

УДК 620.92

РАБОТА СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРИ ПОЭТАПНОМ ВНЕДРЕНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ

Ю.Н. Звонарева, Ю.В. Ваньков

Казанский государственный энергетический университет
Skulinaun@mail.ru

Резюме: Внедрение автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов (АИТП), расположенных непосредственно в отапливаемом здании, помимо создания комфортных условий внутри помещения приводит к снижению потребления тепловой энергии. В работе проанализировано влияние поэтапного внедрения у потребителей автоматических узлов учета и регулирования на теплоснабжение наиболее удаленных от центрального теплового пункта (ЦТП) потребителей, подключенных по элеваторной схеме. Выполнена оценка снижения теплопотребления жилого квартала с учетом поэтапного внедрения АИТП и проведены лабораторные эксперименты. Проведено сравнение данных, полученных в результате расчетов, лабораторных исследований со значениями, полученными с приборов учета действующей системы теплоснабжения.

Ключевые слова: индивидуальный тепловой пункт, погодозависимое регулирование, расход сетевой воды, снижение теплопотребления.

WORK OF SYSTEM OF HEAT SUPPLY AT STAGE-BY-STAGE INTRODUCTION OF THE AUTOMATED INDIVIDUAL THERMAL POINTS

Ju. N. Zvonareva, Ju. V. Van'kov

Kazan state power engineering university, Kazan, Russia
Skulinaun@mail.ru

Abstract: Introduction of the automated metering stations and regulation (AITP) located directly in the heated building besides creation of comfortable conditions indoors leads to decrease in consumption of thermal energy. In work influence of stage-by-stage introduction at consumers of automatic metering stations and regulation on heat supply of the consumers, most removed from the central heat distribution station (CHDS), connected according to the elevator scheme is analysed. Assessment of decrease in heatconsumption of the residential quarter taking into account stage-by-stage introduction of AITP is executed and laboratory experiments are made. Comparison of data of the obtained as a result of calculations, laboratory researches with the values received from metering devices of the operating system of heat supply is carried out.

Keywords: individual heating stations, weather-compensated control, district energy flow, reduction of heat consumption

Ежегодное увеличение тарифа на энергоносители заставляет потребителей решать задачи их эффективного использования.

Оптимальное потребление тепловой энергии при соблюдении требуемой комфортности в помещениях зданий является основной задачей энергосбережения в сфере коммунального теплоснабжения¹.

Известно, что установка автоматизированных индивидуальных тепловых пунктов обеспечивает тепловой комфорт в помещениях при минимальных эксплуатационных затратах [1], так как при этом отсутствует необходимость регулирования параметров теплоносителя (расхода сетевой воды и тепловой нагрузки отопления) в источнике теплоснабжения при колебаниях температуры наружного воздуха в течение суток. Отметим, что при централизованном регулировании теплопотребления, когда режим теплоснабжения зависит от изначально выставленных параметров, внедрение автоматизации у отдельных потребителей ведет к изменению параметров теплоснабжения у потребителей, не оснащенных АИТП.

Применение терморегуляторов отопительных приборов систем отопления привело к переходу систем теплоснабжения от качественного регулирования к качественно-количественному [2]. При этом для повышения энергетической эффективности всей системы теплоснабжения должно обеспечиваться оптимальное теплопотребление не только каждого абонента, но и муниципалитета в целом.

Решение данной задачи требует соответствующего научного, технического и практического подхода.

При установке погодозависимого регулирования качество теплоснабжения улучшается лишь у конкретного потребителя, у остальных абонентов, подключенных через элеваторные узлы смешения, это приводит к изменению параметров теплоснабжения (таких как расход сетевой воды, температура внутри помещения и т.д.).

С использованием информационно-графической системы «ZuluThermo», предназначенной для моделирования и расчетов теплогидравлических режимов работы тепловой сети, нами была смоделирована система теплоснабжения квартала № 38-1 г. Казани. Использование расчетного комплекса «ZuluThermo» позволяет анализировать режимы работы тепловой сети и аварийные ситуации, оценивать мероприятия по модернизации и перспективному развитию системы централизованного теплоснабжения. Однако данная система, как и множество других аналогичных программ, предназначенных для моделирования и расчета тепловых систем, позволяет давать только лишь оценку и проводить расчеты в статическом режиме работы, а динамику процесса не оценивает.

