

DOI 10.5862/JEST.238.3

УДК 621.577: 62-67

А.Г. Батухтин, М.В. Кобылкин, М.Г. Барановская

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ТЕПЛОФИКАЦИИ

A.G. Batukhtin, M.V. Kobylkin, M.G. Baranovskaia

APPLICATION OF HEAT PUMPS AS THE DIRECTION OF THE DEVELOPMENT OF DISTRICT HEATING COGENERATION

Одним из перспективных направлений повышения эффективности систем централизованного теплоснабжения с ТЭЦ является снижение температурного графика тепловой сети. При этом добиться наибольшего эффекта можно путем применения индивидуальных тепловых насосных установок (ТНУ) у потребителей тепловой энергии в качестве конечных догревателей. Однако имеющиеся технические решения предполагают значительные капитальные затраты. Таким образом, для их реализации требуется технология, позволяющая организовать постепенное внедрение ТНУ при условии минимума затрат. В качестве начального этапа внедрения предлагается компенсация с помощью ТНУ нагрузки горячего водоснабжения (ГВС) в неотапливаемый период. Разработана универсальная система компенсации нагрузки ГВС, которая представляет собой малозатратный и относительно доступный вариант первоначальной эксплуатации ТНУ в условиях централизованного теплоснабжения. Основой системы является блок, содержащий ТНУ с циркуляционными насосами. Система позволяет задействовать отопительные приборы в качестве теплообменников для сбора избыточного тепла помещений здания. Предложенная технология эффективно компенсирует нагрузку ГВС при минимальных капитальных затратах и простоте конструкции, а также позволяет сократить затраты энергии на кондиционирование, что свойственно только дорогостоящим комплексным системам теплохладоснабжения. Универсальная система компенсации нагрузки ГВС при помощи ТНУ разработана, главным образом, для привлечения внимания потребителя к технологии и постепенного внедрения ТНУ у всех абонентов в пределах каждой конкретной ТЭЦ с перспективой перехода системы на пониженный температурный график.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ; ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ; ТЕПЛОВОЙ НАСОС; ТЕПЛОФИКАЦИЯ; МАЛОЗАТРАТНОСТЬ.

The article is dedicated to use of the heat pump for improvement of district heating with cogeneration station. At the present time, improving the efficiency of cogeneration stations is one of the priority goals in the development of district heating. One of the most perspective options for improving the efficiency of cogeneration stations is to reduce the temperature of the heat network schedule, with the greatest effect achieved by applying individual systems with heat pumps for the thermal energy consumers as final heaters. However, the existing solutions require significant capital expenditures. Thus, a technology allowing organizing the gradual installation heat pumps in heating systems with low cost is required for implementing the existing projects. As a starting stage of integrating the heat pump compensation of the hot water supply load in the non-heating period is offered. For this purpose, we developed a universal system for the load compensation of the hot water supply, which is a cost-effective and relatively affordable way to initial exploitation of heat pump in a district heating. The system is based on a block containing a heat pump with circulation pumps. The system allows using heating appliances as a heat exchanger to capture excess heat in building premises. To do this, the heating circuit is cut off from the thermal networks and closed through the heat pump with the help of valves. The pump helps organize the circulation of the heat transfer medium in circuit. The heating medium is cooled in the evaporator, and then replenishes the heat from the heat of the building. The collected heat is transferred to the condenser with a higher potential sufficient to heat water for the consumer. The proposed technology allows to effectively compensate for the hot water load with minimal capital cost and simplicity of design. This universal system of hot water load compensation using the heat pump is designed primarily to attract the consumers and to gradually introduce the heat pump for all subscribers within each cogeneration station with a view of a transition of the system to lower temperature schedule.

ENERGY SAVING, HOT WATER SUPPLY, HEAT PUMP, CENTRAL HEATING, LOW-COST.

