

ОБ ЭКОНОМИИ ТЕПЛОТЫ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ

В.И. Панферов

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Рассматривается задача оценки величины экономии теплоты при автоматизации систем отопления зданий. Приведена структура адаптивной системы управления. Предложен достаточно простой способ определения относительной эффективности по теплотерям здания в различных температурных режимах. Анализируется правдоподобность имеющихся в литературе данных по экономии. Приводятся ориентировочные оценки величин экономии для реальных ситуаций. Оценивается практическая ценность комбинированных систем отопления. Указывается, что по затратам теплоты на поддержание заданного температурного режима здания комбинированная система не имеет никаких преимуществ перед системами отопления других типов.

Ключевые слова: экономия теплоты, автоматизация, температурный режим зданий, система отопления, относительная эффективность.

Введение. Известно, что в нашей стране на теплоснабжение зданий расходуется более одной третьей всего добываемого топлива, причем основными при этом являются затраты теплоты на отопление. Поэтому, вполне естественно, возникает задача разработки современных подходов и решений по рациональному использованию расходуемых на отопление энергетических ресурсов. Как известно, одним из основных способов решения этой проблемы является автоматизация систем отопления. Вследствие этого разработка вопросов, непосредственно связанных с автоматизацией систем отопления и их совершенствованием, является одной из актуальнейших проблем настоящего времени. К месту заметим, что решению этой проблемы посвящено достаточно много работ [1–8], получены довольно интересные и важные результаты. В частности, на рис. 1 приведена структурная схема адаптивной системы управления [4, 8], обеспечивающей высокое качество поддержания заданного теплового режима здания (ТРЗ). Система реализует комбинированный принцип управления с настройкой погодного компенсатора по эксплуатационным данным. Здесь использованы следующие обозначения: ТРЗ – тепловой режим здания, СО – система отопления, БИ – блок идентификации, в этом блоке определяются реальные числовые значения настраиваемых параметров погодного компенсатора [4, 5, 7, 8], БК – блок компенсации, в этом блоке по текущей температуре наружного воздуха t_H и заданному значению температуры внутреннего воздуха t_B^3 формируется сигнал компенсации – вычисляется заданное значение температуры воды на входе системы отопления t_{CO}^3 . Данное значение обрабатывается регулятором t_{CO} , кроме того, за-

дание этому регулятору корректируется также и регулятором температуры внутреннего воздуха, получающим сигнал обратной связи о фактическом значении t_B . К месту заметим, что за счет обратной связи обрабатываются такие возмущения теплового режима, как теплопоступления от людей, от работающего оборудования, за счет солнечной радиации, увеличение потерь теплоты из-за ветра, а также и все погрешности реализации канала компенсации основного возмущения – температуры наружного воздуха.

На схеме рис. 1 предусматривается регулируемый узел смешения. Регулятор t_{CO} управляет этим узлом так, чтобы фактическая температура воды на входе системы отопления равнялась заданному значению, вычисляемому БК. Здесь использованы также следующие обозначения: t_C и G_C – температура и массовый расход теплоносителя из подающей магистрали тепловой сети на узел смешения, t_{OBR} и G_{OBR} – температура и расход обратной воды на узел смешения, G_{CO} – расход воды после узла смешения, т. е. на входе системы отопления, W_{CO} – мощность системы отопления.

Следует заметить, что данная структура системы управления позволяет достичь предельно высокого качества поддержания заданного ТРЗ, необходимо лишь должное решение задачи ее параметрической настройки.

При решении задач автоматизации, как правило, всегда значимым и важным является вопрос: каковы резервы экономии, как оценить величину экономии теплоты, получаемую за счет автоматизации систем отопления? Приводимые в литературе на этот счет данные достаточно противоречивы, сообщаются как вполне реальные [9–11], так и достаточно невообразимые числа экономии [12].