Схема рассматриваемого квартала показана на рис. 1.

Источником теплоснабжения является районная котельная.

Утвержденный температурный график тепловых сетей 115–65°C.

Расчетная температура наружного воздуха для проектирования при расчетах принята согласно СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» $t = -31^{\circ}\text{C}$.

Метод регулирования отпуска тепловой энергии в систему централизованного теплоснабжения – качественно-количественный [3].

При моделировании режимов работы системы теплоснабжения рассматриваемого квартала за исходные параметры теплоносителя (расход сетевой воды и располагаемый напор) на источнике теплоснабжения были приняты показания приборов учета, установленных в центральном тепловом пункте (ЦТП-38/1), при вводе магистрального трубопровода в рассматриваемый квартал.

На рис. 2 показаны изменения значений относительного расхода сетевой воды и температуры внутри помещения на конечных потребителях рассматриваемого квартала (ул. Амирхана ж/д 2 и ул. Амирхана ж/д 10 а корп.1) в зависимости от процента оснащённости потребителей АИТП.

¹ Федеральный закон РФ №261-ФЗ Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, 2009г.

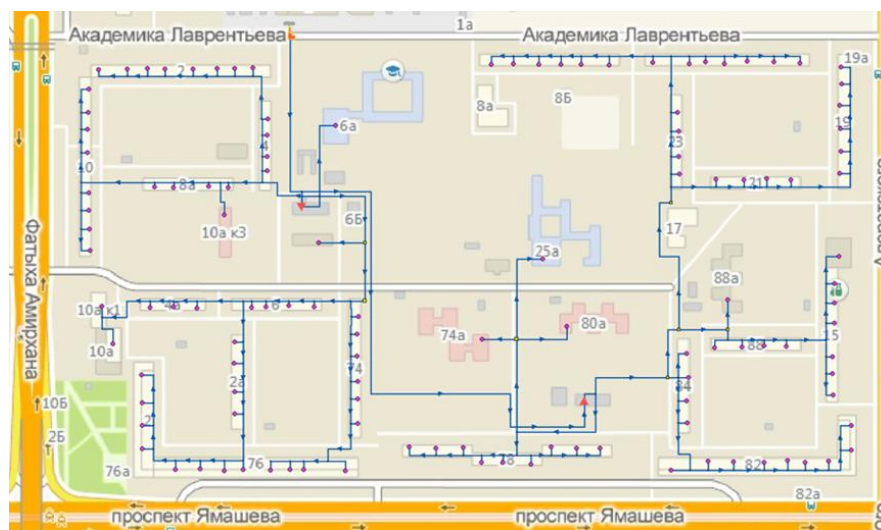


Рис. 1. Схема теплоснабжения 38 квартала

Внедрение АИТП моделировалось в несколько этапов:

1. Установка АИТП у 14% потребителей.
2. Установка АИТП у 29% потребителей.
3. Установка АИТП у 43 % потребителей.
4. Установка АИТП у 53 % потребителей.
5. Установка АИТП у 71 % потребителей.
6. Установка АИТП у 86 % потребителей.
7. Перевод 100% потребителей на АИТП.

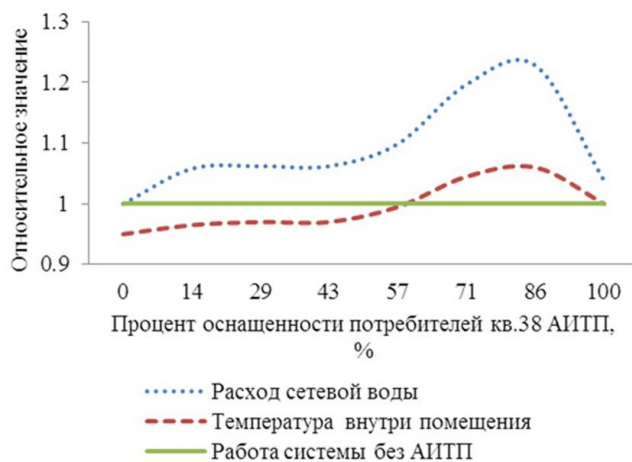


Рис. 2. Изменение относительного значения расхода и температуры внутреннего воздуха у потребителей (ул. Амирхана ж/д 2 и ул. Амирхана ж/д 10а корп.1) в зависимости от числа абонентов с АИТП

