

## О зонировании температурного графика центрального регулирования нагрузки теплофикационных систем

Ротов П. В., канд. техн. наук

Ульяновский государственный технический университет

Проанализирована возможность оптимизации режимов регулирования в централизованных системах теплоснабжения за счет зонирования температурного графика. В каждой выделенной зоне предлагается оптимальное сочетание различных способов регулирования тепловой нагрузки с учетом комбинирования технологий централизованных и децентрализованных систем теплоснабжения.

**Ключевые слова:** температурный график, комбинированное теплоснабжение, регулирование нагрузки систем теплоснабжения.

Одно из достижений отечественной теплоэнергетики — централизация теплоснабжения на основе теплофикационных систем, подключенных к ТЭЦ. Но в настоящее время их энергетическая эффективность снизилась, что обусловлено нечеткой государственной политикой в области энергетики и зачастую нерациональным управлением этих систем. Тем не менее термодинамические преимущества теплофикационных систем с комбинированной выработкой электрической и тепловой энергии неоспоримы. Поэтому актуальны задачи сохранения и развития теплофикационных систем с адаптацией их к современным экономическим условиям.

Результаты проведенного сотрудниками научно-исследовательской лаборатории «Теплоэнергетические системы и установки» Ульяновского государственного технического университета (НИЛ ТЭСУ УлГТУ) анализа температурных графиков системы теплоснабжения Ульяновска за отопительные периоды

1982 – 2012 гг. свидетельствуют о несовпадении действительных и расчетных графиков [1]. Это несовпадение во многом обусловлено несовершенством качественного регулирования тепловой нагрузки и характерно для большинства городов России [1 – 4].

Из анализа температурных графиков можно сделать вывод о периодах наименьшей эффективности работы системы теплоснабжения по графику центрального качественного регулирования — это периоды начала и окончания отопительного сезона (переходные периоды) и период стояния низких температур наружного воздуха  $t_n$  (пиковый период) [1 – 6]. Пиковый и переходный периоды имеют примерно одинаковую продолжительность. В сумме она составляет около половины всего отопительного сезона. Поэтому повышение эффективности работы централизованных систем в эти периоды позволит существенно сэкономить топливно-энергетические ресурсы.

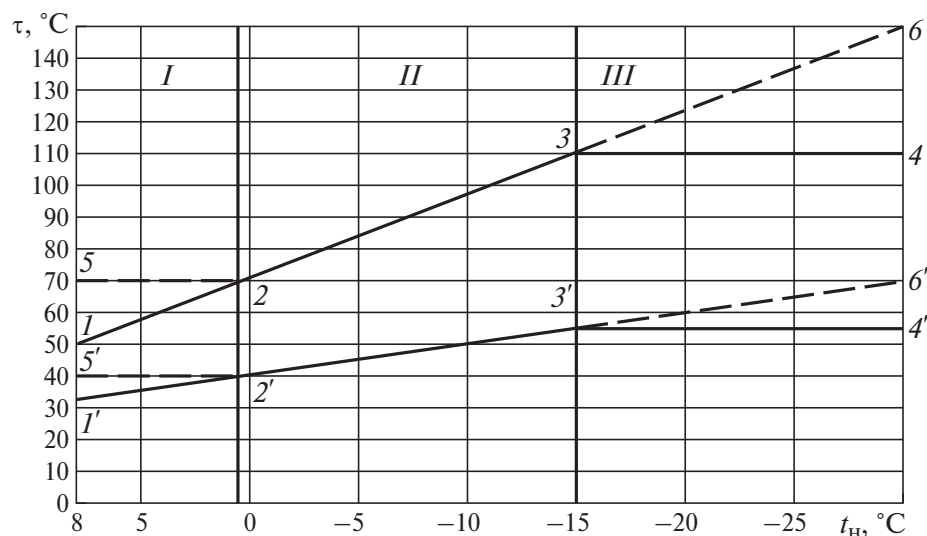


Рис. 1. Зонированный температурный график:

*I – III* — переходный, базовый, пиковый периоды

С целью повышения эффективности работы теплофикационной системы температурный график следует разделить на три периода по режимам регулирования: переходный, базовый и пиковый (рис. 1). Особенностью каждого периода является оптимальное соотношение централизованного и местного регулирования тепловой нагрузки в системах теплоснабжения. Первый период (переходный) характеризуется стоянием температур наружного воздуха от  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$  до температуры точки излома температурного графика. В этот период осуществляется совместная работа централизованного и местного теплоисточников. Возможно несколько комбинаций режимов такой совместной работы. В одном случае централизованный источник работает по графику центрального качественного регулирования без излома (линии  $1-2$  и  $1'-2'$  на рис. 1). Нагрузка горячего водоснабжения (ГВС) обеспечивается местным теплоисточником, который работает по заданному потребителем температурному графику (условно показан линиями  $5-2$  и  $5'-2'$ ). В другом случае в централизованной системе теплоснабжения для обеспечения нагрузки ГВС выдерживается постоянная температура сетевой воды в подающей магистрали тепловой сети (линии  $5-2$  и  $5'-2'$ ). В местных системах теплоснабжения обеспечивается регулирование тепловой нагрузки по оптимальному температурному графику (линии  $1-2$  и  $1'-2'$ ). Способ комбинированного теплоснабжения определяется с учетом технологических решений, примененных в системе теплоснабжения.

Во второй период (базовый) целесообразно осуществлять подачу теплоты только от централизованного теплоисточника по графику центрального качественного регулирования (линии  $2-3$  и  $2'-3'$ ). Продолжительность второго периода определяется возможностью централизованного теплоисточника обеспечить базовую нагрузку системы теплоснабжения без пиковых теплоисточников. В этот период также возможно реализовать ступенчатое качественно-количественное регулирование, например, разделив его на три ступени с параметрами сетевой воды в подающем трубопроводе  $70-90-110\text{ }^{\circ}\text{C}$  в зависимости от температуры наружного воздуха [7].

В третий период (пиковый) ТЭЦ обеспечивает базовую нагрузку системы теплоснабжения по температурному графику, обозначенному линиями  $3-4$  и  $3'-4'$  на рис. 1. Пиковая нагрузка систем теплоснабжения

покрывается с помощью местных пиковых теплоисточников, установленных непосредственно у абонентов.

Один из путей повышения эффективности работы систем теплоснабжения — комбинирование различных способов регулирования тепловой нагрузки в пиковом и переходных периодах отопительного сезона. Например, в переходный период — это оснащение центральных и индивидуальных тепловых пунктов приборами автоматического регулирования параметров теплоносителя. Реализация такого способа на 16 центральных тепловых пунктах в системе теплоснабжения Ульяновска позволила существенно снизить расход сетевой воды и сэкономить тепловую энергию в системе теплоснабжения [5, 6].

В НИЛ ТЭСУ УлГТУ под руководством проф. В. И. Шарапова разработан ряд технологий комбинированного теплоснабжения [8–11], которые объединяют структурные элементы централизованных и децентрализованных систем теплоснабжения. Схема одного из вариантов таких систем теплоснабжения приведена на рис. 2 [11]. Особенность комбинированного теплоснабжения заключается в обеспечении пиковой нагрузки с помощью автономных пиковых источников теплоты, установленных непосредственно у потребителей. Режимы работы таких систем более подробно рассмотрены в [8, 9].