Теплоэнергетическая отрасль России, обладая наибольшим потенциалом для сбережения энергетических ресурсов [1], в то же время наиболее проблемна с точки зрения подходов к реализации программы энергосбережения. Постепенная трансформация общественного понимания процесса энергосбережения в идею получения прибыли привела к противоречивости в направлениях развития отечественной теплоэнергетики: повышение экономической эффективности в текущий момент получает больший приоритет, чем планомерное уменьшение объема используемых энергетических ресурсов, как это предполагалось изначально [2].

Главным образом это отражается в стратегии развития ТЭЦ. Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии на теплоцентралях объективно признана одним из самых эффективных способов рационального использования топливно-энергетических ресурсов, позволяющим экономить до 25 % топлива по сравнению с раздельной выработкой, что составляет около 20 млн т топлива, или 14 % всего объема топлива, расходуемого в России на нужды теплоснабжения [3–5]. Однако государственная политика в теплоснабжении привела к возникновению такого явления, как вынужденная генерация [6]. В условиях вынужденной генерации многие ТЭЦ становятся низкорентабельными. Положение усугубляется нарастающим износом основного оборудования станций и сетей транспортировки энергоресурсов, снижая эффективность ТЭЦ без возможности своевременного и полного их ремонта. Это объясняется тем, что низкорентабельное производство зачастую не имеет необходимых денежных средств для ремонта и замены оборудования [6]. Станции попадают в замкнутый круг: вынужденная генерация приводит к снижению их эффективности и одновременно к исключению возможности станций улучшить свои показатели, а значит, и шанса на выход из зоны вынужденной генерации.

С начала 2014 года Минэнерго сформировало цель: вывести из эксплуатации объекты вынужденной генерации [7], фактически заменив ТЭЦ котельными [8]. Данные действия, обоснованные экономически, могут обернуться для энергетики потерей крупных ТЭЦ, несмотря на их высокую термодинамическую эффективность и огромный потенциал для энергосбережения.

В текущих условиях сохранение и развитие комбинированной выработки – одна из приоритетных целей для научного сообщества, при этом необходимо учесть, что достижению цели препятствуют жесткие экономические ограничения, при которых практически невозможно внедрение инновационного и дорогостоящего оборудования на большинстве источников теплоснабжения.

Перспективы использования тепловых насосов в теплофикации

Одним из перспективных вариантов повышения эффективности ТЭЦ с учетом экономических ограничений является снижение температурного графика тепловой сети, ведущее к повышению КПД теплофикационной турбины за счет снижения средней температуры отвода тепла из теплосилового цикла, расширению запаса мощности станции и сокращению тепловых потерь. При этом возможно полностью исключить вмешательство в производственный цикл станции и минимизировать затраты на реализацию [9, 10]. Добиться наибольшего эффекта можно путем применения индивидуальных теплонасосных установок (ТНУ) у потребителей тепловой энергии в качестве конечных догревателей, использующих сравнительно холодный теплоноситель тепловых сетей как источник низкопотенциальной энергии [10, 11].

В данной области работает множество исследователей, и уже подготовлен ряд проектов и технических решений, способных вывести теплоснабжение на качественно новый уровень [10–14]. Но воплотить их на практике будет возможно, только если затраты на установку ТНУ покроет потребитель. В связи с этим повышение заинтересованности потребителей принимать участие в энергосбережении становится главной задачей для развития направления внедрения ТНУ в условиях централизованного теплоснабжения [15].

Энергетическая грамотность потребителей в России находится на низком уровне [16]. Как отмечалось выше, их заинтересованность зависит от получения конкретной экономической выгоды. Решением проблемы может послужить внедрение в существующие системы отопления малозатратных технологических решений, которые будут широкодоступны потребителям и

позволят ознакомиться со всеми преимуществами ТНУ, а также станут основой для развития более глобальных проектов с нарастающей эффективностью [15].