Как видно из рисунка, чем меньше потребителей остается без автоматики, тем с наибольшим «перетопом», относительно расчетных значений, они работают.

Также был проведен анализ влияния на гидравлический режим системы теплоснабжения переход с ЦТП на автоматизированные индивидуальные тепловые пункты (АИТП).

Анализ смоделированных режимов работы показал (рис. 3), что внедрение ИТП у числа абонентов менее 30 и более 75% не вносит значимого изменения в гидравлический режим системы теплоснабжения.

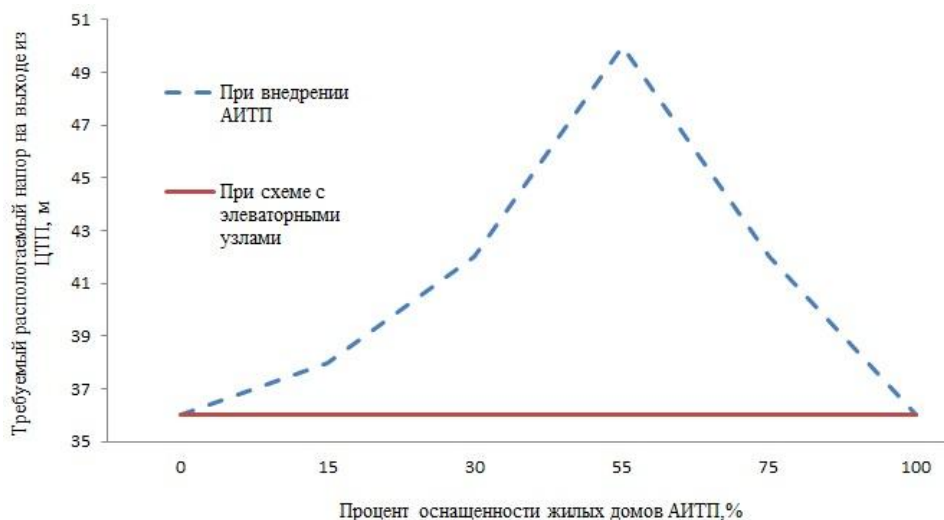


Рис. 3. Требуемый располагаемый напор на выходе ЦТП в зависимости от этапов внедрения автоматизированных тепловых пунктов

Однако установка АИТП у числа абонентов, находящихся в диапазоне 30–75%, требует увеличения располагаемого напора на выходе из ЦТП (фактический располагаемый напор теплоносителя составляет 36 м), а следовательно, и увеличения давления в подающем трубопроводе [4].

Повышение давления сетевой воды может привести к возникновению аварийных либо переходных гидравлических процессов, вызванных колебанием давления в системе теплоснабжения города в целом [5]. Этого нельзя допускать с точки зрения надежности эксплуатируемых систем теплоснабжения, являющейся одним из важнейших факторов при выполнении договорных отношений между теплоснабжающими организациями и потребителями тепловой энергии [6].

Отсюда можно сделать вывод, что для наиболее качественного теплоснабжения системой автоматического регулирования должны быть обеспечены все потребители.

Погодозависимое регулирование и регулирование перепада давлений

- обеспечивает гидравлический баланс в сети централизованного теплоснабжения;
- гарантирует правильное распределение теплоносителя между всеми потребителями;
- уменьшает общий расход по сети;
- снижает потери тепла;
- улучшает условия работы насосов [7].