Технологии комбинированного теплоснабжения и регулирования тепловой нагрузки позволяют повысить эффективность работы теплофикационных систем за счет оптимального перераспределения тепловой нагрузки между ТЭЦ и местными теплоисточниками, отказа от крупных пиковых теплоисточников, снижения суточной и сезонной неравномерности теплоснабжения, повышения экономичности работы ТЭЦ. Следует отметить, что в условиях высоких цен на топливно-энергетические ресурсы потребители будут активнее влиять на режимы работы централизованных систем теплоснабжения. При возрастании доли автоматизации местных систем теплоснабжения теплоисточники централизованных систем теплоснабжения вынуждены будут подстраиваться под режим потребления. В этом случае неизбежен переход на совмещенное (центральное и местное) качественно-количественное регулирование тепловой нагрузки систем теплоснабжения [1].

В НИЛ ТЭСУ УлГТУ разработаны технологии, позволяющие отказаться от излома

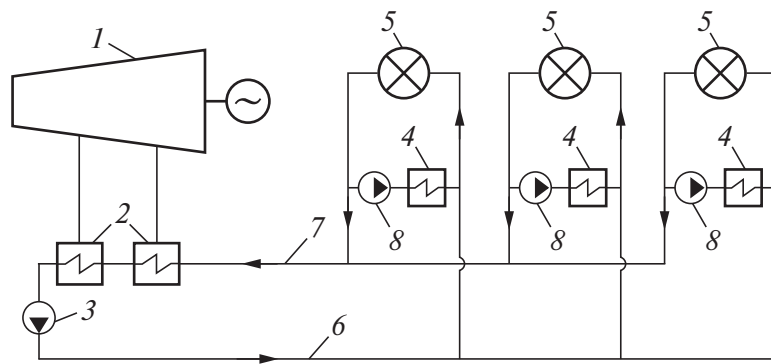


Рис. 2. Схема комбинированной системы теплоснабжения с централизованными и местными теплоисточниками:

1 — теплофикационная турбина; 2 — основные сетевые подогреватели; 3 — сетевой насос; 4 — автономные пиковые источники теплоты; 5 — абоненты; 6, 7 — подающий и обратный трубопроводы теплосети; 8 — насос у абонента

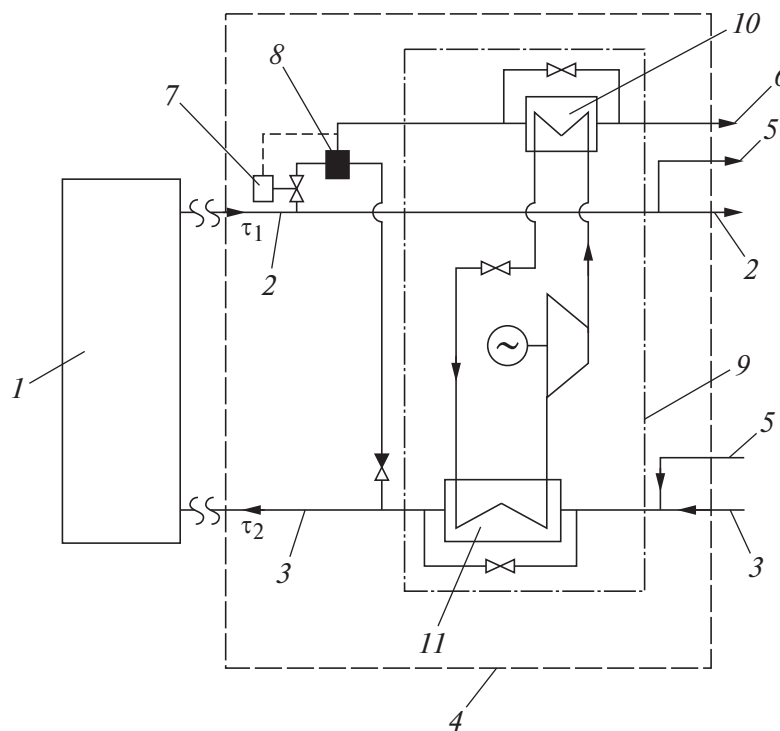


Рис. 3. Принципиальная схема системы теплоснабжения [12]:

1 — теплоисточник; 2 и 3 — подающий и обратный трубопроводы тепловой сети; 4 — тепловой пункт; 5 — трубопроводы систем отопления; 6 — трубопровод горячего водоснабжения; 7 — регулятор температуры; 8 — смеситель; 9 — теплонасосная установка; 10 и 11 — конденсатор и испаритель ТНУ;  $\tau_1$  и  $\tau_2$  — температуры сетевой воды в подающем и обратном трубопроводах теплосети

температурного графика и обеспечивающие стабильный гидравлический режим в системе теплоснабжения [12]. На рис. 3 представлена принципиальная схема теплового пункта с теплонасосной установкой (ТНУ), позволяющая реализовать одну из таких технологий.

Особенность работы системы теплоснабжения состоит в том, что температуру сетевой воды на теплоисточнике в течение всего года, включая неотапливаемый период, регулируют по графику центрального качественного регулирования без нижнего излома.

Температуру воды, подаваемой в системы ГВС по трубопроводу 6, поддерживают не ниже  $60^\circ\text{C}$ . При температуре воды в подающем трубопроводе теплосети 2, равной  $60^\circ\text{C}$ , отбор воды на ГВС осуществляют из этого трубопровода. При увеличении температуры сетевой воды в подающем трубопроводе выше  $60^\circ\text{C}$  воду на ГВС отбирают одновременно из подающего 2 и обратного 3 трубопроводов тепловой сети, после чего потоки сетевой воды направляют в смеситель 8, где происходит их смешение до необходимой

температуры. При достижении температурой воды в обратном трубопроводе 3 тепловой сети 60 °С отбор воды на ГВС осуществляют из обратного трубопровода.

В период стояния температур наружного воздуха от температуры точки излома до 8 °С температура сетевой воды в подающем трубопроводе становится ниже 60 °С. Догрев идущей на ГВС сетевой воды до требуемой температуры осуществляют в ТНУ 9, конденсатор 10 которой включен по нагреваемой среде в трубопровод 6 ГВС, а испаритель 11 — по греющей среде в обратный трубопровод 3.

Способ работы открытой системы теплоснабжения при регулировании температуры сетевой воды без нижнего излома температурного графика позволяет повысить экономичность работы системы теплоснабжения за счет уменьшения расхода топлива на ТЭЦ, более полного использования теплоты обратной сетевой воды вследствие снижения ее температуры, увеличения выработки электроэнергии на тепловом потреблении.

Экономия тепловой энергии  $\Delta Q$  по предложенному способу [12] формируется за счет разности теплотребления при работе системы теплоснабжения с изломом и без излома температурного графика. Основные затраты при работе теплового насоса (ТН) состоят из стоимости потребленной компрессором электроэнергии  $W_k$ . Критерий эффективности  $K$  применения ТН может быть представлен в виде

$$K = \frac{\Delta Q T_{т.э}}{W_k T_{э.э}} > 1,$$

где  $\Delta Q = Gc(\Delta\tau_{т.э} - \tau_1 + \tau_2) \cdot 10^{-6}$  — количество сэкономленной тепловой энергии, Гкал;  $\Delta\tau_{т.э}$  — температурный напор в системе теплоснабжения в точке излома температурного графика, °С (для условий Ульяновска  $\Delta\tau_{т.э} = 28$  °С);  $G$  — расход сетевой воды, кг/ч;  $c$  — удельная теплоемкость воды, ккал/(кг · °С);  $\tau_1$  и  $\tau_2$  — температуры воды в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети по температурному графику без излома, °С;  $T_{т.э}$  и  $T_{э.э}$  — тарифы на тепловую, руб/Гкал, и электрическую, руб/(кВт · ч), энергию.