Основным направлением внедрения ТНУ при условии минимальных капитальных затрат и высокой экономической эффективности для потребителя может стать компенсация нагрузки горячего водоснабжения (ГВС) в неотапливаемый период. Стоит отметить, что суммарная нагрузка ГВС при различных условиях может превышать 20 % от общего расчетного количества потребляемой тепловой энергии. Однако потери тепла из-за низкой скорости теплоносителя в теплосетях после перехода на летний режим работы, а также низкое качество тепловой изоляции, гидравлическая разлаженность теплотрасс и использование тупиковых схем горячего водоснабжения приводят к тому, что треть тепловой энергии, идущей на нужды ГВС, затрачивается впустую, вынуждая завышать отпуск тепла с ис-

точника, а потребителей — оплачивать потери [17–19]. Покрытие тепловой нагрузки ГВС с помощью ТНУ позволит сберечь значительное количество энергетических ресурсов уже на начальных этапах внедрения.

Универсальная система компенсации нагрузки ГВС

Для решения поставленной задачи разработан способ перехода систем ГВС в летний период времени на источник тепла, доступ к которому не требует значительной реконструкции исходной схемы теплоснабжения и реализуем для любого потребителя, имеющего систему отопления [20].

Источником тепла в данном способе выступает замкнутый контур системы отопления здания, который не функционирует в летний период [21, 22].

Способ лег в основу универсальной системы компенсации нагрузки ГВС в условиях централизованного теплоснабжения (рис. 1). Основой

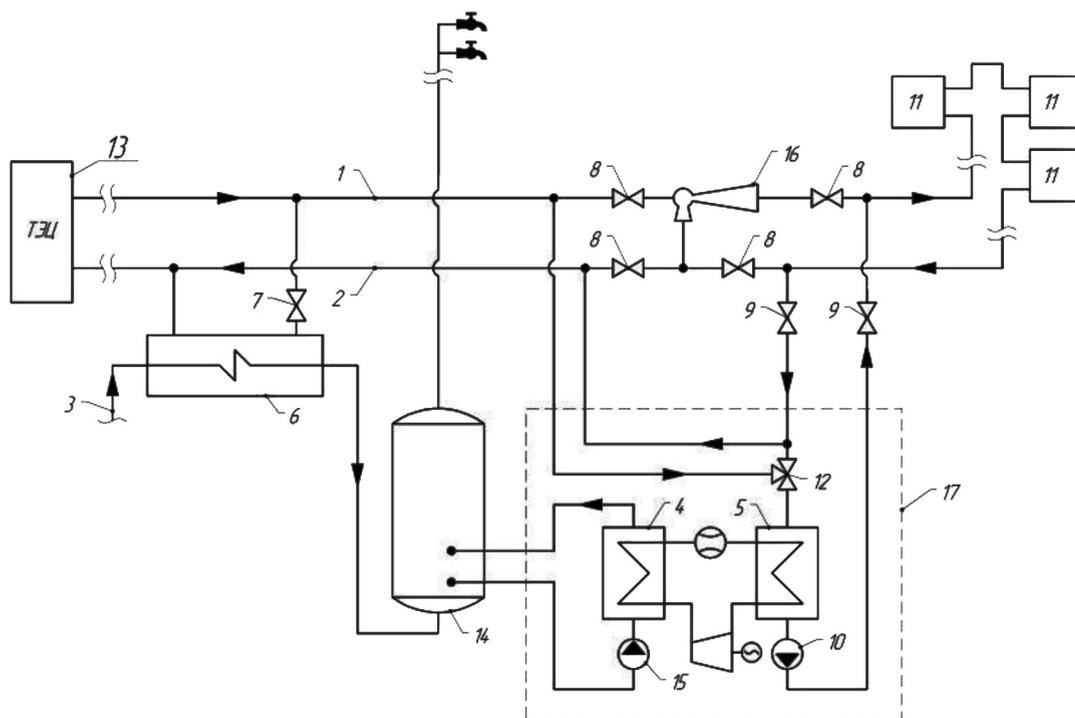


Рис. 1. Универсальная система компенсации нагрузки ГВС:

1 – подающий трубопровод; 2 – обратный трубопровод; 3 – трубопровод воды идущей на ГВС; 4 – конденсатор; 5 – испаритель; 6 – теплообменник ГВС; 7, 8, 9 – запорная арматура; 10 – циркуляционный насос; 11 – отопительный прибор; 12 – трехходовой клапан; 13 – источник теплоснабжения; 14 – бак-аккумулятор; 15 – циркуляционный насос бака; 16 – элеватор; 17 – теплонасосный блок

системы служит блок, содержащий ТНУ, циркуляционные насосы и трехходовой клапан. Система позволяет задействовать отопительные приборы в качестве теплообменников для сбора избыточного тепла помещений здания. Для этого с помощью запорной арматуры контур системы отопления отсекается от подающего и обратного трубопроводов тепловой сети, а также от узла смешения, если таковой присутствует в тепловом пункте здания, и замыкается через теплоносный блок. Образуется последовательная связь отопительных приборов, трехходового клапана, испарителя ТНУ и циркуляционного насоса. Дополнительно для остановки неконтролируемой циркуляции через абонентский ввод выводится из работы теплообменник ГВС.

При помощи насоса организуется циркуляция теплоносителя в контуре. Теплоноситель охлаждается в испарителе, после чего восполняет отданное тепло за счет тепла здания. Собранное тепло передается в конденсатор уже с более высоким потенциалом, достаточным для нагрева воды, идущей на ГВС.

Для выравнивания графика потребления тепла предусматривается установка бака-аккумулятора. Несмотря на то, что современные ТНУ способны регулировать мощность в широком диапазоне и проходить график потребления тепла с незначительной инерцией, установка бака-аккумулятора и ТНУ, оснащенной минималь-

ным уровнем автоматике, является более бюджетным вариантом.

В случае, когда аккумулированного зданием тепла недостаточно для покрытия нагрузки ГВС, стабильность работы системы обеспечивается подпиткой контура горячим теплоносителем из подающего трубопровода тепловой сети через трехходовой клапан. Дефицит тепла может возникнуть при нагрузке ГВС, превышающей возможный объем тепловой энергии, который может быть воспринят отопительной системой, а также в ряде случаев, связанных с внешними климатическими изменениями и внутренними теплопоступлениями. Вытеснение холодного теплоносителя производится в обратный трубопровод тепловой сети перед трехходовым клапаном за счет разницы давлений.

Подпитка горячим теплоносителем в целом нежелательна, так как снижает общий экономический эффект. Однако она препятствует захлаживанию помещений, образованию конденсата на отопительных приборах и критичному снижению коэффициента преобразования (COP), к тому же характерна не для всех потребителей и делает определенную их часть полностью автономными по тепловой энергии.

Экспериментальная реализация системы производилась на основе изолированной части системы отопления корпуса энергетического