Внедрение автоматизированных узлов учета, расположенных непосредственно в отапливаемом здании, помимо повышения эффективности регулирования отопления (создание комфортных условий внутри помещения) позволяет так же говорить об энергетической эффективности с точки зрения снижения потребления тепловой энергии.

Для подтверждения результатов расчетов был проведено сравнение расчетных и фактических показателей работы рассматриваемого квартала (табл. 1).

Таблица 1

Показатели работы тепловой сети с учетом внедрения автоматических узлов учета

Адрес узла ввода	Показатель	Схема с элеваторными узлами	Схема с учетом внедрения АИТП		Снижение показателей с учетом внедрения АИТП процентное соотношение	
			расчетное значение	фактическое значение	расчетное значение	фактическое значение
ул. Амирхана д.2	Разница температур	27.78	32.82	32.56	-	-
	Расход сетевой воды на дом, т/ч	12.52	8.17	7.623	34.7	39.1
	Тепловая нагрузка на отопление, Гкал/ч	0.35	0.27	0.25	22.9	28.2
ул. Амирхана д.4а	Разница температур	28.51	34.09	35.48	-	-
	Расход сетевой воды на дом, т/ч	7.8	5.05	3.83	35.3	50.9
	Тепловая нагрузка на отопление, Гкал/ч	0.22	0.17	0.14	22.5	38.6
ул. Амирхана д.10 корп.2	Разница температур	28.23	28.21	35.06	-	-
	Расход сетевой воды на дом, т/ч	8.42	6.5	4.31	22.8	48.8
	Тепловая нагрузка на отопление, Гкал/ч	0.24	0.18	0.15	22.9	35.8
ул. Амирхана д.2а	Разница температур	27.94	28.57	34.36	-	-
	Расход сетевой воды на дом, т/ч	10.79	8.29	6.9	23.2	36.0
	Тепловая нагрузка на отопление, Гкал/ч	0.31	0.24	0.24	22.8	22.6
ул. Ямашева д.74	Разница температур	28.67	34.24	27.02	-	-
	Расход сетевой воды на дом, т/ч	14.85	9.55	13.67	35.7	7.9
	Тепловая нагрузка на отопление, Гкал/ч	0.43	0.33	0.37	23.2	12.6
ул. Ямашева д.76 узел 2	Разница температур	28.81	33.74	34.19	-	-
	Расход сетевой воды на дом, т/ч	12.36	7.86	3.75	36.4	69.7
	Тепловая нагрузка на отопление, Гкал/ч	0.36	0.27	0.13	25.5	63.2

Энергетические показатели работы системы теплоснабжения при внедрении АИТП относительно работы с элеваторными узлами смещения приведены в табл. 2.

Разность между полученными расчетными значениями и фактическими показателями работы системы теплоснабжения рассматриваемого квартала составила $\approx 10\%$. Эта разница объясняется невозможностью оценить динамику изменения показателей работы системы

теплоснабжения (расхода сетевой воды и тепловую нагрузку отопления) в используемом программном комплексе в зависимости от изменения температуры наружного воздуха в течение суток [8].

Таблица 2

Энергетические показатели работы системы теплоснабжения

Показатели	Расчетное значение, %	Фактическое значение, %
Среднее снижение расхода сетевой воды на дом	31,3	42,1
Среднее снижение тепловой нагрузки на отопление	23,3	33,5

Для учета суточного колебания тепловой нагрузки и расхода сетевой воды на отопление у потребителей, оснащенных приборами учета и автоматического регулирования, было решено проводить расчеты по следующему алгоритму:

1) выбираем температуру наружного воздуха, на которую в конкретные сутки, согласно температурного графика, задается температура в подающем трубопроводе на источнике;

2) производим расчет электронной модели на заданные параметры ($t_{н.в.} = -11^{\circ}\text{C}$, $t_{п} = 103,4^{\circ}\text{C}$);

3) определяем суточные колебания температуры наружного воздуха (рис. 4);

