

УДК 62-50

*А.Г. Батухтин, М.В. Кобылкин*

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСХОДА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ГРУПП ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**

*A.G. Batuhtin, M.V. Kobylkin*

## **AUTOMATED CONTROL SYSTEM COOLANT FLOW FOR HEAT GROUP CONSUMER**

В статье рассмотрена автоматизированная система, позволяющая регулировать теплопотребление групп потребителей без установки полного комплекта устройств автоматики на каждом потребителе. Представлена схема и принцип работы системы, дана оценка эффективности системы на примере группы зданий Забайкальского государственного университета, а также рассмотрена возможность применения системы для регулирования больших групп потребителей. РЕГУЛИРОВАНИЕ. ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ. ТЕМПЕРАТУРА. РАСХОД. ТЕПЛОНОСИТЕЛЬ.

The article describes an automated control system to regulate the heat demand of consumer groups without having to install a complete set of automation devices on each consumer. A scheme and the principle of the system, evaluate the effectiveness of the example of building the Zabaikalsky State University, and is also considered the possibility of using the system to control large groups of consumers. REGULATION. HEAT. TEMPERATURE. FLOW. HEAT TRANSFER FLUIDS.

В развитии энергетики все большее значение получают технологии, направленные на оптимизацию уже имеющихся технологических решений по энергосбережению. Такой подход обусловлен как политической стратегией развития энергетики России, что отражено в федеральном законе № 261–ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», так и конкуренцией существующих систем централизованного теплоснабжения в силу современных рыночных отношений в энергетике. Особенно актуально встает вопрос о повышении конкурентоспособности существующих ТЭЦ как основы теплофикации РФ. Сложная экономическая ситуация и отсутствие свободных финансовых ресурсов у генерирующих компаний определяет необходимость изыскивать малозатратные методы энергосбережения [1].

Разработано множество способов оптимизации отпуска тепловой энергии от ТЭЦ потребителям с учетом особенностей функционирования тепловых сетей как в системах с открытым

водоразбором на нужды горячего водоснабжения (ГВС) [2, 3], так и с закрытым [4, 5].

Прогрессирующее развитие техники, в том числе электроники, способствовало развитию сложных систем автоматического регулирования (САР). Современная система автоматического регулирования обладает рядом преимуществ, которых было затруднительно добиться в начале прошлого века, когда централизованное теплоснабжение становилось. В настоящее время одно из главных достоинств САР — возможность реализации сложных законов автоматического регулирования. Кроме того, в большинство стандартных систем заложена возможность перепрограммирования, т. е. изменения законов регулирования и управления системой [6]. В таких условиях приобретают значительную актуальность автоматизированные системы регулирования, позволяющие минимизировать теплопотребление, создавая при этом комфортные температурные условия для потребителей.

Существующие автоматизированные системы способны максимально точно отслеживать

множество параметров как теплоносителя, так и воздуха внутри помещений и за пределами здания, и, как следствие, регулировать теплопотребление на достаточно высоком уровне. Однако подобные системы включают в себя большое количество элементов, установка которых необходима на каждом потребителе системы, вследствие чего основной недостаток таких систем — это значительные затраты (капитальные и на обслуживание при внедрении автоматики для группы потребителей).

Для решения проблемы затрат на оборудование предлагается внедрять автоматизированные системы регулирования расхода теплоносителя для теплоснабжения групп потребителей (рис. 1.). В такой САР полный комплект автоматики устанавливается только на потребителе с максимальной тепловой нагрузкой (автоматизированный потребитель), на остальных потребителях системы (неавтоматизированные потребители) устанавливают только датчики температуры внутреннего воздуха и датчики расхода теплоносителя.

Система работает следующим образом. При заметном изменении параметров окружающей

среды, когда появляется необходимость повышения тепловой нагрузки потребителей, ТЭП 4 дает сигнал на регулятор расхода 8 для повышения расхода теплоносителя, идущего к автоматизированному потребителю 2. Это позволяет поддерживать заданную температуру внутреннего воздуха автоматизированного потребителя 2, в то же время неавтоматизированный потребитель 3 начинает испытывать дефицит тепловой энергии, что приводит к постепенному снижению его температуры внутреннего воздуха, отслеживаемое датчиком 11. При снижении температуры внутреннего воздуха неавтоматизированного потребителя 3 до нижнего установленного предела ТЭП 4 дает сигнал регулятору расхода 8 на снижение расхода теплоносителя для автоматизированного потребителя 2, что приводит к увеличению расхода неавтоматизированного потребителя 3 за счет увеличения напора в теплосети. Снижение расхода автоматизированного потребителя производится до тех пор, пока расход неавтоматизированного потребителя 3 не достигнет минимального необходимого значения  $G_{\min н}$ , которое определяют следующим образом:

