

УДК 697.341

А. Н. ГАНЖА, д-р техн. наук,

В. Н. ПОДКОПАЙ, аспирант

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков, Украина

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОТПУСКА ТЕПЛОТЫ ОТ ИСТОЧНИКА СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Рассмотрены варианты компенсации тепловых потерь источником теплоснабжения при передаче тепловой энергии с целью обеспечения расчетного потребления теплоты и оптимизация основных параметров теплоносителя с целью обеспечения минимума расходов денежных средств на энергоносители. Ил. 5. Библиогр. 4 назв.

Розглянуто варіанти компенсації теплових витрат джерелом теплопостачання при передачі теплової енергії з метою забезпечення розрахункового споживання теплоти і оптимізація основних параметрів теплоносія з метою забезпечення мінімуму витрат грошових коштів на енергоносії. Іл. 5. Бібліогр. 4 назв.

Введение

Качественное теплоснабжение – это то, которое способно поддерживать требуемые комфортные условия в помещениях потребителей. На сегодня состояние большинства трубопроводов теплотрасс, а, особенно, – их изоляции, зачастую бывает неудовлетворительным. Многие абоненты недовольны существующим отпуском тепла. Недотопы, перетопы, высокая оплата за некачественные услуги – все это влечет к отказу от центрального отопления некоторой части потребителей. Очевидно, что для обеспечения качественного отопления зданий необходимо регулировать выработку тепловой энергии на источнике не только от текущей температуры наружного воздуха, но и учитывать фактические потери теплоты при транспортировании теплоносителя по теплотрассам к потребителям, что на данный момент очень затруднительно из-за ряда проблем. При этом основной задачей такого регулирования является поддержание комфортной температуры внутри помещений.

Анализ последних исследований

В Украине, как и в большинстве странах бывшего Советского Союза, преобладает центральное регулирование отпуска теплоты от источника. Практически, отпускаемая тепловая нагрузка централизованно регулируется в основном двумя способами: изменением только температуры либо расхода теплоносителя [1]. Наиболее широкое применение в отечественной теплоэнергетике получило качественное регулирование, т. е. изменение температуры теплоносителя на источнике при постоянном его расходе в зависимости от температуры наружного воздуха. В то время как зарубежом преобладает количественное регулирование, что дает возможность автоматизировать потребительские установки путем изменения расхода потока теплоносителя в отопительных системах и тем самым снизить тепловые потери [2].

Основные методы, расчеты регулирования тепловой нагрузки приведены в работах Соколова Е. Я. [1] и др. На современном этапе данная проблема в основном рассматривается с позиций внедрения приборов автоматики при совмещении центрального и местного регулирования нагрузки отопления и ГВС [3].

Постановка цели и задач исследований

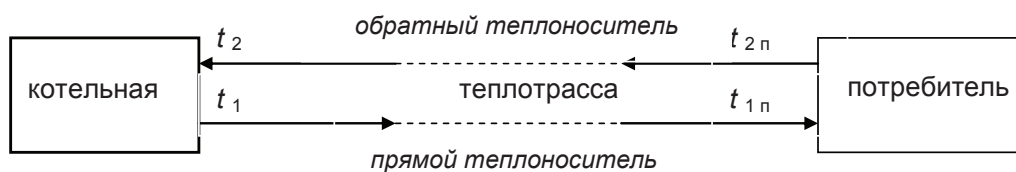
Экономия тепловой энергии на источниках и объектах ее конечного потребления есть одним из способов энергосбережения, что и является целью исследований. Каждый из методов регулирования отпуска тепла имеет свои достоинства и недостатки и зависит от гидравлической устойчивости системы. Но показать какой из этих методов эффективней

является важной задачей в энергоэффективности. Исходя из этого, в данной работе были поставлены такие задачи:

- расчет отпускаемой тепловой энергии от котельной, потерь тепловой энергии в тепловой сети и потребляемой тепловой энергии;
- расчет, анализ и оптимизация вариантов компенсации тепловых потерь источником теплоснабжения при передаче тепловой энергии с целью обеспечения расчетного потребления теплоты в т.ч. – при качественном или количественном регулировании нагрузки;
- сравнение минимальных уровней затрат на энергоресурсы в различных вариантах и определение параметров наиболее экономичного режима.

