

Е.Е.ГОНЧАРОВА, студентка, НТУ «ХПИ»

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Проведен анализ работы ТЭЦ в отопительный период, рассчитана затрата сетевой воды за отопительный сезон 2003-2004. Указаны способы повышения качества теплоснабжения, приведенные результаты пробного телефонного опроса о качестве теплоснабжения, который был проведен 20.03.2010р.

Проведений анализ роботи ТЕЦ в опалювальний період, розрахована витрата мережевої води за опалювальний сезон 2003-2004. Вказані способи підвищення якості теплопостачання, приведені результати пробного телефонного опиту про якість теплопостачання, який був проведений 20.03.2010р.

The analysis of the TPP in the heating period, to calculate the costs of water mains for the heating season 2003-2004. The methods of improving the quality of heat supply, the results of a trial telephone survey on the quality of heat supply, which was held 15.03.2010.

Введение. Основная задача теплоэнергетики – повысить обеспеченность городов и других населенных пунктов качественным централизованным теплоснабжением. Качество теплоснабжения города от ТЭЦ тесно связано с работой тепловых сетей.

В действующих сетях трудно предусмотреть правильное распределение тепла по потребителям расчетным путем из-за низкой гидравлической устойчивости тепловых сетей, подключения новых теплопотребителей, корректировки расчетной температуры для отопления, изменения характера тепловых нагрузок за счет внедрения централизованного горячего водоснабжения в сложившейся жилой застройке. Качество работы системы централизованного теплоснабжения зависит от температуры сетевой воды и ее количества, повышенный расход сетевой воды, приводит к перетопам и недотопам жилых помещений, сокращению пропускной способности тепловых сетей и перерасходу топлива и электроэнергии [1,2,3].

Целью работы является определение фактических величин перерасхода сетевой воды и перетопа в городских тепловых сетях (ТС), совместно работающих с Харьковской ТЭЦ-5 (ХарТЭЦ).

Расчет расхода сетевой воды и перетопа. Анализируя температуру сетевой воды в подающем трубопроводе (рис.1, данные предоставлены из архива ХарТЭЦ за период 1983-2010 г.г.), можно сделать вывод, что в течение большинства суток имеются отклонения как в сторону завышения температуры теплоносителя в подающем трубопроводе, так и в сторону занижения ее против графика.

В действительности городские тепловые сети работают не используя преимущества двухступенчатых последовательных схем теплораспределительных станций, о чем свидетельствуют высокие температуры обратной воды (до 55⁰С), поступающей на ХарТЭЦ-5 (рис.2).

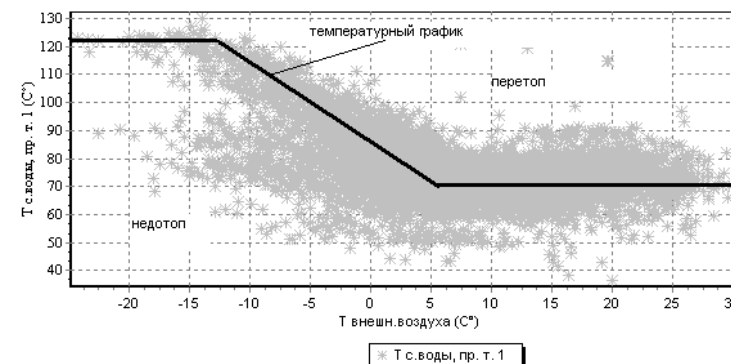


Рис.1 – Суточная температура сетевой воды в подающем трубопроводе

Фактическая температура сетевой воды в обратном трубопроводе (рис.2) завышена по сравнению с графиком тепловых сетей (30⁰С) на протяжении всего межотопительного периода. Эти температуры фактически соответствуют температурам обратной сетевой воды после систем отопления, а иногда и превышают их в отдельные сутки.