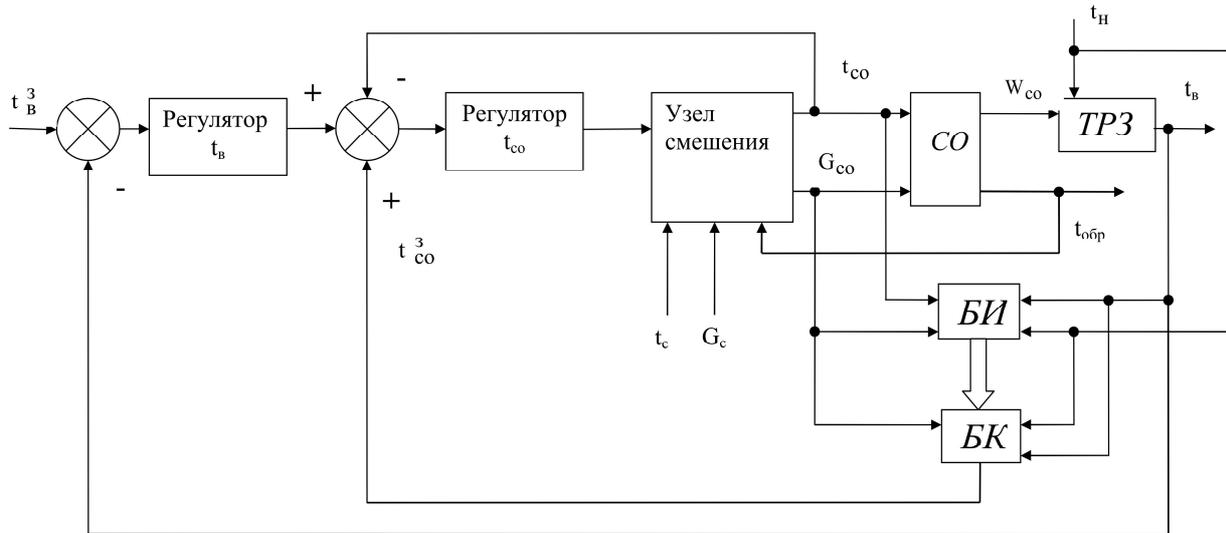


Рис. 1. Структура адаптивной системы управления

Утверждается, что есть решения, приносящие баснословный экономический эффект. Вместе с тем при детальном рассмотрении, как правило, выясняется, что все это не так и эффект, вообще-то, ничем не подтверждается. В настоящей работе обсуждаются такие утверждения и предлагается достаточно простой вариант теоретической оценки экономии теплоты при автоматизации систем отопления. Использование такого метода может быть полезным как на этапе предварительной проработки проектных решений, а также при выборе нового ТРЗ и настройке на него системы автоматизации.

Предлагаемый метод оценки эффективности автоматизации отопления. Если ТРЗ задан, то при прочих равных условиях теплотери здания одни и те же независимо от того, как конкретно и с помощью какой системы отопления реализуется этот режим. Эти теплотери должны быть в точности скомпенсированы доставкой теплоты в здание системой отопления. Если же это не так, то ТРЗ поменяется и будет уже другим. Поэтому расход теплоты на реализацию заданного ТРЗ можно оценить по теплотерям здания.

Как это достаточно широко известно, потери теплоты зданием (поток теплоты, теряемой зданием) можно оценить по хорошо известной формуле Н.С. Ермолаева

$$Q = q_V (t_B - t_H) V, \quad (1)$$

где Q – потери теплоты зданием объемом V при температурах t_B и t_H соответственно внутреннего и наружного воздуха, q_V – удельная тепловая характеристика здания.

Рассмотрим два режима отопления: старый режим (плохой режим, возможно и с автоматикой, но не работающей, либо плохо настроенной) и улучшенный режим, реализуемый с помощью высококачественной системы автоматического управления отоплением здания, при этом будем

считать, что воздухообмен одинаков в обоих режимах. Теплотери здания при старом режиме отопления обозначим как $Q^{ДО} = q_V \cdot (t_B^{ДО} - t_H) \cdot V$, здесь $t_B^{ДО}$ – температура внутреннего воздуха при старом режиме отопления (до улучшения режима). Теплотери здания при новом (улучшенном) режиме отопления обозначим как $Q^{ПОСЛЕ} = q_V \cdot (t_B^{ПОСЛЕ} - t_H) \cdot V$, здесь $t_B^{ПОСЛЕ}$ – температура внутреннего воздуха при улучшенном режиме отопления. Если за базовый режим взять улучшенный режим отопления, то при 80 % экономии, как это сообщается в [12], должно быть, что

$$\frac{Q^{ДО} - Q^{ПОСЛЕ}}{Q^{ПОСЛЕ}} = 0,8; \quad (2)$$

или

$$\frac{Q^{ДО}}{Q^{ПОСЛЕ}} = \frac{q_V (t_B^{ДО} - t_H) V}{q_V (t_B^{ПОСЛЕ} - t_H) V} = \frac{t_B^{ДО} - t_H}{t_B^{ПОСЛЕ} - t_H} = 1,8. \quad (3)$$