Методика исследований

В целях расчетного исследования была составлена система уравнений для схемы теплоснабжения, показанной на рис. 1:



t – температура теплоносителя; 1 – прямой; 2 – обратный; п – у потребителя

Рис. 1. Схематическое изображение системы

а) температуры прямого и обратного теплоносителя на конечных участках теплотрассы:

$$t_{1п} = t_{o.c} + (t_1 - t_{o.c}) \cdot e^{-\frac{K_{lп} \cdot l}{W_M}}; \quad (1)$$

$$t_2 = t_{o.c} + (t_{2п} - t_{o.c}) \cdot e^{-\frac{K_{lо} \cdot l}{W_M}}, \quad (2)$$

где K_l и l – линейный коэффициент теплопередачи и длина участка (трубопроводы наружной прокладки);

$t_{o.c}$ – температура окружающей среды (в данном случае – наружного воздуха);

W_M – эквивалент расхода теплоносителя (воды);

«п» и «о» – подающий и обратный трубопроводы; остальные обозначения соответствуют рис.1;

б) тепловая энергия, отпущенная от котельной и потребленная отопительной системой:

$$Q_{ист} = W_M \cdot (t_1 - t_2); \quad (3)$$

$$Q_{п} = W_M \cdot (t_{1п} - t_{2п}). \quad (4)$$

Расчет потребленной отопительной нагрузки ведется по методике предложенной Соколовым Е. Я. [1]. Потребляемую тепловую энергию зданиями при данных $t_{o.c}$ и внутренней температуре в помещениях $t_{вн}$ можно определить по формуле [1]:

$$Q_{п} = W_M \cdot (t_{1п} - t_{вн}) \cdot \varepsilon, \quad (5)$$

где ε – безразмерная удельная тепловая производительность отопительных приборов [1]:

$$\varepsilon = \frac{1}{\frac{0,5 + \mu}{1 + \mu} + \frac{1}{\omega}}, \quad (6)$$

где ω – параметр, $\omega = \frac{k \cdot F}{W_M}$, k и F – коэффициент теплопередачи и площадь теплопередачи всех отопительных приборов;

μ – коэффициент смешения в смесительном устройстве (элеваторе).

Эта формула справедлива для системы отопления в целом.

Для отопительных приборов величина $k \cdot F$ определяется по обобщенной формуле [1]:

$$k \cdot F = \Phi \cdot \left(\frac{Q_{\Pi}}{Q_P} \right)^{\frac{n}{1+n}}, \quad (7)$$

где Φ – параметр теплообменника, величина постоянная, $\Phi = 7,844 \cdot F_{\text{ЭКМ}}$;

$F_{\text{ЭКМ}}$ – число эквивалентных квадратных метров отопительных приборов.

Q_P – расчетная тепловая производительность приборов отопления при минимальной температуре наружного воздуха;

n – показатель степени, для радиаторов $n=0,25$; конвекторов $n=0,2$ [1].

После проведения некоторых преобразований системы уравнений, приведенной выше, неизвестных параметров осталось всего два: температура прямого теплоносителя на выходе из источника t_1 и эквивалент расхода теплоносителя (воды) W_M , который представляет произведение массового расхода теплоносителя на его теплоемкость.

Таким образом, каким наиболее рациональным способом компенсации потерь теплоты при транспортировании теплоносителя от источника к потребителю (увеличение температуры либо расхода теплоносителя, отпускаемого в сеть, либо двумя этими параметрами) должна показать оптимизация (минимизация) часовых затрат денежных средств на топливо и электроэнергию в диапазоне изменения температуры наружного воздуха. Целевая функция:

$$Z = C_{\Gamma} \cdot B_{\Gamma} + C_{\text{Э}} \cdot P_{\text{Э}} \rightarrow \min, \quad (8)$$

где B_{Γ} – часовой расход природного газа с учетом зависимости изменения удельного расхода топлива (эффективности) при изменении нагружения котлов т. е. $Q_{\text{ист}}$;

$P_{\text{Э}}$ – мощность, потребляемая сетевыми насосами, которая может быть определена как функция эквивалента расхода теплоносителя (воды) W_M :

$$P_{\text{Э}} = \rho \cdot g \cdot Q_{\text{В}} \cdot H \cdot 10^{-3} / \eta_{\text{НУ}} = g \cdot S \cdot W_M^3 / (\eta_{\text{НУ}} \cdot (c_{\text{В}} \cdot \rho_{\text{В}})^3). \quad (9)$$

где $Q_{\text{В}}$, H , $\eta_{\text{НУ}}$ и S – объемный расход воды, напор, КПД насосной установки и гидравлическая характеристика сети (при квадратичном законе);

$c_{\text{В}}$ и $\rho_{\text{В}}$ – теплоемкость и плотность воды.

С целью обеспечения расчетного теплового потребления отопительной системой при данной температуре наружного воздуха необходимо поставить ограничение:

$$Q_{\Pi} = Q_P = \text{const}. \quad (10)$$

Решение данной задачи оптимизации осуществляется методом множителей Лагранжа.

