

ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЕ И ТЕПЛОВЫЕ ПУНКТЫ



Импульсное погодозависимое регулирование теплотребления здания

К.т.н. В.П. Александров, ведущий специалист; А.Е. Журавлёв, коммерческий директор;
 А.В. Александров, заместитель начальника управления подготовки производства ОАО «Ивэлектроналадка»;
 к.т.н. С.М. Кулагин, главный инженер; к.т.н. П.А. Шомов, директор;
 к.т.н. А.Н. Корягин, заместитель директора по производству,
 ООО НТЦ «Промышленная Энергетика», г. Иваново

Наибольшая экономия тепловой энергии, расходуемой на отопление, при относительно небольших капиталовложениях обеспечивается за счет применения автоматических систем управления теплотреблением (АСУТ) непосредственно в тепловом узле здания.

При обеспечении квазиоптимального режима работы АСУТ экономия тепловой энергии может составить не менее 20% от ее годового потребления на отопление без нарушения теплового режима в здании.

Автоматизация управления теплотреблением здания позволяет существенно улучшить качество теплоснабжения, т.е. обеспечить потребителю тепловую энергию в соответствии с его потребностью, создав комфортный тепловой режим в помещениях.

Условия комфортности определяются поддержанием требуемой температуры воздуха в помещениях T_B , независимо от изменения наружной температуры $T_{нар}$, поэтому во всех АСУТ должно быть предусмотрено регулирование теплоотдачи системы отопления путем поддержания эталонного графика зависимости температуры теплоносителя (или разности его температур в прямом T_n и обратном T_o трубопроводах) от температуры наружного воздуха с возможностью коррекции по температуре воздуха в помещениях здания.

Считается, что наиболее полно и эффективно задачи автоматизации управления теплотреблением могут быть реализованы с помощью автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) зданий с возможностью регулирования теплотребления по желанию потребителя в зависимости от температуры наружного воздуха (породозависимое регулирование), назначения объекта и других факторов.

Экономия от применения таких ИТП достигается за счет компенсации инерционности источника тепловой энергии в моменты изменения

температуры наружного воздуха (погодная компенсация) и транспортного запаздывания теплоносителя, а также за счет возможности автоматического снижения температуры воздуха внутри здания в нерабочее время и в выходные дни, что актуально для производственных, административных и т.п. зданий, работающих в одну смену.

Экономические показатели от внедрения мероприятий по повышению эффективности работы системы отопления за счет автоматического управления теплотреблением оцениваются той экономией тепловой энергии, которая при этом достигается. Затратная часть включает капитальные вложения в АСУТ и эксплуатационные расходы на пользование электроэнергией, заработную плату персонала и амортизационные отчисления от дополнительных капитальных вложений.

Капитальные вложения в АСУТ включают стоимость блока управления, датчиков, линий связи, регулирующих органов и другого необходимого оборудования.

Регулирование теплотребления может производиться двумя способами: качественным – за счет изменения температуры теплоносителя и количественным – за счет изменения расхода теплоносителя, аналоговым (непрерывным) или цифровым (импульсным) способами, причем последний способ заключается в периодическом (по заранее заданному алгоритму регулирования) прекращении и возобновлении подачи теплоносителя в систему отопления здания [1, 2].

Качественное регулирование осуществляется централизованно во всей системе теплоснабжения. Недостатком его является то, что все здания, подключенные к тепловой сети, получают теплоноситель с приблизительно одинаковой температурой и расчетным расходом теплоносителя.

При необходимости изменить микроклимат здания (например, в нерабочие часы) прибега-

Таблица 1. Сравнение вариантов АСУТ для элеваторных тепловых узлов зданий.

Характеристики	Типы АСУТ			
	1	2	3	4
1. Изменение исходной схемы существующего теплового узла	Малое	Существенное	Полное	Малое
2. Сохранение работоспособности исходной схемы существующего теплового узла	Нет	Нет	Нет	Да
3. Автоматический возврат в исходное состояние с максимальным расходом G_{max} теплоносителя при отключении электроэнергии	Нет	Нет	Нет	Да
4. Изменение в схеме гидравлического сопротивления в процессе регулирования	Да	Да	Нет	Нет
5. Диапазон регулирования расхода теплоносителя от G_{max} , %	<50	<50	100	100
6. Потребляемая электроэнергия, Вт	>50	>50	>>100	<50
7. Возможность самостоятельного изготовления регулятора	Нет	Нет	Нет	Да
8. Возможность ревизии регулятора без отключения теплоснабжения	Нет	Нет	Нет	Да

ют к местному количественному регулированию, корректируя расход теплоносителя непосредственно на входе в здание.