В качестве примера для расчета критерия эффективности применения ТН приняты следующие исходные данные:  $T_{т.э} = 1000$  руб/Гкал,  $T_{э.э} = 3$  руб/(кВт · ч), теплотребление в точке излома температурного графика — 1 ÷ 15 Гкал/ч. Результаты расчета показывают,

что при теплотреблении более 2,6 Гкал/ч применение ТН для компенсации излома температурного графика экономически обосновано при любых температурах наружного воздуха. При тепловом потреблении менее 1,5 Гкал/ч затраты на привод компрессора ТН превышают экономию тепловой энергии за счет отказа от излома температурного графика, что делает применение ТН неэффективным. В диапазоне теплотребления от 1,5 до 2,5 Гкал/ч с увеличением теплотребления эффективность применения ТН достигается при более низких температурах наружного воздуха.

Следует отметить, что повысить эффективность использования рассмотренной технологии и увеличить область ее применения можно путем двухступенчатого сжатия рабочего агента в компрессоре и повышения степени перегрева пара на входе в компрессор ТН.

## Выводы

1. Существующее регулирование тепловой нагрузки в системах теплоснабжения не отвечает современным требованиям энергетической эффективности. В результате анализа температурных графиков работы систем теплоснабжения разных городов России определены основные периоды неэффективной работы систем теплоснабжения.

2. Предложенное зонирование температурного графика позволяет адаптировать центральное качественное регулирование тепловой нагрузки к современным экономическим условиям. В каждой зоне температурного графика целесообразно осуществлять оптимальное комбинирование технологий централизованного и децентрализованного регулирования тепловой нагрузки.

3. Рассмотренные технологии комбинированного регулирования тепловой нагрузки в переходные периоды отопительного сезона позволяют за счет компенсации излома температурного графика существенно повысить эффективность работы централизованных систем теплоснабжения в переходные периоды. Определен критерий эффективности применения теплового насоса в централизованных системах теплоснабжения.

## Список литературы

1. Шарпов В. И., Ротов П. В. Регулирование нагрузки систем теплоснабжения. — М.: Новости теплоснабжения, 2007.

2. **Яковлев Б. В.** Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения — М.: Новости теплоснабжения, 2008.
3. **Гершкович В. Ф.** Сто пятьдесят... Норма или перебор? (размышления о параметрах теплоносителя). — Энергосбережение, 2004, № 5.
4. **Громов Н. К.** Проблемы повышения эффективности использования тепловых сетей от ТЭЦ. — Теплоэнергетика, 1982, № 8.
5. **Ротов П. В., Шарапов В. И.** Повышение энергетической эффективности работы ТЭЦ и городских систем теплоснабжения. — Электрические станции, 2011, № 9.
6. **Ротов П. В., Шарапов В. И.** Особенности регулирования нагрузки систем теплоснабжения в переходный период. — Энергосбережение и водоподготовка, 2010, № 2.
7. **Ливчак В. И.** Энергосбережение в системах централизованного теплоснабжения на новом этапе развития. — Энергосбережение, 2000, № 2.
8. **Шарапов В. И., Орлов М. Е.** Технологии обеспечения пиковой нагрузки систем теплоснабжения. — М.: Новости теплоснабжения, 2006.
9. **Sharapov V. I., Rotov P. V., Orlov M. E.** The improvement technologies of the thermal load regulation for cogeneration systems in urban areas. — Transactions of Academenergo, 2010, № 4.
10. **Пат. 2235249 (RU).** Способ теплоснабжения / В. И. Шарапов, М. Е. Орлов, П. В. Ротов, И. Н. Шепелев. — Изобретения. Полезные модели, 2004, № 24.
11. **Пат. 2235250 (RU).** Система теплоснабжения / В. И. Шарапов, М. Е. Орлов, П. В. Ротов, И. Н. Шепелев. — Изобретения. Полезные модели, 2004, № 24.
12. **Пат. 2433351 (RU).** МПК<sup>7</sup> F24D 3/08. Способ работы открытой системы теплоснабжения / П. В. Ротов, М. Е. Орлов, В. И. Шарапов и др. — Изобретения. Полезные модели, 2011, № 31.

**p.rotov@rambler.ru**

