

Максимальная часовая тепловая нагрузка на отопление зданий:

$Q_{\text{max}} = 0,95 \cdot x_n \cdot V \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{оп}}) \cdot 10^6$ , Гкал/час, где:  
 $V$  - м<sup>3</sup>, строительный объем здания по наружному обмеру;  
 $x_n = 1,3/V^{0,8}$ , ккал/м<sup>3</sup>·ч·°C, удельная отопительная характеристика здания при  $t_{\text{вн}} = -30^\circ\text{C}$   
 $t_{\text{вн}} = 20^\circ\text{C}$ , нормативная температура воздуха внутри отапливаемых помещений  
 $0,95$  - поправочный коэффициент при  $t_{\text{вн}} = -35^\circ\text{C}$

Принимаем среднюю температуру воздуха внутри отапливаемых помещений равной  $t_{\text{вн}} = 20^\circ\text{C}$ .

Нормативный расход теплоносителя в системе отопления здания (объекта):

$G = Q_{\text{max}} \cdot 10^{-3} / (t_{\text{п}} - t_{\text{г}}) \cdot \beta_2$ , м<sup>3</sup>/час, где  
 $\beta_2 = 0,97 \text{ т/м}^3$ , средняя плотность горячей воды в системе отопления  
 $t_{\text{п}}, t_{\text{г}}$  - максимальные температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах системы отопления согласно температурного графика

$C = 1,0$  ккал/кг·°C, теплоёмкость воды

Среднесуточное потребление горячей воды:

$G_n = g_n \cdot n \cdot 10^{-3}$ , м<sup>3</sup>, где  
 $g_n$  - л, среднесуточное нормативное потребление горячей воды на единицу потребления.

Результаты расчетов представлены в таблице №1.1

### 1.3.2 Оценка гидравлического режима теплосети.

Скорость теплоносителя в трубопроводе является основным параметром, необходимым для расчёта гидравлического сопротивления теплосети. Само значение скорости теплоносителя является характеристикой работы теплосети. При скорости ниже 0,2-0,25 м/с поток воды не в состоянии смыть пузырьки воздуха в верхней части трубопровода, являющиеся очагами кислородной коррозии. При скорости 0,6-1,5 м/с в трубопроводах может возникнуть гидравлический шум; гидравлическое сопротивление трубопроводов резко возрастает, что приводит к дополнительным затратам электроэнергии на циркуляцию теплоносителя. Оптимальное значение скорости теплоносителя в стальных трубопроводах находится в пределах 0,25-0,5 м/с.

По известному или расчётному значению тепловой нагрузки на отопление каждой ветви определяем расчётный расход теплоносителя на ветвь по формуле:

$$G_0 = Q \cdot 10^3 / c \cdot \Delta t \cdot \rho, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где  
 $Q$ , Гкал/ч - присоединённая тепловая нагрузка на отопление  
 $c = 1,0$  ккал/кг·ч·°C - теплоёмкость воды  
 $\Delta t$ , °C - разница максимальных значений температур по температурному графику теплоснабжения  
 $\rho = 0,98$  т/м<sup>3</sup> - средняя плотность теплоносителя

По рассчитанному значению расхода теплоносителя и известному диаметру (площади живого сечения) трубопровода, определяем фактическую скорость воды в ответвлении по формуле:

$$v = G / f \cdot 3600, \text{ м/с}$$

### Котельная №6.

От отопительных коллекторов теплоноситель распределяется по четырём ветвям с условными номерами и диаметрами трубопроводов:

- 1 - Лесная Ø 48
- 2 - Садовая Ø 133
- 3 - Щорса Ø 219
- 4 - Школа Ø 133

Расчётные величины размещены в таблице 1.1:  
таблица 1.1

ветвь	Q, Гкал/ч	G <sub>0</sub> , м <sup>3</sup> /ч	f, м <sup>2</sup>	v, м/с
№ 1	0,0852	3,48	0,0013	0,74
№ 2	1,052	42,9	0,0124	0,96
№ 3	2,195	89,6	0,033	0,75
№ 4	1,51	61,6	0,0124	1,38

### Вывод:

- Скорости теплоносителя в ветвях на Лесной и Щорса выше оптимального значения, а в ветвях на Садовой и в школе недопустимо высоки.

### 1.4 Потребление тепловой энергии на цели теплоснабжения.

#### Котельная №6.

(данные Заказчика)

Суммарное теплоснабжение на отопление и ГВС 4,387 Гкал/ч.

Теплоснабжение на отопление 3,94 Гкал/ч

Теплоснабжение на ГВС 0,447 Гкал/ч

### Выводы:

- При 100% резервировании тепловой мощности на отопление потребителей 2-й категории, установленная мощность котельной должна составлять:

$$3,94 \cdot 2 + 0,447 = 8,327 \text{ Гкал/ч}$$

- При располагаемой тепловой мощности котельной 8,9 Гкал/ч резерв по обеспечению существующей присоединённой тепловой мощности потребителей составляет 0,573 Гкал/ч.