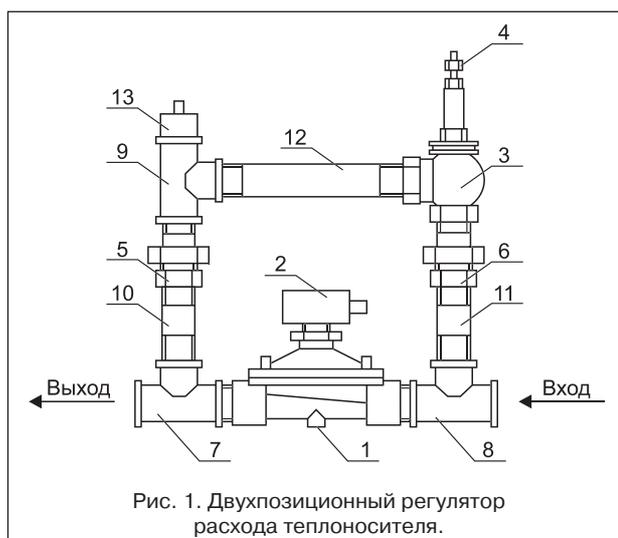
Местное количественное регулирование в ИТП требует отхода от простой, надежной и энергонезависимой элеваторной схемы присоединения отопительной нагрузки к тепловой сети. При этом на замену приходят сложные и энергозатратные автоматизированные ИТП, насыщенные дорогой автоматикой и измерительными комплексами [3].

Альтернативой дорогим автоматизированным ИТП является оснащение существующих абонентских вводов локальными АСУТ с импульсной подачей теплоносителя в систему отопления здания при сохранении работоспособности исходной схемы теплового узла [4].

В табл. 1 приведен сравнительный анализ вариантов АСУТ для элеваторных тепловых узлов зданий. Для сравнения приняты 4 системы управления теплоснабжением:

1. АСУТ на базе регулируемого гидравлического элеватора.
2. АСУТ на базе аналогового регулятора перед элеватором.
3. АСУТ блочного ИТП с циркуляционным насосом.
4. АСУТ на базе импульсного регулятора перед элеватором.

Очевидно, что АСУТ на базе импульсного регулятора как минимум ни в чем не уступает известным аналогам и даже имеет серьезные преимущества, выражающиеся, например, в реальном сохранении работоспособности исходной схемы существующего теплового узла и воз-



можности самостоятельного изготовления и/или ремонта регулятора силами эксплуатирующей организации.

Импульсное погодозависимое регулирование теплоснабжения осуществляется с помощью двухпозиционного регулятора расхода теплоносителя (РРТ), конструкция которого представлена на рис. 1.

РРТ содержит двухпозиционный нормально-открытый электромагнитный клапан 1 с соленоидной катушкой 2, предохранительный пружинный клапан 3 с регулировочной гайкой 4, разъемные соединения 5 и 6, тройники 7, 8 и 9, а также ниппели 10, 11, 12 и воздухоотводчик 13.

Входы нормально-открытого электромагнитного клапана 1 и предохранительного клапана 3



Рис. 2. Установка PPT в тепловом узле.

объединены через тройник 8, ниппель 11 и разъемное соединение 6.

Выходы нормально-открытого электромагнитного клапана 1 и предохранительного клапана 3 объединены через тройник 9 и тройник 7, ниппель 10, разъемное соединение 5 и ниппель 12.

Входом PPT является вход тройника 8, а выходом PPT служит выход тройника 7.

Второй выход тройника 9 соединен с входом воздухоотводчика 13, который может быть ручным или автоматическим.

PPT функционирует следующим образом.

Наличие нормально-открытого электромагнитного клапана 1 исключает прерывание поступления теплоносителя в трубопровод потребителя в нештатных ситуациях, например, при аварийном отключении от сети электроснабжения.

В исходном состоянии теплоноситель через тройник 8, нормально-открытый электромагнитный клапан 1 и тройник 7 подается в трубопровод потребителя с максимальным расходом $G=G_{max}$.

Блок управления (не показан на рис. 1) задает период регулирования расхода теплоносителя и в течение заданного периода регулирования устанавливает требуемую длительность (т.е. скважность импульса) подачи теплоносителя в трубопровод потребителя через нормально-открытый электромагнитный клапан 1 и далее инициирует закрытие нормально-открытого электромагнитного клапана 1.