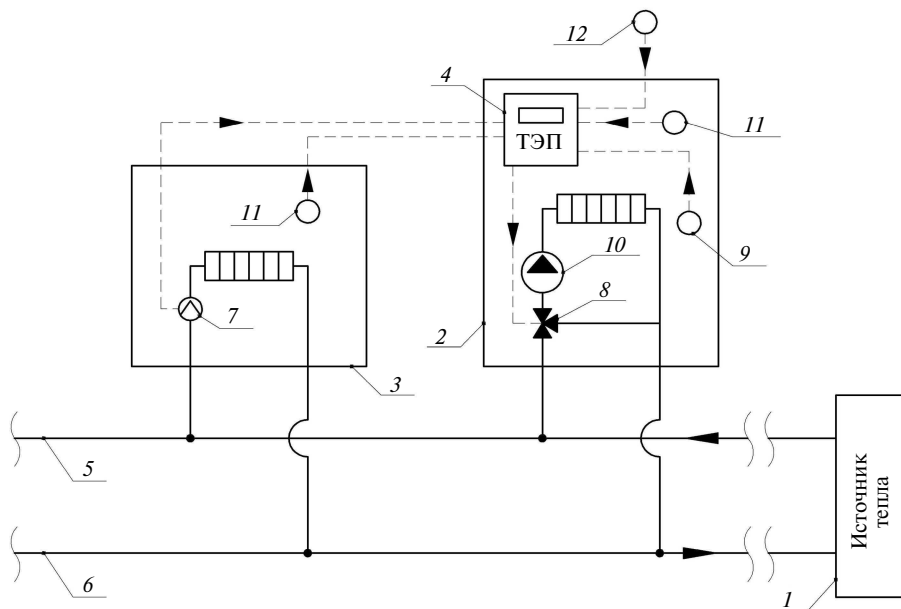


Рис. 1. Автоматизированная система регулирования расхода теплоносителя:

1 — источник тепла; 2 — автоматизированный потребитель; 3 — неавтоматизированный потребитель; 4 — теплоэнергопроцессор (ТЭП); 5 — подающий трубопровод; 6 — обратный трубопровод; 7 — датчик расхода теплоносителя; 8 — регулятор расхода теплоносителя; 9 — комплекс датчиков автоматизированного потребителя; включающий в себя датчики расхода; температуры и давления теплоносителя; 10 — циркуляционный насос; 11 — датчик температуры внутреннего воздуха; 12 — датчик температуры наружного воздуха

$$G_{\min n} = \frac{Q1000}{c(t_{\text{под}} - t_{\text{обр}})}, \text{ Т/ч,}$$

где  $Q$  — текущее теплотребление здания, Гкал/ч;  $c$  — теплоемкость теплоносителя, ккал/(кг·°С);  $t_{\text{под}}$  — текущая температура в подающем трубопроводе, °С;  $t_{\text{обр}}$  — текущая температура в обратном трубопроводе, °С.

Текущее теплотребление здания определяется так:

$$Q = Q_{\text{расч}} \frac{t_{\text{в}}^{\text{р}} - t_{\text{н}}}{t_{\text{в}}^{\text{р}} - t_{\text{н}}^{\text{р}}}, \text{ Гкал/ч,}$$

где  $Q_{\text{расч}}$  — расчетное теплотребление здания, Гкал/ч;  $t_{\text{в}}^{\text{р}}$  — расчетная температура внутреннего воздуха, °С;  $t_{\text{н}}^{\text{р}}$  — расчетная температура наружного воздуха, °С;  $t_{\text{н}}$  — текущая температура наружного воздуха, °С.

Текущее значение температуры  $t_{\text{н}}$  отслеживается ТЭП 4 при помощи датчика 12; текущие значения температур  $t_{\text{обр}}$ ,  $t_{\text{под}}$  — при помощи комплекса датчиков 9.

При помощи датчика расхода 7 ТЭП 4 отслеживает изменение расхода на неавтоматизированного потребителя, после достижения значения расхода равного  $G_{\min n}$ , ТЭП 4 перестает подавать сигнал на регулятор расхода 8, тем самым стабилизируя систему; после чего начинается прогрев неавтоматизированного потребителя 3, а автоматизированный потребитель 2 постепенно охлаждается, расходуя аккумулированное тепло. Как только температура внутреннего воздуха неавтоматизированного потребителя 3 достигнет верхнего установленного предела или температура внутреннего воздуха автоматизированного потребителя 2 опустится до нижнего установленного предела, ТЭП 4 возвращает систему в исходное состояние.

Таким образом, циклы перераспределения расходов дают возможность соблюсти температурный режим подключенных к тепловым сетям потребителей без установки дополнительных устройств регулирования, что позволяет экономить капитальные затраты на установку устройств автоматики и затраты на их обслуживание.