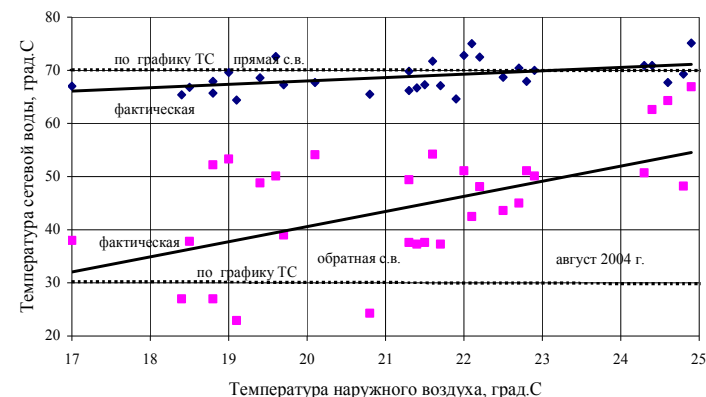


Рис.2 – Зависимость температуры сетевой воды на ГВС от температуры наружного воздуха.

Как видно из графика на рис.2 фактическая температура обратной сетевой воды на 25⁰С превышает заданное температурным графиком

значение равно 30°C , что резко снижает теплосъем. Причем с ростом температуры наружного воздуха растет температура обратной сетевой воды, а фактическая температура прямой сетевой от ХарТЭЦ-5 при этом практически остается постоянной и колеблется в заданных пределах около 70°C . Высокая температура обратной сетевой воды свидетельствует о том, что автоматика на ТРС практически не работает, кроме того, высокая температура обратной воды снижает КПД выработки электроэнергии ТЭЦ. Исходные данные и формулы для расчета расхода сетевой воды и перетопа.

– согласованный и утвержденный температурный график центрального качественного регулирования отпуска тепла от ТЭЦ-5 на 2004 год;

- среднесуточная температура наружного воздуха за 2004 г.;

- данные потребления теплоты ГТС посуточно за 2001-2004 годы;

- средняя часовая тепловая нагрузка в летний период за 2001-2004 годы, равная $Q_{\Gamma}^{\text{cp}} = 162$ Гкал/ч.

Параметры теплоносителя по температурному графику при средней температуре наружного воздуха $t_{\text{н.в.}} = 0.074^{\circ}\text{C}$. Температура смешанной воды, для графика $95/70^{\circ}\text{C}$ и $105/70^{\circ}\text{C}$: $T_{\text{см.}} = 59.5^{\circ}\text{C}$

Недогрев в нижней ступени: $\Delta T_{\text{н.}} = 7^{\circ}\text{C}$.

1. Температурный график теплосети 150/70 со срезками в подающем трубопроводе: при $t_{\text{н}} = 1^{\circ}\text{C}$ на 70°C ; при $t_{\text{н}} = -15^{\circ}\text{C}$ на 110°C .

2. Таблица параметров тепловой энергии с октября 2002 г. по май 2003 г. включительно, предоставленной ТЭЦ-5.

3. Отпуск тепловой энергии с ТЭЦ производится по двум подающим и двум обратным трубопроводам.

4. Расчетные температуры воды ГВС:

горячей – $t_{\Gamma} = 55^{\circ}\text{C}$; холодная зимняя – $t_{\text{к.з.}} = 5^{\circ}\text{C}$; холодная летняя – $t_{\text{х.л.}} = 10^{\circ}\text{C}$ (для мая месяца).

5. Справочные данные:

5.1 Расчетная температура наружного воздуха для отопления в г. Харькове $t_{\text{н.р.}} = -23^{\circ}\text{C}$;

5.2 Удельный расход сетевой воды на отопление при графике 150/70 $^{\circ}\text{C}$: $q_0^p = 12,5$ т/Гкал

5.3 Удельный расход сетевой воды на ГВС при графике 150/70 $^{\circ}\text{C}$ и двухступенчатых последовательных схемах включения подогревателей ЦТП, оборудованных регуляторами расхода и температуры: $q_0^p = 18,1$ т/Гкал

5.4 Температура обратной сетевой воды после теплообменников ГВС в летнее время (параллельная схема включения) $T_{\text{г.л.}} = 30^{\circ}\text{C}$.