4) задаемся, что у абонентов с АИТП изменение расхода и тепловой нагрузки будет меняться в зависимости от температуры наружного воздуха (по показателям внешних приборов), при этом температура в теплосети на вводе у потребителя будет неизменна, так как регулирование температуры в подающем трубопроводе тепловых сетей корректируется 1 раз в сутки;

5) расчетным путем, задавшись $Q_{рас.}$ и изменениями температуры наружного воздуха, определяем коэффициент изменения расхода и тепловой нагрузки абонентов с АИТП на наибольшее отклонение температуры наружного воздуха в течение суток [9];

6) в электронной модели, созданной в ГИС ZULU, изменяем параметры у абонентов и производим расчет, с учетом расчетного коэффициента и поэтапного внедрения АИТП [8].

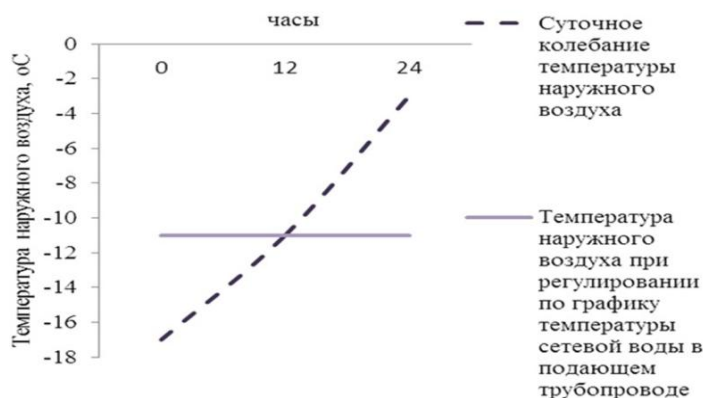


Рис. 4. Суточное колебание температуры наружного воздуха

Полученные значения теплопотребления в зависимости от колебаний температуры наружного воздуха, с учетом процента оснащенности потребителей АИТП, показаны на рис. 5.

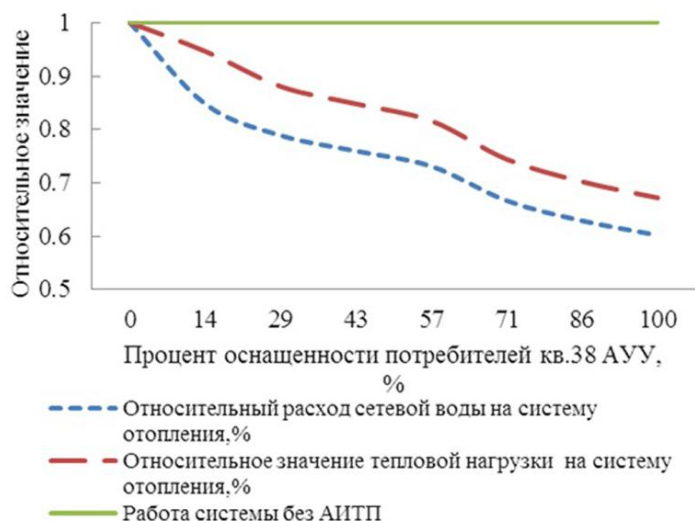


Рис. 5. Снижение относительного теплопотребления в зависимости от колебаний температуры наружного воздуха с учетом процента оснащенности потребителей АИТП

Как видно из рис. 5, максимальное снижение теплопотребления относительно схемы с элеваторными узлами смешения достигается при 100% оснащенности потребителей приборами автоматического учета и регулирования.

На рис. 6. представлены относительные значения расхода сетевой воды и тепловой нагрузки на отопление для различных вариантов расчета (схема с элеваторными узлами; с учетом внедрения АУУ расчетное значение; с учетом среднесуточного колебания температуры наружного воздуха и реальные данные).