Поскольку принцип работы схемы основан на гидравлических зависимостях в тепловых сетях, то на нее накладывается ряд ограничений

в использовании. Так для сетей с «хорошей» гидравликой данный метод будет малоэффективным в связи со слабой зависимостью между расходом теплоносителя и перепадом давления в теплосети. Однако особую актуальность схема принимает для тупиковых сетей с ухудшенными гидравлическими показателями, что можно показать на примере зданий Забайкальского государственного университета.

В составе Забайкальского государственного университета имеются два здания, расположенные на одном ответвлении от магистральной тепловой сети, с нагрузками 1,2 и 0,3 Гкал/ч соответственно для первого и второго здания. После проведения мероприятий по автоматизации первого здания было замечено, что при увеличении нагрузки на первом здании, второе здание начинает испытывать дефицит тепловой энергии, в связи с чем был предложен проект автоматизации второго здания для сокращения полученного дефицита (стоимость проекта — порядка 900 тыс. руб.).

В ходе экспериментов было установлено, что при существующих гидравлических условиях и при расчетных параметрах изменение расхода теплоносителя у первого потребителя на 8 т/ч приводит к изменению расхода у второго потребителя в среднем на 1 т/ч, что при соответствующих нагрузках дает большой диапазон для регулирования, тем самым позволяя внедрить описанную выше схему. Причем стоимость модернизации существующей схемы, при которой первое здание уже имеет полный комплекс автоматики, составляет около 20 тыс. руб. Таким образом, внедрение данной автоматизированной системы регулирования позволит сократить капитальные затраты на 97,7 % от первоначальной стоимости проекта.

Помимо локального использования системы для конкретных зданий, вышеизложенный принцип регулирования может быть осуществлен и в более широких рамках. Так, в условиях современной городской застройки к сетям централизованного теплоснабжения присоединяются не только единичные здания с автоматизированной системой отопления, но и микрорайоны, состоящие из десятков зданий, обладающих современной автоматикой. Работа автоматики таких микрорайонов во многих случаях оказывает достаточно сильное гидравлическое влия-

ние на остальных потребителях системы, находящихся на большом расстоянии друг от друга, что может приводить к дефициту тепла в некоторых районах города. Принцип регулирования в подобном случае можно продемонстрировать на примере теплосетей города Читы.

К городским теплосетям (рис. 2.), источником тепла в которых служит ТЭЦ-1, подключен микрорайон Октябрьский с общей тепловой нагрузкой  $Q_{\text{расч}} = 14$  Гкал/ч, обладающий комплексной системой автоматики с единым центром управления для всего микрорайона. При регулировании нагрузки в масштабах микрорайона неизбежно значительное изменение расходов в теплосетях города, а с учетом их протяженности такое регулирование приводит к изменению располагаемого напора у остальных потребителей (особенно у концевых, с недостаточными напорами).

Первый этап, перед применением принципа автоматического регулирования групп потребителей, — определение района, на который будет оказываться наибольшее влияние вследствие изменения нагрузки в микрорайоне Октябрьский. Влияние микрорайона Октябрьский определяется на основании гидравлического расчета теплосети «ТЭЦ-1 — город» при переменной нагрузке на микрорайон. Поскольку число потребителей в системе теплоснабжения велико, гидравлический расчет целесообразно проводить с применением современных систем математического моделирования теплосетей. Создание максимально приближенной к реально существующим гидравлическим условиям математической модели теплосети «ТЭЦ-1 — город» позволило оценить и сравнить влияние измене-

ния нагрузки микрорайона для всех потребителей системы. Согласно расчетам наибольшее влияние Октябрьский оказывает на микрорайон Сосновый бор с общей тепловой нагрузкой  $Q_{\text{расч}} = 26,5$  Гкал/ч, находящийся на удалении порядка восьми километров от Октябрьского. Причем изменение нагрузки Октябрьского на 50 % в сторону уменьшения или увеличения приводит к изменению располагаемого напора перед микрорайоном Сосновый бор в среднем на 20 % от расчетного значения, что указывает на сильную гидравлическую зависимость микрорайонов.

Следующий этап — установка датчика расхода перед микрорайоном Сосновый бор, а также установка датчиков температуры внутреннего воздуха в контролируемых зданиях и обеспечение связи между датчиками в Сосновом бору и единым контроллером в Октябрьском. Установка датчиков температуры внутреннего воздуха необязательна для всех зданий микрорайона, достаточно установить датчики на зданиях, находящихся в наихудших условиях. Таким образом, обеспечив теплом эти здания, мы заведомо обеспечиваем теплом остальные здания микрорайона. Выбор контролируемых зданий можно осуществить также исходя из расчетов с помощью математической модели.