6. Среднечасовая летняя нагрузка ГВС составляет: $Q_{\Gamma.\text{cp.}} = \sum_{i=1}^N \frac{Q_i}{T_{\text{ч}}}$,

Гкал/ч, (где $T_{\text{ч}}$ – число часов).

7. Средняя температура сетевой воды в подающем трубопроводе составляет: $t_{\text{п.ср.}} = \sum_{i=1}^N \frac{t_{\text{ni}}}{T_{\text{ч}}}$, $^{\circ}\text{C}$.

8. Средняя температура сетевой воды в обратном трубопроводе составляет: $t_{\text{о.ср.}} = \sum_{i=1}^N \frac{t_{\text{oi}}}{T_{\text{ч}}}$, $^{\circ}\text{C}$.

9. Расход сетевой воды (табличные данные) на ГВС составляет:

$$G_{\Gamma}^{\text{T}} = \sum \frac{G_{\Gamma i}}{t_{\text{ч}}}, \text{ т/ч.}$$

10. Расход сетевой воды на ГВС фактический составил:

$$G_{\Gamma}^{\Phi} = \frac{Q_{\Gamma \text{cp}}}{t_{\text{пср}} - t_{\text{оср}}}, \text{ т/ч.}$$

11. Расход сетевой воды на ГВС расчетный составит $G_{\Gamma}^{\text{P}} = \frac{Q_{\Gamma \text{cp}}}{t_{\text{п}}^0 - t_{\text{о}}^p}$,

т/ч.

Таким образом, превышение расхода сетевой воды на ГВС в летний период составит: с учетом табличных данных на $\Delta G^{\text{T}} = \frac{G_{\Gamma}^{\text{T}} - G_{\Gamma}^{\text{P}}}{G_{\Gamma}^{\text{P}}} \cdot 100$, %; фак-

тически $\Delta G^{\Phi} = \frac{G_{\Gamma}^{\Phi} - G_{\Gamma}^{\text{P}}}{G_{\Gamma}^{\text{P}}} \cdot 100$, %.

$$\Delta G^{\Phi} = \frac{G_{\Gamma}^{\Phi} - G_{\Gamma}^{\text{P}}}{G_{\Gamma}^{\text{P}}} \cdot 100, \%$$

12. Определим тепловую нагрузку ГВС в зимнее время по формуле:

$$Q_{\Gamma.3}^{\text{cp}} = Q_{\Gamma.л}^{\text{cp}} \cdot \frac{(t_{\Gamma} - t_{\text{х.з}})}{p \cdot (t_{\Gamma} - t_{\text{х.л}})}, \text{ гкал/ч, (где } p \text{ – коэффициент, учитывающий}$$

снижение среднечасового расхода воды на ГВС в летний период).

13. Расчетный расход сетевой воды на ГВС составит: $G_{\Gamma}^{\text{P}} = q_{\Gamma}^{\text{P}} \cdot Q_{\Gamma.3}^{\text{cp}}$, т/ч.

14. Для проведения расчетов, позволяющих провести работы теплосети в отопительном сезоне, воспользуемся данными таблицы параметров сетевой воды за определенные сутки, когда температура сетевой воды в подающем трубопроводе выдерживалась согласно температурного графика или была близка к ней, а расход сетевой воды был стабильным. Такими являются, в частности, следующие сутки:

декабрь 2002 г. – 29, 30; январь 2003 г. – 3, 13, 19, 21, 25; февраль 2003 г. – 5, 6, 25; март 2003 г. – 9, 20; апрель 2003 г. – 1, 14

14.1 Суточная нагрузка на отопление (графа 10):
 $Q_o^{сут} = Q_{общ}^{сут} - Q_{г.з}^{сут}$, Гкал, где: $Q_{общ}^{сут}$ – фактическая общая тепловая нагрузка (данные ТЭЦ); $Q_{г.з}^{сут} = 256$ Гкал – определялась ранее расчетным путем

14.2 Среднечасовая нагрузка на отопление (графа 11): $Q_0 = \frac{Q_o^{сут}}{24}$, Гкал/ч.