- Расход сетевой воды в подающем трубопроводе на выходе из котельной для обеспечения расчётной нагрузки на отопление должен составлять не менее:

$$3,94 / (95 - 70) \cdot 10^{-3} = 157,6 \text{ т/ч} = 158 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Существующий сетевой насос по производительности в состоянии обеспечить теплотой энергией на отопление присоединённых потребителей.

### 2. Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения котельной № 8.

#### 2.1 Исходные данные.

##### 2.1.1 Котельная № 8.

Установленная тепловая мощность котельной 12,0 МВт.

Характеристика основного оборудования котельной:

- водогрейные котлы КВ-ГМ-3,0 4 шт
- сетевые насосы 4 шт, из них 2 в работе Wilo IL 80/200-22/2, 2900 об/мин, 22 кВт, производительностью 100-900 м<sup>3</sup>/ч, с напором 10-110 м в. ст.
- циркуляционные насосы ГВС 2 шт, 1 в работе Wilo BL 50/210-18,5/Z, 1450 об/мин, производительностью 10-60 м<sup>3</sup>/ч, напором 10-30 м в. ст.
- подпиточный насос Wilo MH 1405-1/E/3
- теплообменники ГВС 2 шт M10-MFM
- баки-аккумуляторы ГВС 3 шт по 63 м<sup>3</sup>
- бак запаса подпиточной воды 1 шт 15 м<sup>3</sup>
- суточная подпитка ГВС 100 м<sup>3</sup>
- суточная подпитка теплосети 9 м<sup>3</sup>
- ввод теплосети Ø 273, ввод ГВС Ø 108

#### 2.2 Результаты инструментального обследования.

В день обследования в работе находились два котла.

Гидравлический режим работы котельной характеризовался параметрами:

- Давление теплоносителя в обратном трубопроводе отопительной системы на входе в котельную перед сетевым насосом - 3,0 кгс/см<sup>2</sup>.
- Давление теплоносителя после сетевого насоса перед водогрейными котлами - 3,9 кгс/см<sup>2</sup>.
- Давление теплоносителя после водогрейных котлов на выходе из котельной - 3,6 кгс/см<sup>2</sup>.

Температура воды в системах отопления и ГВС, при температуре наружного воздуха -10°C, имела значения:

- В подающем трубопроводе системы отопления на выходе из котельной после котлов 66°C.
- В обратном трубопроводе отопления на входе в котельную 55°C

- Температура холодной воды перед подогревателем ГВС 7°C.
- Температура горячей воды после подогревателя ГВС на выходе из котельной 64°C.
- Температура воды в трубопроводе рециркуляции на входе в котельную 54°C.

### Выводы:

- Располагаемый перепад давлений в системе отопления на выходе из котельной 6,0 м в. ст.
- Гидравлическое сопротивление жаротрубных котлов 0,3 кгс/см<sup>2</sup>, что соответствует паспортной характеристике котлов.
- Значения температур теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах системы отопления на выходе из котельной с допустимым отклонением соответствуют требованиям температурного графика теплоснабжения (соответственно 66°C и 52°C).
- Температура горячей воды в подающем трубопроводе ГВС на выходе из котельной соответствует нормативной.

### 2.3 Расчётная часть.

#### 2.3.1 Оценка гидравлического режима теплосети.

Скорость теплоносителя в трубопроводе является основным параметром, необходимым для расчёта гидравлического сопротивления теплосети. Само значение скорости теплоносителя является характеристикой работы теплосети. При скорости ниже 0,2-0,25 м/с поток воды не в состоянии смыть пузырьки воздуха в верхней части трубопровода, являющиеся очагами кислородной коррозии. При скорости 0,6-1,5 м/с в трубопроводах может возникнуть гидравлический шум; гидравлическое сопротивление трубопроводов резко возрастает, что приводит к дополнительным затратам электроэнергии на циркуляцию теплоносителя. Оптимальное значение скорости теплоносителя в стальных трубопроводах находится в пределах 0,25-0,5 м/с.