После установки датчиков и создания связи между ними и контроллером становится возможным осуществление процесса регулирования расхода теплоносителя аналогично методу, описанному выше для группы зданий.

Использование взаимосвязей удаленных потребителей (автоматизированного и неавтоматизированного) г. Читы позволяет осуществлять

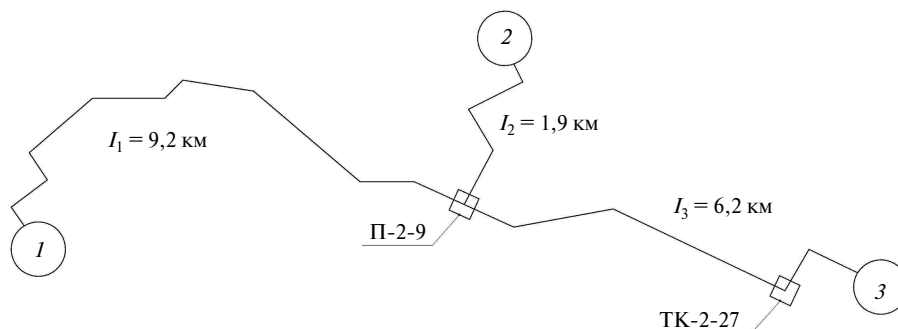


Рис. 2. Схематичное изображение теплосети «ТЭЦ-1 — город»: 1 — источник тепла (ТЭЦ-1); 2 — мкр. Октябрьский; 3 — мкр. Сосновый бор

качественное теплоснабжение «проблемного» района теплоснабжения. Применение периодического натопа с учетом неравномерности в течение суток влияния автоматики микрорайона Октябрьский на режим работы тепловой сети (6 часов вместо 24) позволяет экономить порядка 3369600 руб. за отопительный период.

В заключение можно отметить, что использование данной гидравлической зависимости на практике для таких крупных районов теплоснабжения было вынужденной мерой (хотя и характеризовалось значительным экономическим эффектом). На основе выявленных тонких мест системы централизованного теплоснабжения был разработан ряд мероприятий для сокращения столь сильного влияния. В итоге в Сосновом

бору (ТК-2–27) была установлена дополнительная насосная, а также произведена модернизация уже имеющейся. Таким образом, автоматизированная система регулирования расхода теплоносителя для теплоснабжения групп потребителей, являясь альтернативным решением, позволяет значительно экономить не только капитальные затраты, но и затраты на дальнейшее обслуживание.

Разработка энергоэффективных систем централизованного теплоснабжения проводится в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы, а также гранта Президента РФ по поддержке молодых ученых, кандидатов наук.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Батухтин, А.Г.** Оптимизация отпуска теплоты от ТЭЦ на основе математического моделирования с учетом функционирования различных типов потребителей [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.Г. Батухтин / ВСГТУ.— Улан-Удэ, 2005.— 16 с.

2. **Маккавеев, В.В.** Практическое применение некоторых методик оптимизации режимов отпуска теплоты [Текст] / В.В. Маккавеев, О.Е. Куприянов, А.Г. Батухтин // Промышленная энергетика.— 2008. № 10.— С. 23–27.

3. **Батухтин, А.Г.** Применение оптимизационных моделей функционирования систем теплоснабжения для снижения себестоимости тепловой энергии и увеличения располагаемой мощности станции [Текст] / А.Г. Батухтин, В.В. Маккавеев // Промышленная

энергетика.— 2010. № 3.— С. 7–8.

4. **Маккавеев, В.В.** Математическая модель ряда абонентских вводов закрытых систем теплоснабжения [Текст] / В.В. Маккавеев, А.Г. Батухтин // Научно-технические ведомости СПбГПУ.— 2009. № 3(84).— С. 200–207.

5. **Басс, М.С.** Комплексный подход к оптимизации функционирования современных систем теплоснабжения [Текст] / М.С. Басс, А.Г. Батухтин // Теплоэнергетика.— 2011. № 8.— С. 55–57.

6. **Батухтин А.Г.** Методы повышения эффективности и увеличения располагаемой мощности систем централизованного теплоснабжения [Текст] / А.Г. Батухтин // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока.— 2010. № 1.— С. 189–192.

**БАТУХТИН Андрей Геннадьевич** — кандидат технических наук, доцент, директор Технопарка Забайкальского государственного университета.  
672039, ул. Александрово-заводская, г. Чита, 30 Забайкальский государственный университет, Россия  
(3022) 41-70-85

**КОБЫЛКИН Михаил Владимирович** — аспирант кафедры ТЭС Забайкальского государственного университета.  
672039, ул. Александрово-заводская, г. Чита, 30 Забайкальский государственный университет, Россия  
(3022) 41-70-85  
mkchita@gmail.com