}∙ρ}\right)^{2}∙N=2∙7,5∙\left(\frac{216}{2∙0,0097∙10}\right)^{2}∙7=142$$

- для воды, проходящей в межтрубном пространстве, кПа

$$∆P\_{гр}=B∙W\_{мтр}^{2}∙N=20∙0,47^{2}∙7=23,5$$

Коэффициент В принимается по табл. 3 настоящего приложения.

При применении водоподогревателя с профилированными трубками необходимое число секций в I ступени составит 3 секции, а во II - 2 секции в одном потоке. Потери давления по на­греваемой воде с коэффициентом ϕ= 2 составляют 300 кПа.

# 4. Список используемой литературы

1. СП 41-101-95 Проектирование тепловых пунктов Приложение 6-7.