Рис. 2. Общий вид экспериментальной установки

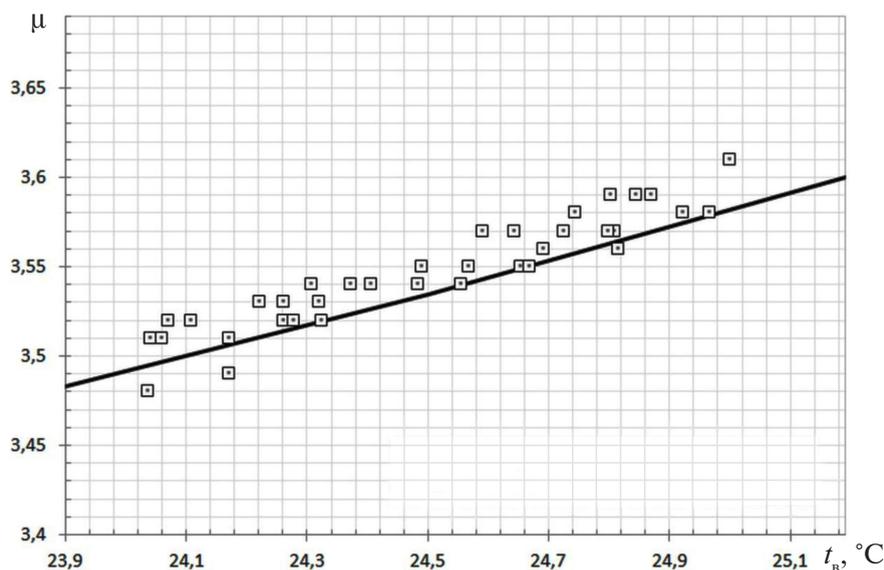


Рис. 3. Зависимость COP от температуры внутреннего воздуха
 (□ — экспериментальные данные; — — заложенная в модель зависимость)

факультета Забайкальского государственного университета (корпус №3) (рис. 2).

Исследования части отопительной системы в режиме теплоисточника за неотапливаемый период подтвердили возможность использовать ее в качестве низкопотенциального источника тепла и позволили сформировать алгоритм для нестационарной математической модели, учитывающий перетоки тепла между ТНУ, системой отопления, помещениями здания и окружающей средой. Модель послужила для оценки влияния ТНУ на температурный режим здания и расчета основных показателей системы с погрешностью, не превышающей 4 % [23].

В основу алгоритма легла сформированная эмпирическая зависимость COP от температуры внутреннего воздуха здания (рис. 3), подтвержденная экспериментально. Согласно данной зависимости для экспериментальной системы компенсации нагрузки ГВС, установленной в корпусе №3, характерен COP в интервале от 3,45 до 3,6. Вид кривой COP, близкий к линейному, дает возможность значительно упростить исходный алгоритм модели и составить доступные методические указания для внедрения подобных систем. Это, в свою очередь, дополнительно увеличивает доступность разработки для потребителей.

Технико-экономический эффект

В дальнейшем модель была использована при расчете всей отопительной системы корпуса №3 (среднесуточный расход тепла на ГВС 0,023 Гкал/час) с целью получения более полных технико-экономических показателей.

Корпус №3 — здание с объемной отопительной системой, рассчитанной на нагрузку 0,573 Гкал/час, что позволяет не производить подпитку контура отопления горячим теплоносителем в часы пониженных температур наружного воздуха, используя при этом избыток аккумулированного тепла из системы без критического захлаживания здания и делая ГВС полностью автономным относительно сетей теплоснабжения. Объем отопительной системы также положительно сказывается на COP, поднимая его среднестатистическое значение до 4.

На основании данных модели выявлено, что затраты при использовании стандартной схемы по меньшей мере в 3 раза превышают затраты при использовании ТНУ (см. таблицу). В связи с чем капитальные затраты на модернизацию системы отопления, составляющие по оценочным расчетам порядка 300 тыс. руб., окупаются за 2 года, а последующая экономия — около 150 тыс. руб. в год.

Технико-экономические показатели системы

Наименование показателя	Значения показателей в разные месяцы					
	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	год
Продолжительность работы, час	384	720	744	744	384	2976
Потери теплоты в тепловых сетях корпуса «Э» за период работы установки, Гкал	6,63	11,16	11,54	11,07	5,335	45,735
Среднесуточный расход тепла на ГВС корпуса «Э», Гкал/час	0,023					
Расход тепла на ГВС корпуса «Э», Гкал	8,6784	16,272	16,8144	16,8144	8,6784	67,2576
Суммарный расход тепла корпуса «Э», Гкал	15,3084	27,432	28,3544	27,8844	14,0134	112,9926
Расход электроэнергии на тепловой насос и циркуляционный насос, кВт·ч	2523,24	4731,08	4888,79	4888,79	2523,24	19555,1472
Тариф на тепловую энергию, руб./Гкал	1925					
Тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч	3,46					
Годовые издержки на электроэнергию, руб.	8730,43	16369,6	16915,2	16915,2	8730,43	67660,8093
Экономия затрат на тепловую энергию, руб.	29468,7	52806,6	54582,2	53677,5	26975,8	217510,755
Эффект от внедрения мероприятия, руб.	20738,2	36437	37667	36762,3	18245,4	149849,946
Капитальные вложения, руб.	300 000					

Такой эффект объясняется особенностями летнего режима теплоснабжения, при котором 40 % тепловой энергии, потребляемой корпусом №3, приходится на тепловые потери теплосетей в пределах границ эксплуатационной ответственности.