Оценим, какой при такой экономии должна быть температура внутреннего воздуха при старом режиме отопления. Из вышеприведенного уравнения следует, что

$$t_B^{ДО} = 1,8 t_B^{ПОСЛЕ} - 0,8 t_H. \quad (4)$$

Полагаем, что в новом улучшенном режиме температура внутреннего воздуха нормативная и равна $t_B^{ПОСЛЕ} = 20^\circ\text{C}$, тогда при $t_H = -20^\circ\text{C}$ температура внутреннего воздуха в прежнем режиме должна быть равна $t_B^{ДО} = 52^\circ\text{C}$, а при $t_H = -10^\circ\text{C}$ уже только $t_B^{ДО} = 42^\circ\text{C}$. Понятно, что такой «перетоп» совершенно не реален (и, вследствие этого, не реальна и такая экономия теплоты) и его никак не «снять» простым открыванием форточек, нужно будет открывать окна.

Инженерное оборудование зданий и сооружений

Если такой экономии теплоты (в 80 %) добиться снижением t_B (например, в ночное время в общественных и административных зданиях), то новая пониженная температура должна вычисляться по той же формуле (3), но только разрешенной относительно $t_B^{\text{ПОСЛЕ}}$

$$t_B^{\text{ПОСЛЕ}} = \frac{t_B^{\text{ДО}}}{1,8} + \frac{0,8 t_H}{1,8}. \quad (5)$$

Здесь при $t_B^{\text{ДО}} = 20^\circ\text{C}$ и $t_H = -20^\circ\text{C}$ должно быть, что $t_B^{\text{ПОСЛЕ}} \approx 2^\circ\text{C}$, если же $t_H = -10^\circ\text{C}$, то $t_B^{\text{ПОСЛЕ}} \approx 6^\circ\text{C}$, только в этом случае будет достигаться 80-процентная экономия теплоты. Однако заметим, что ниже 12°C t_B снижать нельзя [13], на внутренних поверхностях стен будет выпадать конденсат, поэтому и в этом случае такой экономии теплоты достичь тоже невозможно.

Если за базовый режим брать, как это обычно и принято, старый (прежний) режим, т. е. если считать, что $\frac{Q^{\text{ДО}} - Q^{\text{ПОСЛЕ}}}{Q^{\text{ДО}}} = 0,8$, то в этом случае получаются совсем абсурдные значения $t_B^{\text{ДО}}$. Такие же неправдоподобные результаты получаются и для значений $t_B^{\text{ПОСЛЕ}}$, если реализуется режим прерывистого отопления. В самом деле,

$$\frac{Q^{\text{ДО}} - Q^{\text{ПОСЛЕ}}}{Q^{\text{ДО}}} = \frac{t_B^{\text{ДО}} - t_B^{\text{ПОСЛЕ}}}{t_B^{\text{ДО}} - t_H} = 0,8 \quad (6)$$

или же

$$t_B^{\text{ПОСЛЕ}} = 0,2 t_B^{\text{ДО}} + 0,8 t_H. \quad (7)$$

Поэтому при $t_B^{\text{ДО}} = 20^\circ\text{C}$ (был нормативный режим отопления) и $t_H = -20^\circ\text{C}$ должно быть, что $t_B^{\text{ПОСЛЕ}} = -12^\circ\text{C}$, если же $t_H = -10^\circ\text{C}$, то $t_B^{\text{ПОСЛЕ}} = -4^\circ\text{C}$.

Оценим теперь, какими должны быть реальные числа экономии теплоты при отоплении зданий.