14.3 Расчетный расход сетевой воды на отопление (графа 12):

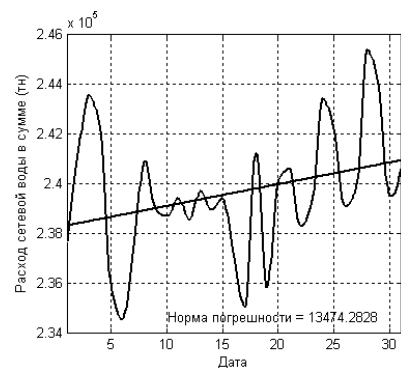
$G_o^p = q_o^p \cdot Q_o$, т/ч (где q – см. исходные данные).

14.4 Расчетный расход сетевой воды на ГВС (пункт 13):

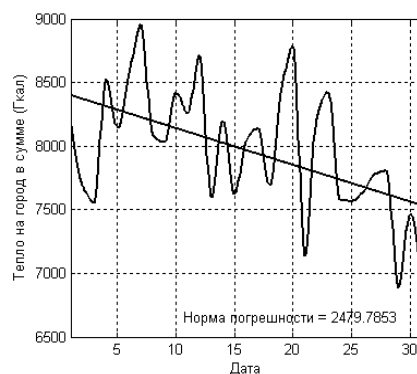
$G_{г}^p = q_{г}^p \cdot Q_{г.з}^{сп}$, т/ч (см. исходные данные и п. 8).

14.5 Превышение фактического расхода сетевой воды над расчетным в процентном отношении: $\frac{G_{ср}^ф - G_{общ}^p}{G_{общ}^p} \cdot 100, \%$.

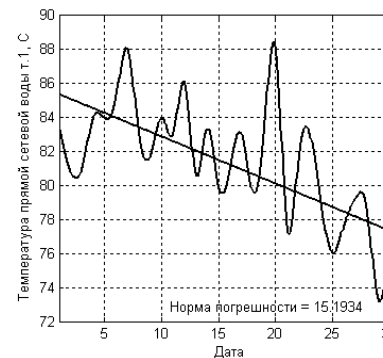
Исходные данные за период с 01.01.2004 по 31.01.2004 приведены на рис.3



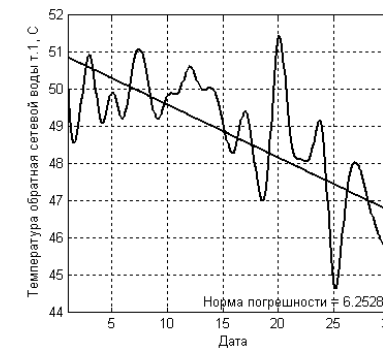
а – расход сетевой воды в среднем за период: $G = 9983$ т/ч



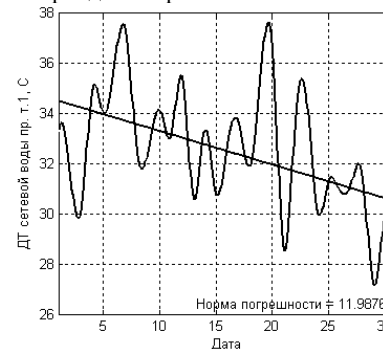
б – тепло на город в среднем за период: $Q = 333$ Гкал/ч



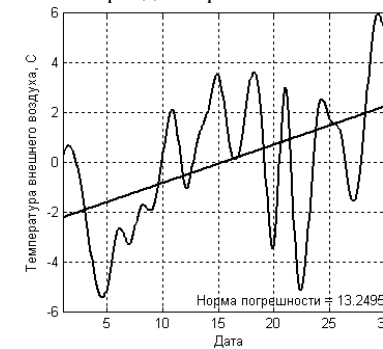
в – температура воды прямая в среднем за период: $T пр. = 81.7$ °C



г – температура обратной воды в среднем за период $T обр. = 48.5$ °C



д – разность температур прямой и обратной воды за период $ДТ 33.2$ °C



е – среднесуточная температура наружного воздуха за период $T воз. = 0.07$ °C

Рис.3. - Параметры теплоснабжения в январе 2004 г

Для определения качества работы системы централизованного теплоснабжения разработана методика и компьютерная программа «Тепло». Результаты расчета приведены ниже. За отопительный сезон 2003-2004 г.г. (семь месяцев) :