При низких температурах наружного воздуха может оказаться, что температура прямого теплоносителя на входе в здания без элеваторов может быть выше предельного значения, установленного СНиП 2.04.05.91 [4] (для жилых зданий $95\text{ }^{\circ}\text{C}$). Поэтому в случае превышения этого значения оптимизация производится только по расходу теплоносителя, а температура $t_{1п}$ принимается равной $95\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Результаты исследований

Проведен расчетный анализ фактического отпуска теплоты от котельной и потребления и оптимизация параметров теплоносителя на источнике в 3 вариантах:

- компенсация тепловых потерь при передаче теплоты потребителям расходом теплоносителя;
- компенсация тепловых потерь при передаче теплоты потребителям температурой теплоносителя;
- поиск оптимального расхода и температуры теплоносителя.

Расчеты проводились во всем диапазоне изменения температуры наружного воздуха при регулировании отпуска теплоты для г. Харьков (от $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$) при стоимости природного газа $4662,74$ грн за 1 тыс. м^3 и электроэнергии $1,136$ грн за $1\text{ кВт}\cdot\text{ч}$. Полученные значения представлены на приведенных ниже графиках.

На рис. 2 представлена зависимость отпущенной и потребленной тепловой нагрузки. Фактическое потребление тепловой энергии на всех режимах ниже расчетного из-за наличия потерь. Для всех трех вариантов оптимизации необходимая тепловая нагрузка на источнике для обеспечения расчетного теплоснабжения одинакова, и величина потерь составляет $26\div 29\%$.

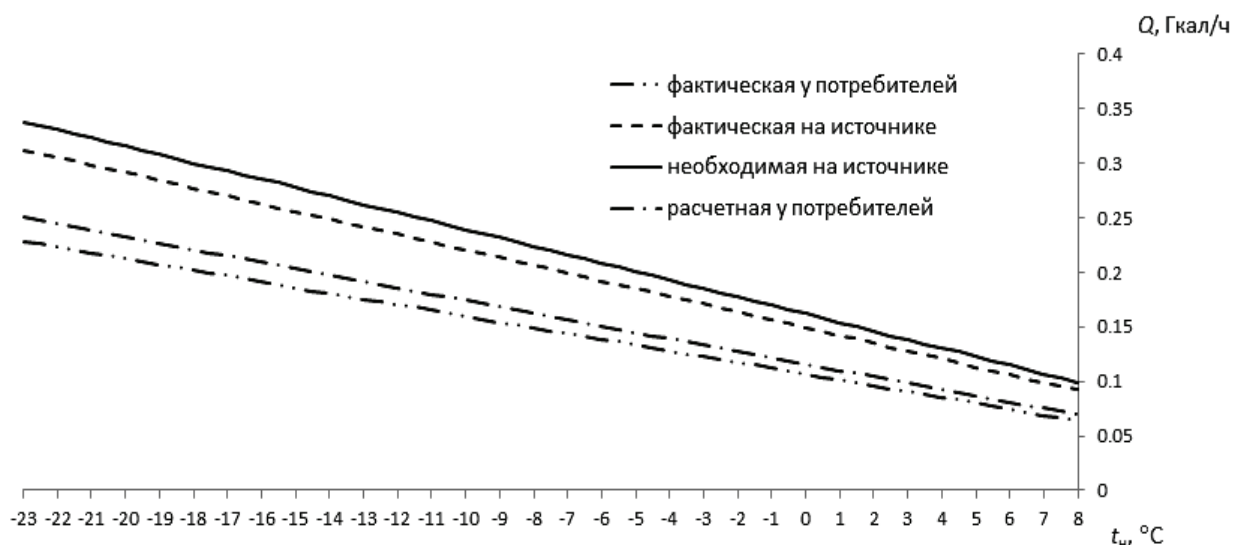


Рис. 2. Зависимость тепловой нагрузки

На рис. 3 представлена зависимость часовых расходов денежных средств на топливо и электроэнергию (т. е. целевой функции). При обеспечении расчетного теплоснабжения минимальное значение при оптимальных расходе и температуре теплоносителя. Однако, минимальное значение затрат денежных средств при компенсации тепловых потерь при передаче теплоты потребителям температурой теплоносителя близко к оптимальному значению. Зависимости имеют практически линейный характер, что позволяет по ним находить минимум затрат с учетом графиков загрузки котельной.