При этом закрытие нормально-открытого электромагнитного клапана 1 производится при подаче напряжения питания на соленоидную катушку 2, а открытие нормально-открытого электромагнитного клапана 1 обеспечивается при снятии напряжения питания с соленоидной катушки 2.

Закрытие нормально-открытого электромагнитного клапана 1 сопровождается скачкообразным увеличением величины давления теплоносителя (гидравлическим ударом) в подающем трубопроводе, т.е. на входе PPT.

Всплеск давления теплоносителя устраняется за счет кратковременного открытия (срабатывания) предохранительного клапана 3, настраиваемого регулировочной гайкой 4 на разность давлений в подающем и обратном трубопроводах с некоторым запасом, и сброса порции теплоносителя не традиционным способом (т.е. в отдельный сосуд), а в трубопровод потребителя в обход уже закрытого нормально-открытого электромагнитного клапана 1 через тройники 9 и 7.

В результате давление теплоносителя в подающем трубопроводе восстанавливается, после чего предохранительный клапан 3 закрывается, и подача теплоносителя в трубопровод потребителя прекращается.

Импульсная (порционная) подача теплоносителя в подающий трубопровод позволяет практически без увеличения гидравлического сопротивления участка трубопровода обеспечить величину среднего за период регулирования расхода теплоносителя в предельно широком диапазоне, т.е. от нуля до максимального значения G_{max} при одновременном исключении нежелательных акустических эффектов, сопровождающих гидравлические удары, и сохранении максимального расхода теплоносителя G_{max} в формируемом импульсе теплоносителя, что подтверждено экспериментально проведением испытаний опытного образца АСУТ.

PPT устанавливается в тепловом пункте на подающем трубопроводе на байпасе параллельно шаровому крану [5], условный проход которого равен условному проходу подающего трубопровода, непосредственно перед элеватором (при его наличии), причем конструкция выполнена таким образом, что подача теплоносителя в систему отопления может осуществляться либо по существующей схеме, либо через PPT. При необходимости регулятор может быть отключен и/или демонтирован и подача теплоносителя организуется по существующей схеме.

Для прекращения подачи теплоносителя через байпас (т.е. через PPT) предусмотрены дополнительные шаровые краны (рис. 2).

Предлагаемая схема регулирования прошла проверку в нескольких тепловых узлах зданий (всего более 10) различного схемного исполнения: с элеватором, с элеватором и циркуляционным насосом, без элеватора. По результатам работы регулятора получена экономия тепловой энергии 15-30% в зависимости от назначения здания и режима его работы.

В табл. 2 представлены результаты испытания АСУТ с импульсным PPT в тепловом пункте административного здания АО «Газпромнефть-МНПЗ» (г. Москва).

Испытания проводились в апреле 2015 г. Необходимость регулирования теплоснабжения была вызвана высокой температурой воздуха

Таблица 2. Результаты замеров параметров теплоносителя от 02.04.2015 г. ($T_{нар} \approx -5 \text{ }^\circ\text{C}$).

Показатели	До регулирования	В процессе регулирования	По эталонному графику
Расход теплоносителя, м ³ /ч	6,7	2,02	—
Температура в подающей линии, °С	72	72	85
Температура в обратной линии, °С	64	55	55
Расход теплоты, Гкал/ч	0,0536	0,0343	—

($T_B \approx 25-28 \text{ }^\circ\text{C}$) в помещениях здания, превышающей комфортные значения. Регулирование осуществлялось путем стабилизации температуры T_O теплоносителя в обратном трубопроводе по эталонному графику. Расход G теплоносителя фиксировался с помощью ультразвукового импортного расходомера в режиме постоянной записи результатов измерения в заданном интервале времени.

Анализ полученных результатов показывает, что температура T_O теплоносителя в обратном трубопроводе достигает в процессе регулирования своего расчетного значения и поддерживается на заданном уровне $T_{O/3}$. Одновременно достигается экономия тепловой энергии на отопление здания за счет снижения расхода теплоты на 0,0193 Гкал/ч. График изменения расхода G теплоносителя в процессе теплорегулирования приведен на рис. 3.

АСУТ была включена в 9 ч 00 мин с предварительным заданием через предохранительный клапан постоянного расхода теплоносителя $G \approx 1,5 \text{ м}^3/\text{ч}$. В результате в АСУТ установился режим периодического ($\tau=10$ мин) импульсного изменения расхода G теплоносителя от 1,5 до 6,4 м³/ч, причем длительность импульса $\Delta\tau=1$ мин, а эквивалентный за период расход теплоносителя $G_{э\text{кв}} \approx 1,5 + 0,1 \times 6,4 = 2,14 \text{ м}^3/\text{ч}$.