- фактическая тепловая нагрузка составила 1592310 Гкал;
- фактический расход сетевой воды за час составил 12164 т/ч;
- расчетный расход сетевой воды за час составил 3925 т/ч;
- фактический расход сетевой воды за месяц составил 61797570 т;
- расчетный расход сетевой воды за месяц составил 19918128 т;

Превышение фактического расхода сетевой над расчетным составило 41879442 т, или в процентном отношении- 210 %.

Тепло на ГВС в летий период с 2001 по 2004 г.г.: $Q лет. = 109$ Гкал/ч

Тепло на ГВС в зимний период: $Q зим. = 151$ Гкал/ч

Тепло на отопление за период: $Q отоп. = 182$ Гкал/ч

Температура воды после нижней ступени (темпер. график): $T пн. = 36$ °C

Расход воды на ГВС в среднем за период: $G_{гвс} = 3026 \text{ т}\cdot\text{ч}$
 Теплопроизводительность нижней ступени (зима) в среднем за период: $Q_{ниж} = 94 \text{ Гкал}\cdot\text{ч}$. Теплопроизводительность верхней ступени (зима) в среднем за период: $Q_{вер} = 58 \text{ Гкал}\cdot\text{ч}$
 Фактическая температура перед нижней ступенью подогревателей ГВС: $T_{02} = 57.9^\circ\text{C}$. Фактическая температура после верхней ступени подогревателей ГВС: $T_{01} = 76^\circ\text{C}$. Проверка T_{01} : $T_{01} = 76^\circ\text{C}$
 Температура воздуха в отопляемых помещениях, фактическая: $T_{вн.ф.} = 21.8^\circ\text{C}$. Теплопроизводительность нижней и верхней ступеней: $Q_0 = 1.2110$
 Температура смешанной воды в подающем трубопроводе: $T_{см.ф.} = 66.7^\circ\text{C}$
 Теплопроизводительность нижней и верхней ступеней, проверка: $Q_0 = 1.2$
 Температура смешанной воды в подающем трубопроводе, проверка: $T_{см.ф.} = 66.7^\circ\text{C}$. Разница в перерасчете составляет: $\Delta = 0.0011 \%$
 Фактический коэффициент смешения в системах отопления: $U = 1.06$
 Расчетная тепловая нагрузка на отопление: $Q_{отоп} = 149.2 \text{ Гкал}\cdot\text{ч}$
 Расчетный расход сетевой воды на ввод (в тепловой сети): $G_{с} = 11051.7 \text{ т}\cdot\text{ч}$
 Расчетный расход сетевой воды на отопление: $G_{отоп} = 5790 \text{ т}\cdot\text{ч}$
 Перетоп за период составляет: $Q_{перетоп} = 32 \text{ Гкал}\cdot\text{ч}$
 Перерасход сетевой воды на отопление составляет: $G_{>>} = 1.72$ раза

Таблица 1 – Превышение фактического расхода сетевой воды в системе

Месяц	Окт	Нояб.	Дек.	Янв.	Февр.	Март	Апр.
Перерасход	1,6	2,3	1,3	1,3	1,2	1,3	1,05

Анализ работы ТЭЦ в отопительный период показывает, что в начале отопительного периода превышения расхода сетевой воды составляет 2,3 раза (табл.1), в середине периода снижается до 1,3 раз, лишь в конце периода практически отсутствует перерасход воды.

Таким образом, отмеченным выше, имеют место значительно повышенный расход сетевой воды, превышающий расчетный до 2,3 раза. Температура воды в обратном магистральном трубопроводе на 25°C выше, чем нормируемая. В результате имеется постоянный перерасход топлива из-за перетопа выше $+21^\circ\text{C}$, близлежащих потребителей к ТЭЦ, и массового недоотопа ниже $+18^\circ\text{C}$, удаленных потребителей тепла.