В реальных условиях при обычном (нормативном) воздухообмене имеют место случаи, когда температура внутреннего воздуха в отапливаемых помещениях достигает $29 \div 30^\circ\text{C}$. Если полагать, что после квалифицированного решения задачи автоматизации системы отопления температура внутреннего воздуха станет равной $t_B^{\text{ПОСЛЕ}} = 20^\circ\text{C}$, то экономия теплоты при этом составит

$$\frac{Q^{\text{ДО}} - Q^{\text{ПОСЛЕ}}}{Q^{\text{ДО}}} = \frac{t_B^{\text{ДО}} - t_B^{\text{ПОСЛЕ}}}{t_B^{\text{ДО}} - t_H} = \frac{30 - 20}{30 - t_H}. \quad (8)$$

При $t_H = -20^\circ\text{C}$ это будет всего лишь 20 %, а при $t_H = -10^\circ\text{C}$ это 25 %.

Если рассматривать режим прерывистого отопления, то применяя для этого случая ту же формулу (8), получим, что при $t_B^{\text{ДО}} = 20^\circ\text{C}$, $t_B^{\text{ПОСЛЕ}} = 12^\circ\text{C}$ и $t_H = -10^\circ\text{C}$ будет всего лишь 26,6 %, а при $t_H = -20^\circ\text{C}$ это 20 %.

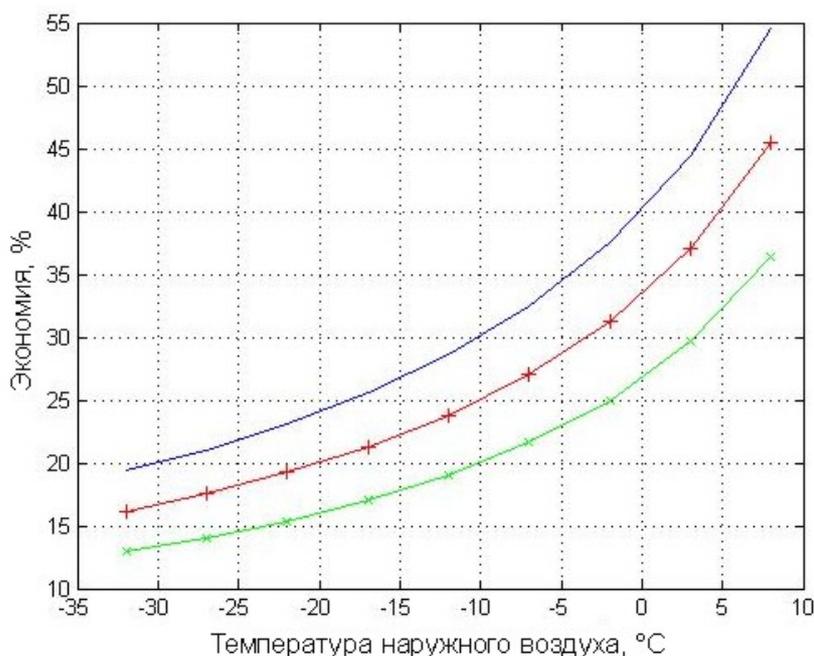


Рис. 2. Зависимость экономии теплоты от температуры наружного воздуха

На рис. 2 приведены кривые, показывающие величину относительной экономии теплоты, вычисленную по формуле

$$\frac{Q^{\text{ДО}} - Q^{\text{ПОСЛЕ}}}{Q^{\text{ДО}}} = \frac{t_{\text{В}}^{\text{ДО}} - t_{\text{В}}^{\text{ПОСЛЕ}}}{t_{\text{В}}^{\text{ДО}} - t_{\text{Н}}} = \frac{30 - t_{\text{В}}^{\text{ПОСЛЕ}}}{30 - t_{\text{Н}}} \quad (9)$$

для $t_{\text{В}}^{\text{ПОСЛЕ}} = 18^\circ\text{C}$ (верхняя кривая),
 $t_{\text{В}}^{\text{ПОСЛЕ}} = 20^\circ\text{C}$ (средняя кривая), $t_{\text{В}}^{\text{ПОСЛЕ}} = 22^\circ\text{C}$ (нижняя кривая).

Как видно из рис. 2 максимальная экономия теплоты при «перетопе» в 30°C не может превысить 55 % и это возможно только в конце отопительного сезона, если считать нормативной температуру внутреннего воздуха $t_{\text{В}}^{\text{ПОСЛЕ}} = 18^\circ\text{C}$.