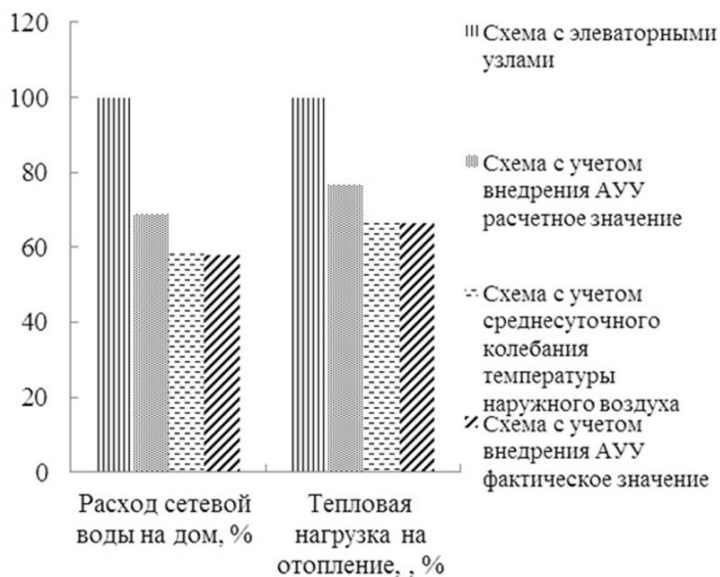


Рис. 6. Относительные значения расхода сетевой воды и тепловой нагрузки на отопление для рассмотренных вариантов расчета

Анализ представленных результатов показал, что предложенный алгоритм расчета динамики изменения наиболее приближен к реальным значениям. Отклонение расчетных значений от фактических показателей для него минимально.

Снижение теплопотребления у абонентов в среднем составляет 25–30%, при этом улучшаются качество и надежность теплоснабжения. Снижение расхода сетевой воды в системе теплоснабжения ведет к экономии электрической энергии на перекачку теплоносителя [10].

Выводы

Проведенные исследования позволили создать алгоритм и методику расчета показателей работы системы теплоснабжения при суточных колебаниях температуры наружного воздуха, с помощью которых появилась возможность провести оценку энергетической эффективности от внедрения АИТП не только в статическом (с точки зрения изменения параметров теплоносителя) режиме, но и, что немаловажно, оценить динамику процесса.

Анализ влияния поэтапного внедрения АИТП на потребителей без автоматики и оценка возможности снижения энергопотребления с учетом поэтапного внедрения АИТП показали, что для наиболее качественного теплоснабжения система автоматического регулирования должна быть установлена на числе потребителей, превышающих 75% от общего количества.

Отметим, что для наиболее глубокого анализа возможности увеличения энергетической эффективности потребления тепловой энергии потребителями необходимо:

- учесть тот факт, что при изменении температуры в подающем трубопроводе на источнике, в зависимости от температуры наружного воздуха, изменение температуры на вводе в потребитель происходит с некоторой задержкой, в связи с удаленностью от источника;
- оценить экономический эффект при внедрении АИТП относительно температур «срезки» и «полки» температурного графика теплосети;
- оценить гидравлическую устойчивость системы теплоснабжения при внедрении АИТП.

Решению этих задач будут посвящены наши дальнейшие исследования.

Литература

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М.: Издательство МЭИ, 2001. 472с.
2. Чистович А.А. Как согреть города. Российское Экспертное обозрение. 2006. №2. <http://www.protown.ru/information/articles/3325.html>.
3. Волосатова Т.А. Некоторые вопросы энергоэффективности тепловых сетей в разрезе текущего состояния комплекса ЖКХ России // Инженерный вестник Дона. 2013. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2054.
4. Звонарева Ю.Н., Ваньков Ю.В. Оценка энергетической эффективности и изменения показателей работы системы теплоснабжения с учетом поэтапного внедрения автоматических узлов учета и регулирования тепловой энергии на потребителях // VII международная научно-практическая конференция «21 век: фундаментальная наука и технологии».-NorthCharleston, SC, USA: CreateSpace. 2015.-Том 2, 219 С. С.131–133.
5. Дмитриев А. Н., Ковалев И. Н., Табунщиков Ю. А., Шилкин Н. В. Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия. М.: АВОК–ПИРЕСС, 2005. 298 с.
6. Allen B., Savard-Goguen M., Gosselin L. Optimizing heat exchanger networks with genetic algorithms for designing each heat exchanger including condensers// Applied Thermal Engineering. 2009
7. Hegner HD, Vogler I. Energiee in sparv eror dnung EnEV-fürdie Praxis kommentiert: Wärmeschutz und Energie bilanzen für Neubau und Bestand. Rechenverfahren, Beispiele und

Auslegungen für die Baupraxis // Ernst&Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG. Berlin. 2002. – 153 p.