В промежутки времени с 10 ч 08 мин по 10 ч 14 мин произведено увеличение постоянного расхода теплоносителя до $G \approx 3,0 \text{ м}^3/\text{ч}$. При этом АСУТ вошла в зону нечувствительности или отсечки и импульсное регулирование расхода G теплоносителя не производилось до 13 ч 14 мин (на графике не показано), когда АСУТ вышла из зоны нечувствительности или отсечки и импульсное регулирование расхода G теплоносителя возобновилось.

На следующем этапе проводились испытания АСУТ в суточном режиме с одновременной регистрацией расхода и температуры теплоносителя, а также температуры T_B воздуха в характерных помещениях здания. Замеры производились с 11 ч 15 мин 16.04.2015 г. по 15 ч 15 мин 17.04.2015 г. при температуре $T_{нар}$ наружного воздуха от +3 °С в ночное время до +8 °С в дневное. Интервал между замерами составлял 1 мин. Средний расход теплоносителя при регулировании составил 3,2 т/ч.

Результаты замеров показывают, что АСУТ обеспечивает стабилизацию температуры T_O

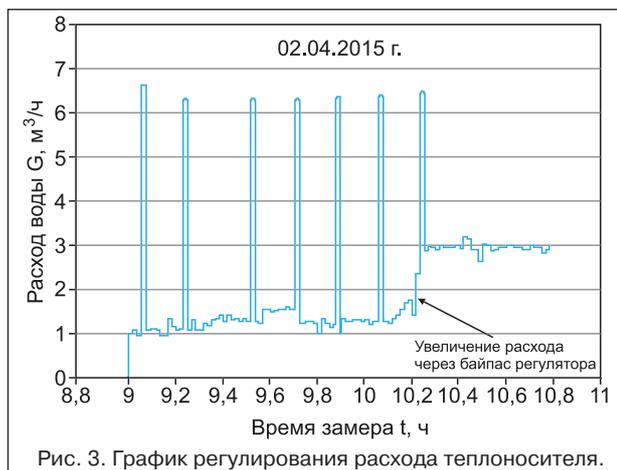


Рис. 3. График регулирования расхода теплоносителя.

теплоносителя в обратном трубопроводе на заданном $T_{O/3}$ уровне.

Температура внутреннего воздуха в помещениях снизилась до комфортных значений [6] и практически не изменялась. Для условий без регулирования суточный расход теплоты составил 0,86 Гкал, для случая с регулированием 0,54 Гкал.

Суточная экономия тепловой энергии зданием составила порядка 0,32 Гкал.

Реальной экономии можно добиться еще больше в случае перехода на дежурное отопление в нерабочее время.

Наиболее целесообразная величина снижения температуры воздуха в помещениях здания $\Delta T_B = 4-6 \text{ }^\circ\text{C}$. При более глубоком снижении температуры T_B воздуха в помещениях здания необходимо учитывать возможности источника тепловой энергии быстро увеличить отпуск тепловой энергии при резком снижении температуры наружного воздуха.

В любом случае, значение температуры T_B воздуха в помещениях здания в период ее ночного снижения не должно вызывать выпадение конденсата на стенах.

Продолжительность снижения тепловой нагрузки здания определяется режимом его работы, для ориентировочных расчетов можно принять 10-12 ч в рабочие дни (рис. 4) и 18-20 ч в праздничные и выходные дни (рис. 5).

Построение представленных на рис. 4, 5 графиков выполнено при допущении, что $T_{O/3} \approx const$.

В рабочие дни (рис. 4) в общем случае величины снижения $\Delta T_O \downarrow$ температуры T_O теплоносителя в обратном трубопроводе в ночное время и

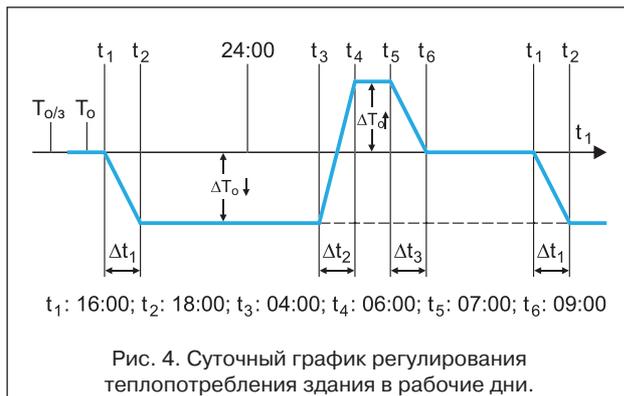


Рис. 4. Суточный график регулирования теплопотребления здания в рабочие дни.