Понятно, что вышеприведенные оценки относятся к стационарным режимам отопления, кроме того, при рассмотрении режима прерывистого отопления, полагалось, что скорость «натоп» помещений перед началом рабочего дня одна и та же, что определяется обычно установленной мощностью систем отопления.

Отметим также, что расход теплоты на вентиляцию приводится к виду, аналогичному уравнению (1). Поэтому в формуле (1) под q_{V} следует, вообще-то, подразумевать сумму собственно удельной тепловой характеристики здания и удельного расхода теплоты на вентиляцию [14]. Но поскольку во всех последующих формулах эта величина сокращается, то все полученные оценки для относительной эффективности останутся прежними.

Замечания по поводу эффективности комбинированных систем отопления. Относительно комбинированных систем отопления [12] можно отметить следующее. Как это нам представляется, в [12] задача совершенствования теплового (температурного) режима зданий (ТРЗ) не решается, а делается попытка доказать, что, управляя комбинированной системой отопления, можно добиться существенной экономии теплоты при реализации известного ТРЗ, что совершенно невозможно.

Действительно, как уже отмечалось выше, теплотопотери конкретного здания определяются его ТРЗ и температурой наружного воздуха, эти теплотопотери одни и те же, независимо от того, с помощью какой системы отопления реализуется данный ТРЗ. Эти теплотопотери в точности нужно компенсировать доставкой теплоты в здание системой отопления, причем совершенно не важно какой – то ли водяной, то ли электрической, комбинированной или нет. Если это не так, то ТРЗ поменяется и будет уже другим. Поэтому по теплоте !!! при реализации заданного ТРЗ экономии быть не может в принципе. Выгода здесь может быть только в денежном выражении, если тарифы на «водяную» и «электрическую» или еще какую-либо Гкалорию разные, причем, например, так, что «ночная электрическая» Гкалория намного дешевле

ле «водяной». Однако и здесь это не так, на данный момент времени в г. Челябинске «водяная» Гкалория стоит 1170,57 руб., «ночная электрическая» Гкалория 1336 руб.

Следует также отметить, что при реализации, например, режима прерывистого отопления, температуру внутреннего воздуха можно достаточно быстро поднять до заданной величины воздушной системой отопления, из-за этого может возникнуть иллюзия, что в таком случае есть экономия теплоты. Но и здесь это не так, так как при этом температура внутренних поверхностей ограждающих конструкций будет низкой, это дискомфорт, а заявлять об экономии теплоты за счет ухудшения микроклимата нельзя. К месту заметим, что разность температур внутреннего воздуха и внутренней поверхности наружных ограждений зданий нормируется.

Поэтому комбинированная система отопления при реализации заданного ТРЗ по затратам теплоты не имеет никаких преимуществ перед любой другой системой отопления, если, конечно, качество решения задачи автоматизации обеих систем одинаково. Если же при этом учесть повышенные капитальные затраты на ее создание, то вопрос о практической ценности таких систем отопления с позиций указанных критериев можно считать вполне закрытым на данный момент времени. Конечно, при этом нельзя исключать того, что по каким-то другим критериям комбинированная система отопления может оказаться предпочтительной.

Теоретические величины получаемых эффектов, разумеется, следует уточнять по данным реальных измерений.

Выводы. Рассмотрена задача оценки величины экономии теплоты при автоматизации систем отопления зданий. Предложен достаточно простой способ определения относительной эффективности решений – по теплотопотерям зданий. Оценена практическая значимость систем комбинированного отопления. Показано, что такие системы при прочих равных условиях по затратам теплоты на отопление (на реализацию заданного ТРЗ) не имеют никаких преимуществ перед системами другого типа.

Литература

1. Зингер, Н.М. *Повышение эффективности работы тепловых пунктов* / Н.М. Зингер, В.Г. Бестолченко, А.А. Жидков. – М.: Стройиздат, 1990. – 188 с.
2. *Автоматика и автоматизация систем теплогоснабжения и вентиляции: учеб. для вузов* / А.А. Калмаков, Ю.Я. Кувишинов, С.С. Романова, С.А. Щелкунов. – М.: Стройиздат, 1986. – 479 с.
3. *Автоматизированные системы теплоснабжения и отопления* / С.А. Чистович, В.К. Аверьянов, Ю.Я. Темпель, С.И. Быков. – Л.: Стройиздат, 1987. – 249 с.
4. Панферов, С.В. *Структурно-параметрический синтез адаптивной системы управления температурным режимом отапливаемых зданий*:

автореф. дис. ... канд. техн. наук / С.В. Панферов. – Челябинск: Издат. центр ЮУрГУ, 2011. – 20 с.