Температура воды, возвращающейся из системы отопления в тепловую сеть, – это простой и единственный параметр, интегрировано отображающий реальную информацию о потребительских качествах работающей системы отопления. Известно, что поддержание температуры в доме выше норматива всего на 1°C увеличивает расходы тепла на 4-6%. Нормальная температура воздуха для жилых комнат, столовой или ком-

наты для занятий составляет 18°C , для кухни и спальни $14-16^\circ\text{C}$, для детской $20-21^\circ\text{C}$.

Погодное регулирование должно обеспечиваться тепловыми сетями, которые обязаны выдерживать при качественном регулировании свой температурный график. Строго говоря, качественное регулирование – это и есть регулирование погодное. На Западе в системах районного отопления редко используют качественное регулирование. Поэтому там просто нельзя обходиться без погодных регуляторов в каждом абонентском вводе.

Желательно установить в комнатах термометры, следить за их показателями и своевременно регулировать температуру за счет изменения режима работы отопительных приборов. Для этой цели могут быть использованы теплосчетчики, обладающие способностью реализовать функции управления. Тогда появляется возможность устанавливать и автоматически поддерживать температуру при отсутствии жильцов.

Соответствие фактической температуры сетевой воды нормативному значению по температурному графику является одним из главных показателей, характеризующих качество работы всей теплоэнергетической системы. По правилам технической эксплуатации (ПТЭ), недогрев «прямой» сетевой воды не должен быть больше $\pm(2.1 \div 4.5^\circ\text{C})$. Однако фактический недогрев прямой сетевой воды составляет $30-60^\circ\text{C}$, что в 10 раз больше допустимого по ПТЭ. В свою очередь потребитель также должен обеспечить полное использование тепла и температура «обратки» не должна быть выше $+(1.2 \div 2.1^\circ\text{C})$ от норматива. Фактическое недоиспользование тепла у потребителя составляет до $12-30^\circ\text{C}$, что так же в 10 раз больше допустимого по ПТЭ.

Из-за завышенного роста циркуляции сетевой воды, массового снижения перепадов давления у конечных потребителей тепла, при температурах наружного ниже $-20-25^\circ\text{C}$ создается неуправляемая аварийная ситуация. Тонкой наладкой гидравлических режимов с установкой нужных диаметров регулирующих шайб и сопел специалисты тепловых сетей занимаются месяцами, но достаточно один раз не обеспечить необходимую температуру в течение 2-4 дней как вся тонкая наладочная работа разваливается. Но самое главное, что никакой реальной экономии топлива на теплоснабжении города при этом нет. Наоборот имеется постоянный перерасход топлива из-за «перегрева» выше $+22^\circ\text{C}$, близлежащих потребителей тепла ~ 60%, и массового «недогрева» ниже $+18^\circ\text{C}$, удаленных потребителей тепла ~ 30%. При снижении температуры наружного воздуха ниже минус 28°C может произойти массовый неуправляемый «недогрев» населения с температурой ниже $+18^\circ\text{C}$ уже для ~60% потребителей, и городских системах отопления может возникнуть неуправляемая аварийная ситуация, требующая вмешательства министерства чрезвычайных ситуаций.

Пробный сбор информации о качестве теплоснабжения путем телефонного опроса. Для получения информации об удовлетворенности жителей города Харькова тепловой энергией и горячим водоснабжением было проведено пилотное исследование. По телефону были опрошены жители домов №17 и №11а по ул. Ахсарова Дзержинского района. Следует заметить, что среди опрошенных оказалось 69,1% женщин, соответственно мужчин – 30,9%, 58,2% респондентов с высшим образованием.