Для Читинской ТЭЦ-1, к сетям которой присоединен корпус, внедрение ТНУ позволит сократить затраты топлива на 11,1 т у.т./год за счет общего снижения тепловой нагрузки. Экономия топлива практически неощутима, если не брать в расчет, что рассматриваемый потребитель – один из 2800 абонентов, находящихся на балансе ТЭЦ и являющихся потенциально возможными объектами для внедрения системы компенсации нагрузки ГВС.

Заключение

Предложенная технология позволяет эффективно компенсировать нагрузку ГВС при минимальных капитальных затратах и простоте конструкции. Система также позволяет утилизировать избыточное тепло помещений в летний период и сокращает затраты энергии на кондиционирование, что свойственно только

дорогостоящим комплексным системам теплоснабжения.

Стоит отметить, что предложенная разработка не рассматривается как отдельный самостоятельный энергоэффективный проект, а представляет собой малозатратный и относительно доступный способ первоначальной эксплуатации ТНУ в условиях централизованного теплоснабжения, главным образом для привлечения внимания потребителя и постепенного внедрения ТНУ у всех абонентов в пределах каждой конкретной ТЭЦ с перспективой перехода системы на пониженный температурный график [24]. В частности, описанный способ реализуем как летний режим работы для проектов, использующих теплоту обратной сетевой воды ТЭЦ [10–14], для которых работа летом предусмотрена по стандартной схеме либо не эффективна, если не все потребители оборудованы ТНУ.

Круглогодичное комплексное использование таких решений позволит объединить положительные стороны проектов и значительно снизить сроки окупаемости. А высокая привлекательность технологий в подобных условиях может стать реальной поддержкой для проектов,

развитие которых необходимо для повышения эффективности теплофикации и сокращения доли потребляемых невозобновляемых ресурсов в энергетике страны.

Выводы

Для компенсации нагрузки ГВС в неотапительный период и в условиях централизованного теплоснабжения предложена универсальная система с применением ТНУ, использующая в качестве низкопотенциального источника энергии замкнутый контур системы отопления здания.

Основными достоинствами разработки являются: малозатратность; простота интеграции в существующие системы отопления; снижение

затрат на тепловую энергию за счет использования избыточного тепла здания; возможность комплексной эксплуатации с аналогичными разработками.

Экспериментальные исследования подтверждают возможность использования системы отопления в качестве низкопотенциального источника энергии. Моделирование работы системы для реального объекта показывает достижение среднегодового COP, равного 4, при сроке окупаемости капиталовложений 2 года.