По известному или расчётному значению тепловой нагрузки на отопление каждой ветви определяем расчётный расход теплоносителя на ветвь по формуле:

$$G_0 = Q \cdot 10^3 / c \cdot \Delta t \cdot \rho, \text{ м}^3/\text{ч}$$

где  
 $Q$ , Гкал/ч - присоединённая тепловая нагрузка на отопление  
 $c = 1,0$  ккал/кг·ч·°C - теплоёмкость воды  
 $\Delta t$ , °C - разница максимальных значений температур по температурному графику теплоснабжения

$\rho = 0,98$  т/м<sup>3</sup> - средняя плотность теплоносителя

По рассчитанному значению расхода теплоносителя и известному диаметру (площади живого сечения f, м<sup>2</sup>) трубопровода, определяем фактическую скорость воды в ответвлении по формуле:

$$v = G / f \cdot 3600, \text{ м/с}$$

Присоединённая отопительная нагрузка котельной (с учётом потребления на проветривание и потери при передаче) составляет 9,46 Гкал/ч. При температурном графике теплоснабжения 95°-70°C, расчётный расход теплоносителя в подающем трубопроводе на выходе из котельной должен составлять:

$$G_0 = 9,46 \cdot 10^3 / 1,0 \cdot (95 - 70) \cdot 0,98 = 386 \text{ м}^3/\text{ч}$$

От котельной к тепловому пункту с распределительными коллекторами теплоноситель поступает по трубопроводу диаметром 273 мм. Скорость теплоносителя в трубопроводе при расчётном расходе составит:

$$v = 386 / 0,066 \cdot 3600 = 1,62 \text{ м/с}$$

### Вывод:

- при существующем диаметре подающего трубопровода скорость теплоносителя в нём превышает нормативную в три раза
- для достижения нормативной скорости теплоносителя в трубопроводе внутренний диаметр подающего трубопровода отопления на выходе из котельной должен составлять:

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{4 \cdot G_0 / 3,14 \cdot v \cdot 3600} = \sqrt{4 \cdot 386 / 3,14 \cdot 0,5 \cdot 3600} = 0,522 \text{ м}$$

стандартный наружный диаметр трубы 530 мм.

### 2.4 Потребление тепловой энергии на цели теплоснабжения.

Суммарное теплоснабжение на отопление и ГВС 9,46 Гкал/ч. При условии 100% резервирования тепловой мощности потребителей 2-й категории, установленная тепловая мощность котельной должна составлять:

$$9,46 \cdot 2 = 18,92 \text{ Гкал/ч}$$

### Выводы:

- При располагаемой тепловой мощности котельной 12,0\*0,86=10,32 Гкал/ч дефицит по обеспечению существующей присоединённой тепловой мощности потребителей составляет 8,6 Гкал/ч.
- При расчётном расходе сетевой воды на отопление 386 м<sup>3</sup>/ч, производительность двух из четырёх установленных сетевых насосов (900 м<sup>3</sup>/ч) способна с запасом обеспечить необходимый расход в теплосети.

### 3. Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения котельной № 7.

#### 3.1 Исходные данные.

##### 3.1.1 Котельная № 7.

Установленная тепловая мощность котельной 2,55 Гкал/ч. Характеристика основного оборудования котельной:

- водогрейные газовые котлы «Минск» с инжекционными горелками тепловой мощностью от 0,319 до 0,439 Гкал/ч в количестве 6 штук (обычно в работе 2 котла)
- водогрейный газовый котёл КС-Г-100 с горелкой WBG-10 - 1 штука
- сетевые насосы: К 100-80-160 - 1 шт с напором 32 м в. ст. и подачей 100 м<sup>3</sup>/ч, К 100-65-200 - 2 шт с напором 50 м в. ст. и подачей 100 м<sup>3</sup>/ч, трёхскоростной насос Grundfoss Ups 80-120F - 1 шт с напором 7-10 м в. ст. и подачей 45-10 м<sup>3</sup>/ч
- скоростные подогреватели ГВС - 2 шт, типа ВВП11-219-2000 с расходом подогреваемой воды 67,6 м<sup>3</sup>/ч и тепловой мощностью до 113,4 кВт
- циркуляционные насосы ГВС: резервный К 80-50-200 с напором 50 м в. ст. и подачей 50 м<sup>3</sup>/ч, рабочий К 65-50-160 с напором 32 м в. ст. и подачей 25 м<sup>3</sup>/ч
- баки аккумуляторы - 2 шт. по 12 м<sup>3</sup>

#### 3.2 Результаты инструментального обследования.

В день обследования в работе находились два котла.

Гидравлический режим работы котельной характеризовался параметрами:

- Давление теплоносителя в обратном трубопроводе отопительной системы на входе в котельную перед сетевым насосом - 2,6 кгс/см<sup>2</sup>.
- Давление теплоносителя после водогрейных котлов на выходе из котельной - 3,5 кгс/см<sup>2</sup>.

Температура воды в системах отопления и ГВС, при температуре наружного воздуха -10°C, имела значения:

- В подающем трубопроводе системы отопления на выходе из котельной после котлов 66°C.
- В обратном трубопроводе отопления на входе в котельную 52°C
- Температура холодной воды перед подогревателем ГВС 7°C.
- Температура горячей воды после подогревателя ГВС на выходе из котельной 58°C.

### Выводы:

- Располагаемый перепад давлений в системе отопления на выходе из котельной 0,9 м в.