5. Панферов, С.В. Автоматическое управление системами отопления с элеваторным присоединением / С.В. Панферов, В.И. Панферов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2013. – Т. 13, № 1. – С. 42–47.

6. Панферов, В.И. Об одном подходе к решению задачи выбора и настройки автоматических регуляторов / В.И. Панферов // Известия Челябинского научного центра. – 2004. – Вып. 4(26). – С. 139–144.

7. Панферов, С.В. Погодный компенсатор для систем отопления с элеваторным присоединением. / С.В. Панферов, В.И. Панферов // Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции: сб. докл. V Междунар. науч.-техн. конф. – М.: Изд-во МГСУ, 2013. – С. 140–144.

8. Панферов, С.В. Адаптивное управление отоплением зданий / С.В. Панферов, В.И. Панферов // С.О.К. (Сантехника. Отопление. Кондиционирование): ежемесячный специализированный журнал. – 2014. – № 5. – С. 66–69. – www.c-o-k.ru, www.forum.c-o-k.ru

9. Семенов, Б.А. Оценка резервов экономии теп-

лоты от автоматизации теплопотребления зданий / Б.А. Семенов, А.Г. Гордеев // Энергосбережение в городском хозяйстве, энергетике, промышленности: материалы IV Рос. науч.-техн. конф. – Ульяновск: Изд-во УлГТУ, 2003. – С. 235–238.

10. Куценко, А.С. Анализ энергоэффективности прерывистого режима отопления здания / А.С. Куценко, С.В. Коваленко, В.И. Товажнянский // Ползуновский вестник. – 2014. – Т. 2. – № 4. – С. 215–221.

11. Анисимова, Е.Ю. Эффективность управления микроклиматом здания в нерабочее время. / Е.Ю. Анисимова, В.И. Панферов // С.О.К. (Сантехника. Отопление. Кондиционирование): ежемесячный специализированный журнал – 2014. – № 2. – С. 72–78. – www.c-o-k.ru, www.forum.c-o-k.ru

12. Румянцев, Д.В. Экспериментальное исследование оптимальной стратегии управления тепловыми процессами здания при комбинированной системе отопления / Д.В. Румянцев, М.М. Тверской // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 9-1. – С. 63–70.

13. Сканава, А.Н. Отопление / А.Н. Сканава, Л.М. Махов. – М.: АСВ, 2008. – 562 с.

14. Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов / Е.Я. Соколов. – 7-е изд., стер. – М.: Изд-во МЭИ, 2001. – 472 с.

Панферов Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Теплогазоснабжение и вентиляция», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), tgsiv@susu.ac.ru

Поступила в редакцию 4 февраля 2016 г.

DOI: 10.14529/build160209

ON HEAT SAVINGS IN CASE OF HEATING AUTOMATION

V.I. Panferov, tgsiv@susu.ac.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The paper deals with heat savings in case of automatic control of heating systems in buildings. The structure of adaptive control system is given. Quite a simple way of determining relative efficiency in accordance with heat loss of a building in different temperature conditions is suggested. The soundness of data on economy is analyzed. The rough estimates of savings values for real-life situations are given. The practical value of dual heating systems is evaluated. It's found out that in terms of heat loss for the set temperature conditions maintenance the dual system has no advantages over other types of heating systems.

Keywords: heat savings, automation, temperature control of buildings, heating system, relative efficiency.

References

1. Zinger N.M., Bestolchenko V.G., Zhidkov A.A. *Povyshenie effektivnosti raboty teplovykh punktov* [Improving the efficiency of heat points]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1990. 188 p.
2. Kalmakov A.A., Kuvshinov Yu.Ya., Romanova S.S., Shchelkunov S.A. *Avtomatika i avtomatizatsiya sistem teplogazosnabzheniya i ventilyatsii: ucheb. dlya vuzov* [Automation and automation systems of heat and ventilation: a textbook for high schools]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1986. 479 p.