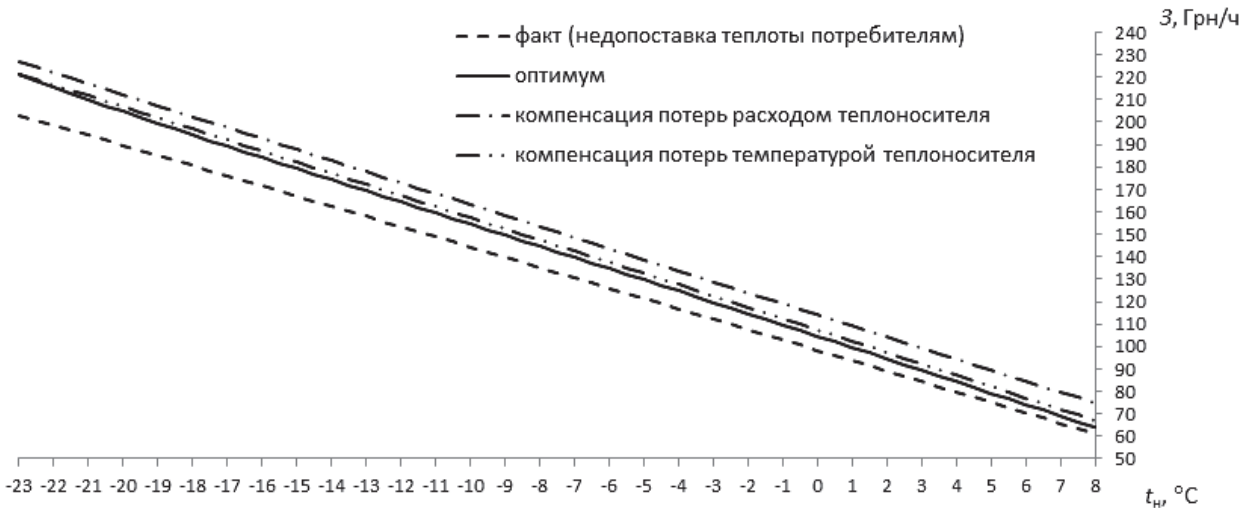


Рис. 3. Зависимость часовых расходов денежных средств на топливо и электроэнергию

На рис. 4 представлен график зависимости расхода теплоносителя фактический и при разных способах компенсации тепловых потерь при передаче теплоты.

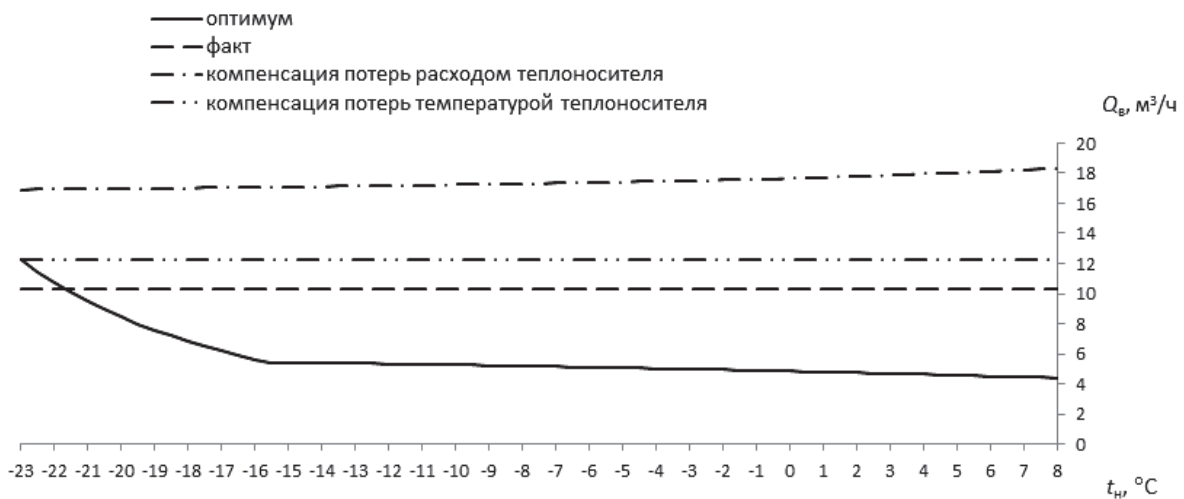


Рис. 4. Зависимость расхода теплоносителя

Как видно из представленного графика, при компенсации тепловых потерь при передаче теплоты потребителям расходом теплоносителя он будет выше расчетного в 1,8 раза, что приведет к значительным затратам электроэнергии. Оптимальный расход теплоносителя на всех режимах различный. Постоянный расход теплоносителя при компенсации тепловых потерь при передаче теплоты потребителям его температурой выше расчетного в 1,2 раза с целью обеспечения температуры на входе в здания не более 95 °С. Следует отметить, что в вариантах компенсации тепловых потерь при передаче теплоты потребителям расходом теплоносителя и оптимальном его расходе необходимо частотное регулирование электродвигателей насосов, а также вероятна гидравлическая разрегулировка тепловых сетей и внутренних домовых систем.