Основной задачей разработки – привлечь внимание потребителя к технологии ТНУ для последующего ее развития в существующих комплексах «ТЭЦ-потребитель» и вывода теплофикации на качественно новый уровень.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Башмаков И.А. Анализ основных тенденций развития систем теплоснабжения России // Энергетическая политика. 2009. № 2. С. 10–25.
2. Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 23.11.2009 года.
3. Ильин Р.А., Ильин А.К. Комплексная оценка эффективности комбинированных теплоэнергетических установок // Проблемы энерго- и ресурсосбережения: сб. науч. тр. Саратов: Изд-во СГТУ, 2009. С. 233–241.
4. Овчинников Ю.В. Основы технической термодинамики. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. 292 с.
5. Гуроров В.Ф., Эфрос Е. И., Симою Л.Л. Повышение эффективности комбинированного производства тепла и электроэнергии // Энергосбережение. 2004. № 6. С. 30–31.
6. Липатов Ю.А. О государственной политике в теплоснабжении. Актуальные законодательные изменения // Новости теплоснабжения. 2014. №11. С. 6–7.
7. Минэнерго: Вынужденная тепловая генерация должна перестать существовать с 2016 г. [Электронный ресурс]: Информационное агентство «РБК». – Режим доступа: <http://www.rbc.ru/rbcfreenews/20140318123511.shtml> (дата обращения: 01.02.2016).
8. Минэнерго задумалось о сокращении мощности [Электронный ресурс]: Электронное периодическое издание «Ведомости» (Vedomosti). – Режим доступа: <http://www.vedomosti.ru/business/articles/2015/10/12/612336-minenergo-sokraschenii-moschnosti> (дата обращения: 01.02.2016).
9. Беляев А.С., Горбатова Е.К., Мухин Н.В. Снижение температурного графика тепловых сетей ТЭЦ // Энергосбережение и водоподготовка. 2014. № 1. С. 24–29.
10. Ротов П.В., Орлов М.Е., Шарапов В.И. О работе систем теплоснабжения без излома температурного графика // Энергосбережение и водоподготовка. 2012. №2. С. 12–17.
11. Патент РФ № 2170885. Система теплоэнергоснабжения / Данилов В.В., Славин В.С. Приоритет 17.07.2000.
12. Ротов П.В. О зонировании температурного графика центрального регулирования нагрузки теплофикационных систем // Промышленная энергетика. 2013. № 6. С. 21–25.
13. Николаев Ю.Е., Бакшеев А.Ю. Определение эффективности тепловых насосов, использующих теплоту обратной сетевой воды ТЭЦ // Промышленная энергетика. 2007. № 9. С. 14–17.
14. Козлов С.А. О применении ТНУ для использования тепла из обратного трубопровода теплосети ТЭЦ, или почему забыли про потребителя // Новости теплоснабжения. 2011. № 5. С. 32–33.
15. Кобылкин М.В., Батухтин С.Г., Кубряков К.А. Перспективное направление внедрения тепловых насосов // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 5-1 (24). С. 74–75.
16. Гвоздева М.А. Энергетическая грамотность населения России как фактор успешного развития государственной политики в сфере энергосбережения // Проблемы современной экономики (Новосибирск). 2011. № 3, Т. 1. С. 223–226.
17. Батухтин А.Г., Басс М.С., Батухтин С.Г. Методы повышения эффективности функционирования современных систем транспортировки, распре-

деления и потребления тепловой энергии // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2009. №2. С. 199–202.

18. **Петин В.В., Батухтин А.Г., Калугин А.В., Сафронов П.Г.** Современные технологии использования электрической энергии в системах централизованного теплоснабжения // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2010. №4(110). С. 32–38.

19. **Сафронов П.Г., Батухтин А.Г., Иванов С.А.** Использование теплового насоса в тепловых схемах тепловых электростанций // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2009. № 2. С. 202–204.

20. **Патент РФ № 2561846.** Способ горячего водоснабжения / Батухтин А.Г., Кобылкин М.В., Батухтин С.Г. Приоритет 10.09.2015.

21. **Батухтин А.Г., Иванов С.А., Кобылкин М.В.** Применение водяных теплонасосных установок с неклассическим источником низкопотенциальной

энергии для компенсации нагрузки горячего водоснабжения // Промышленная энергетика. 2015. № 3. С. 18–21.

22. **Батухтин А.Г., Иванов С.А., Кобылкин М.В., Миткус А.В.** Повышение эффективности современных систем теплоснабжения // Вестник Забайкальского государственного университета. 2013. № 9. С. 112–120.

23. **Батухтин А.Г., Батухтин С.Г., Кобылкин М.В., Сафронов П.Г.** Энергоэффективная система теплоснабжения. Задачи и проблемы математического моделирования // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. 2015. №2. С. 157–160.

24. **Батухтин А.Г., Кобылкин М.В., Батухтин С.Г., Сафронов П.Г.** Современные технологии энергосбережения в комплексе «ТЭС-потребитель» // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 5-2 (36). С. 20–23.