3. Chistovich S.A., Aver'yanov V.K., Tempel' Yu.Ya., Bykov S.I. *Avtomatizirovannyye sistemy teplosnabzheniya i otopleniya* [Automated systems for heat supply and heating]. Leningrad, Stroyizdat Leningrad Publ., 1987. 249 p.
4. Panferov S.V. *Strukturno-parametricheskij sintez adaptivnoy sistemy upravleniya temperaturnym rezhimom otaplivaemykh zdaniy*. Avtoref. kand. dis. [Structurally-parametrical synthesis of adaptive control system for temperature control of heated buildings: thesis abstract on scientific degree of candidate of technical sciences]. Chelyabinsk, South Ural St. Univ. Publ., 2011. 20 p.
5. Panferov S.V., Panferov V.I. [Automatic control of the heating system with water jet pump]. *Bulletin of South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control & Radioelectronics*, 2013, vol. 3, no 1, pp. 42–47. (in Russ.)
6. Panferov V.I. [One approach to solving the problem of selection and adjustment of automatic regulators]. *Izvestiya Chelyabinskogo nauchnogo tsentra* [The Chelyabinsk Scientific Center], 2004, vol. 4(26), pp. 139–144. (in Russ.)
7. Panferov V.I., Panferov S.V. [Compensator according to the outdoor temperature for heating systems with the addition of elevator]. *Teoreticheskie osnovy teplogazosnabzheniya i ventilyatsii: sb. dokl. V Mezhdunarodnoy nauchno-tekhn. konf.* [Theoretical Foundations of heat and ventilation: a collection of V International Scientific and Technical. Conf.]. Moscow, MISI–MGSU Publishing House, 2013. pp. 140–144. (in Russ.)
8. Panferov V.I., Panferov S.V. [Adaptive control of heating buildings] *S.O.K. (Santekhnika. Otoplenie. Konditsionirovanie): ezheemesyachnyy spetsializirovannyi zhurnal* [SOK (Plumbing. Heating. Air conditioning): a monthly trade magazine], 2014, no 5, pp. 66–69 (in Russ.).
9. Semenov B.A., Gordeev A.G. [Evaluation of reserves of economy of heat from the heat building automation]. *Energosberezhenie v gorodskom khozyaystve, energetike, promyshlennosti: materialy IV Rossiyskoy nauchno-tekhn. konf.* [Energy efficiency in municipal services, energy, industry: materials of IV All-Russian Scientific and Technical. Conf.]. Ulyanovsk, Ulyanovsk State Technical University Publishing House, 2003, pp. 235–238. (in Russ.)
10. Kucenko A.S., Kovalenko S.V., Tovazhnjanskij V.I. [Analysis of energy efficiency intermittent heating buildings]. *Polzunovskiy vestnik*, 2014, vol. 2, no 4, pp. 215–221 (in Russ.).
11. Anisimova E.Ju., Panferov V.I. [The effectiveness of the climate control of the building after business hours]. *S.O.K. (Santekhnika. Otoplenie. Konditsionirovanie): ezheemesyachnyy spetsializirovannyi zhurnal* [SOK (Plumbing. Heating. Air conditioning): a monthly trade magazine], 2014, no 2. pp. 72–78. Available at: www.c-o-k.ru, www.forum.c-o-k.ru
12. Rumjancev D.V., Tverskoj M.M. [Experimental study of the optimal strategy of thermal management of the building combined with the heating system]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research], 2015, no. 9-1, pp. 63–70. (in Russ.)
13. Skanavi A.N., Mahov L.M. *Otoplenie* [Heating], Moscow, ASV Publ., 2008. 562 p.
14. Sokolov E.Ja. *Teplofikatsiya i teplovye seti: Uchebnik dlya vuzov* [District heating and heat networks: the Textbook for high schools]. Moscow, MPEI Publ., 2001. 472 p.

Received 4 February 2016

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Панферов, В.И. Об экономии теплоты при автоматизации систем отопления зданий / В.И. Панферов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2016. – Т. 16, № 2. – С. 52–57. DOI: 10.14529/build160209

FOR CITATION

Panferov V.I. On Heat Savings in Case of Heating Automation. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2016, vol. 16, no. 2, pp. 52–57. (in Russ.). DOI: 10.14529/build160209