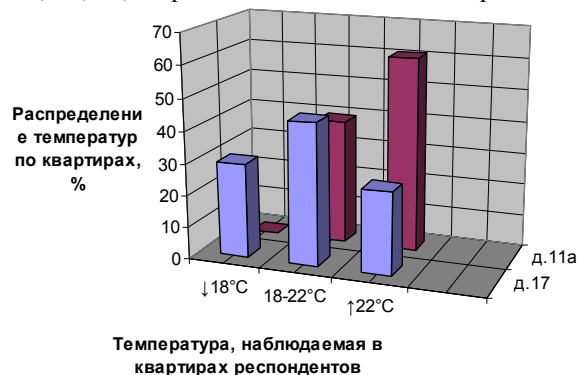


Рис.4 – Результаты социологического опроса, проведенного 15.03.2010

Результаты социологического опроса приведены на рис.4. Методом контент анализа были выделены основные меры, которые потребители предлагали для улучшения качества теплоснабжения. Жители д.17 по ул. Ахсарова предлагали замену окон, утепление стен всего здания, лестничных клеток и чердаков, отмечая при этом плохое состояние самого дома. Жители д.11а по ул. Ахсарова оказались полностью удовлетворены качеством теплоснабжения, отмечая в квартирах нормальную температуру (39,285%), а зачастую и перетоп (60,715%). Отвечая на открытый вопрос об переходе на индивидуальное отопление, даже респонденты в квартирах которых при стоянии низких наружных температур в зимнее время года температура была ниже нормальной, отвечали отказом.

Пронализировав результаты пилотного социологического исследования, можно сделать выводы, что в условиях постоянного роста цен на энергоносители, подорожание тепла исходящего из системы центрального отопления, конечно же прогнозируется, но цены на газ для бытовых потребителей возрастут также, делая индивидуальное отопление нежизнеспособным. Следует отметить, что в стоимость централизованного теплоснабжения уже заранее включены расходы на ремонт и эксплуатацию оборудования, теплопроводов, а в случае индивидуального – в стоимость заложены только затраты на транспортировку и на закупку самого газа.

Выводы. Приведенные выше анализ работы теплосети и расчеты, основанные на предоставленных данных ТЭЦ, позволяют сделать следующие основные выводы:

1. Система теплоснабжения ТЭЦ разбалансирована из-за того, что не проводятся наладочные работы по всем ее звеньям и, очевидно, отсутствия автоматических устройств (регуляторов расхода и температуры) на теплообменниках ГВС на ТРС, а возможно и несовершенства схем включения теплообменников ГВС.

2. По причинам, отмеченным выше, имеют место большие перетопы и недотопы и, как видно из расчетов, значительно завышенный расход сетевой воды, превышающий расчетный более чем в два раза. При таком состоянии системы теплоснабжения потери тепловой энергии составляют 20-30% от полезного отпуска ТЭЦ, а перерасход электроэнергии на перекачку сверхнормативного расхода сетевой воды можно определить с большой долей точности расчетным путем.

Для устранения этих потерь целесообразно проводить следующие мероприятия: 1. Мониторинг, обеспечивающий сбор информации по энергопотреблению и потерям энергоресурсов на ТЭЦ и тепловых сетях; 2. Энергоаудит, на основании информации мониторинга, позволяющий выделить причины, приводящие к потерям тепла; 3. Технические и организационные мероприятия, направленные на устранение причин, приводящих к перерасходу тепла.

Успешность проведения мероприятий по второму и третьему пунктам целиком зависит от качества и полноты собранной информации. Поэтому проведение ТЭЦ и тепловыми сетями мониторинга является актуальной задачей.

Сбор информации о качестве теплоснабжения можно разделить на две самостоятельные задачи: - мониторинг тепловых сетей (сбор технологических параметров температуры, давления, расхода); - сбор информации от населения о качестве теплоснабжения (о температурных условиях в помещениях).

Список литературы. 1. Вороновский Г.К. Автоматизированное оперативное управление централизованным теплоснабжением в условиях неполной информации // Диссертация на соискание ученой степени доктора техн.наук: 05.13.07. – Х., 2002г. **2.** Шаранов В.И. Особенности теплоснабжение городов при дефиците топлива на электростанциях / В.И. Шаранов //Электрические станции. – 1999. – № 10. – С.63-66. **3.** Орловский И.В. Анализ работы городских тепловых сетей от ТЭЦ-5 / И.В Орловский// Вестник НТУ «ХПИ». – 2006. – №36. – С.90-95.

Поступила в редколлегию 03.11.2010