На рис. 5 представлена зависимость температур теплоносителя на источнике.

Как видно из рис. 5, оптимальная температура прямого теплоносителя (как и соответствующая обратного) имеет неравномерную зависимость. При ее частом изменении может снизиться надежность системы из-за меняющихся температурных воздействий на металл трубопроводов.

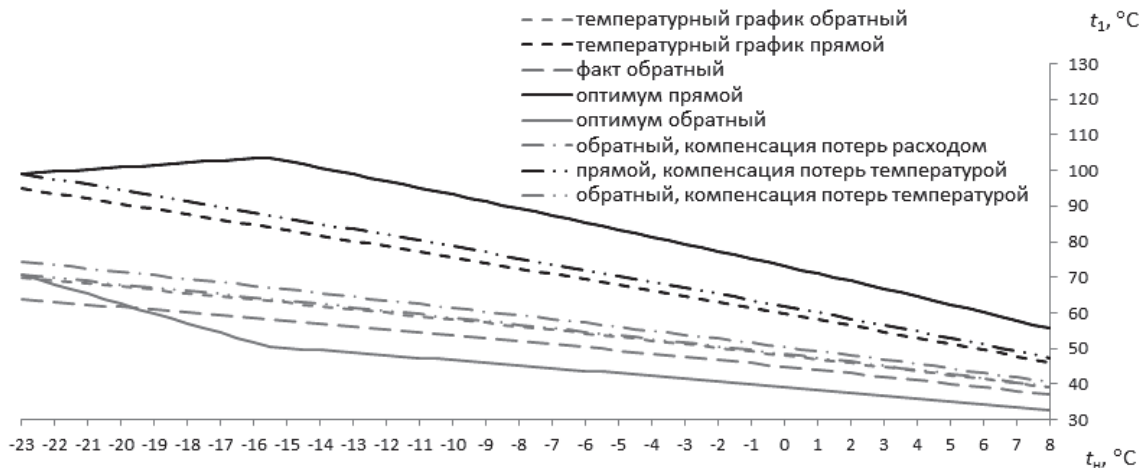


Рис.5. Зависимость температур теплоносителя на источнике

Выводы

Разработаны методы и средства анализа и оптимизации параметров системы теплоснабжения с учетом потерь теплоты при транспортировании теплоносителя. Рассмотрены варианты компенсации тепловых потерь источником теплоснабжения при передаче тепловой энергии с целью обеспечения расчетного потребления теплоты и проведена оптимизация основных параметров теплоносителя с целью обеспечения минимума затрат денежных средств на энергоносители. Выбор того или иного метода регулирования отопительной нагрузки регламентируется в первую очередь гидравлической устойчивостью системы. Полученные результаты показывают, что при современном состоянии систем отопления рациональнее использовать метод компенсации тепловых потерь при передаче теплоты потребителям температурой теплоносителя при сохранении качественного регулирования. Созданные математические модели, методики и алгоритмы могут использоваться и для других аналогичных систем теплоснабжения, а при их расширении и развитии – для различных типов теплотрасс, а также разветвленных тепловых сетей.

Список литературы

1. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети / Соколов Е. Я. – М.– Л. : Госэнергоиздат, 1963. – 360 с.
2. Ливчак В. И. Энергосбережение в системах централизованного теплоснабжения на новом этапе развития // Энергосбережение. – 2000. – № 2.– С. 4–9
3. Шарапов В. И. Регулирование нагрузки систем теплоснабжения / В. И. Шарапов, П. В. Ротов. – М: Издательство «Новости теплоснабжения», 2007. – 164 с.
4. Отопление, вентиляция и кондиционирование (с изменениями и дополнениями): СНиП 2.04.05–91. – Официальное издание. – М. : Госстрой СССР, 1991.

CHOICE OF RATIONAL PARAMETERS FOR HEAT OUTPUT FROM THE HEATING SYSTEM SOURCE

A. N. GANZHA, Doktor of Engineering, Professor
V. N. PODKOPAY, Post graduate students

The paper considers options for compensation of heat losses by the heat supply source when transferring heat energy in order to provide designed heat consumption as well as optimization of the key parameters of the heat-transfer medium aimed at minimization of costs spent on heat-transfer media. Il. 5. Bibliography. 4 name

Поступила в редакцию 24.06 2013 г.