8. Звонарева Ю.Н., Ваньков Ю.В., Назарычев С.А. Оценка экономического эффекта для потребителей при установке автоматизированных узлов учета и регулирования тепловой энергии // Инженерный вестник Дона. 2015. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3315.

9. Магадеев В.Ш. Источники и системы теплоснабжения. Альфа-Пресс-М, 2013. 272 с.

10. Звонарева Ю.Н., Ваньков Ю.В. Энергосбережение в системах теплоснабжения крупных муниципальных объединений, запитанных от нескольких источников тепла// Известия Томского политехнического университета. 2015. Т. 326. № 11.

Авторы публикации

Звонарева Юлия Николаевна – старший преподаватель кафедры «Промышленная теплоэнергетика и системы теплоснабжения» (ПТЭ) Казанского государственного энергетического университета (КГЭУ).

Ваньков Юрий Витальевич – доктор. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика и системы теплоснабжения» (ПТЭ) Казанского государственного энергетического университета (КГЭУ).

References

1. Sokolov E.Ya. Central heating and thermal networks. – M.: MEI publishing house, 2001. – 472p
2. Chistovich A.A. How to warm the cities. The Russian Expert review No. 2 2006.
3. Volosatova T.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2054.
4. Zvonareva Ju.N., Van'kov Ju.V. Ocenka jenergeticheskoj jeffektivnosti i izmenenija pokazatelej raboty sistemy teplosnabzhenija s uchetom pojetapnogo vnedrenija avtomaticheskikh uzlov ucheta i regulirovanija teplovoj jenerгии na potrebiteljah //21 century: fundamental science and technology VII: Proceedings of the Conference. North Charleston, 7-8.09.2015, Vol. 2—North Charleston, SC, USA: Create Space, 2015, 131-133 p.
5. Dmitriyev A. N., Kovalyov I. N., Tabunshchikov Yu. A., Shilkin N. V. Guide to an assessment of economic efficiency of investments into energy saving actions. – M.: AVOK-PRESS, 2005-298 p.
6. Allen B., Savard-Goguen M., Gosselin L. Optimizing heat exchanger networks with genetic algorithms for designing each heat exchanger including condensers// Applied Thermal Engineering. 2009.
7. Hegner HD, Vogler I. Energiee in sparv eror dnung EnEV-fürdie Praxis kommentiert: Wärmeschutz und Energie bilanzen für Neubau und Bestand. Rechenverfahren, Beispiele und Auslegungen für die Baupraxis // Ernst&Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG. Berlin. 2002. – 153 p.
8. Zvonareva Ju.N., Van'kov Ju.V., Nazarychev S.A., Inzhenernyj vestnik Dona, 2015, №4 URL: [iv don.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3315](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2015/3315).
9. Magadeev V. Sh. "Sources and systems of heat supply": Alpha Press M, 2013. – 272 p.
10. Zvonareva Ju.N., Van'kov Ju.V. Jenergosberezhenie v sistemah teplosnabzhenija krupnyh municipal'nyh obedinenij, zapitannyh ot neskol'kih istochnikov tepla// Izvestija Tomskogo politehnicheskogo universiteta. – 2015. – Т. 326. – № 11.

Authors of the publication

Julija N. Zvonareva – teacher of department «Industrial Heat Power Engineering and system of heating supply» (IHPE) Kazan state power engineering university (KSPEU).

Jurij V. Van'kov – Doc. Sci. (Techn.), Assoc. Prof. head of department «Industrial Heat Power Engineering and system of heating supply» (IHPE) Kazan state power engineering university (KSPEU).

Поступила в редакцию

27 октября 2016 г.