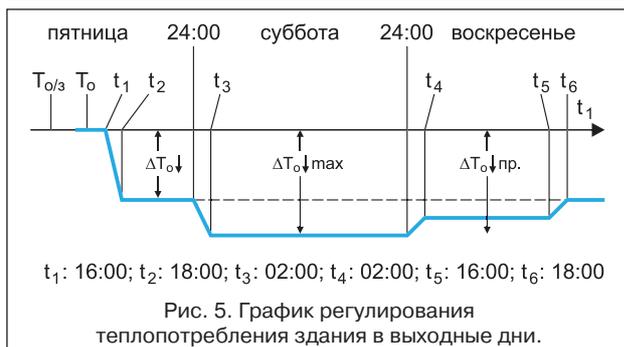


Рис. 5. График регулирования теплопотребления здания в выходные дни.

увеличения $\Delta T_o \uparrow$ температуры T_o теплоносителя в обратном трубопроводе при восстановлении температурного режима в помещениях здания перед началом смены могут различаться, т.е. $\Delta T_o \downarrow \neq \Delta T_o \uparrow$, причем часто натоп (при $T_o > T_{o/3}$) не обязателен и $\Delta T_o \uparrow = 0$.

В выходные и праздничные дни в служебных помещениях нет людей, следовательно, в субботу можно снижать температуру T_v воздуха в помещениях здания до более низких значений, чем в ночные часы рабочих дней, т.е. допустимо устанавливать значение снижения температуры T_o теплоносителя в обратном трубопроводе $\Delta T_o \downarrow_{max} \gg \Delta T_o \downarrow$ (рис. 5).

В воскресенье может быть задана промежуточная величина снижения $\Delta T_{пр} \downarrow$ температуры T_o теплоносителя в обратном трубопроводе:

$\Delta T_o \downarrow_{max} > \Delta T_{пр} \downarrow > \Delta T_o \downarrow$. Далее устанавливается значение $\Delta T_o \downarrow$, и график регулирования теплопотребления здания в выходные дни (рис. 5) фактически переходит в график регулирования теплопотребления здания в рабочие дни (рис. 4).

Заключение

Сравнение четырех известных вариантов автоматических систем управления теплопотреблением здания показывает ощутимые преимущества импульсного регулирования расхода теплоносителя.

Испытания опытного образца импульсной автоматической системы управления теплопотреблением здания подтверждают эффективность ее применения для погодозависимого регулирования тепловой нагрузки здания за счет устранения «перетоков» и обеспечения комфортных условий для персонала.

Перспектива эффективного применения импульсной автоматической системы управления теплопотреблением здания заключается в осуществлении дежурного отопления здания в нерабочее время.

Литература

1. Варфоломеев Ю.М., Кокорин О.Я. Отопление и тепловые сети: Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2010. 480 с.
2. Туркин В.П., Туркин П.В., Тыщенко Ю.Д. Автоматическое управление отоплением жилых зданий. – М.: Стройиздат, 1987.
3. Применение средств автоматизации Danfoss в тепловых пунктах систем централизованного теплоснабжения зданий. Пособие. – М.: Изд. ООО «Данфосс», 2010.
4. Регулятор расхода теплоносителя: патент РФ на полезную модель № 150892, МПК G05D 7/00, 2014 г.
5. Регулятор расхода теплоносителя: патент РФ на полезную модель № 160998, МПК G05D 7/00, 2015 г.
6. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – М.: ГУП ЦПП, 1996.

РЕГУЛЯТОР ОТОПЛЕНИЯ ДЛЯ ЗДАНИЙ

- устранение перетоков (здания, оплачивающие по нормативу, станут потреблять меньше норматива!);
- применяется для зданий, подключенных по зависимой схеме (элеваторы или насосы смешения сохраняются);
- простая и надежная схема позиционного регулирования (пропусками);
- простота установки и эксплуатации;
- энергонезависимость (при отключении электроэнергии здание не отключается);
- низкая цена (окупается за 2 месяца).

Подробнее см. на сайте www.needtech.ru или по тел. (495) 741-20-28