REFERENCES

1. **Bashmakov I.A.** Analiz osnovnykh tendentsiy razvitiya sistem teplosnabzheniya Rossii. [The analysis basic tendencies of heat supply systems development]. *Energeticheskaya politika*, 2009. № 2. S. 10–25. (rus)

2. **Federalnyy zakon No 261-FZ «Ob energosberezhenii i o povyshenii energeticheskoy effektivnosti i vnesenii izmeneniy v otdelnyye zakonodatelnyye akty Rossiyskoy federatsii» ot 23.11.2009 goda.** [The federal law of the Russian Federation No 261-FZ «On energy saving and energy efficiency improvements and amendments to some legislative acts of the Russian Federation», 2009, 23 November]. (rus)

3. **Ilin R.A., Ilin A.K.** Kompleksnaya otsenka effektivnosti kombinirovannykh teploenergeticheskikh ustanovok. [Comprehensive assessment of the effectiveness of combined heat and power plants]. *Problemy energo- i resursosberezheniya: sb. nauch. tr.* Saratov: Izd-vo SSTU. 2009. S. 233–241. (rus)

4. **Ovchinnikov Ju.V.** Osnovy tehnikeskoy termodinamiki. [Basics of technical thermodynamics]. Novosibirsk: Izd-vo NSTU, 2010. 292 s. (rus)

5. **Gutorov V. F., Jefros E. I., Simoju L. L.** Povysheniye effektivnosti kombinirovannogo proizvodstva tepla i elektroenergii. [Improving the efficiency of the combined production of heat and electricity]. *Energosberezhenie*. 2004. № 6. S. 30–31. (rus)

6. **Lipatov Yu.A.** O gosudarstvennoy politike v teplosnabzhenii. Aktualnyye zakonodatelnyye. [About a state policy in heat supply. Recent legislative changes]. *Novosti teplosnabzheniya*. 2014. № 11. S. 6–7. (rus)

7. **Minenergo.** Vynuzhdennaya teplovaya generatsiya dolzhna perestat sushchestvovat s 2016g. [Energy Ministry: Forced heat generation should cease to exist from 2016]. Available at: <http://www.rbc.ru/rbcfree/news/20140318123511.shtml> (Accessed 01.02.2016) (rus)

8. **Minenergo zadumalos o sokrashchenii moshchnosti.** [Energy Ministry think about reducing power]. Available at: <http://www.vedomosti.ru/business/articles/2015/10/12/612336-minenergo-sokraschenii-moshchnosti> (Accessed 01.02.2016) (rus)

9. **Belyayev A.S., Gorbatova E.K., Muhin N.V.** Snizheniye temperaturnogo grafika teplovykh setey TETs. [The decrease of the temperature schedule of the heat network of thermal power station]. *Energosberezhenie i vodopodgotovka*. 2014. № 1. S. 24–29. (rus)

10. **Rotov P.V., Orlov M.E., Sharapov V.I.** O rabote sistem teplosnabzheniya bez izloma temperaturnogo grafika. [About work the heating systems without thermal break schedule]. *Energosberezhenie i vodopodgotovka*. 2012. № 2. S. 12–17. (rus)

11. **Patent of the Russian Federation No. 2170885** Danilov V.V., Slavin V.S. Sistema teplojenergosnabzheniya [Heat and power supply system]. Priority of 17.07.2000. (rus)

12. **Rotov P.V.** O zonirovanii temperaturnogo grafika tsentralnogo regulirovaniya nagruzki teplofikatsionnykh sistem. [Zoning temperature chart of the central load regulation of cogeneration systems]. *Promyshlennaya energetika*. 2013. № 6. S. 21–25. (rus)

13. **Nikolaev Yu.Ye., Baksheev A.Yu.** Opredeleniye effektivnosti teplovykh nasosov, ispolzuyushchikh teplotu obratnoy setevoy vody TETs. [Definition of efficiency of thermal pumps using heat of return network water of thermal power station]. *Promyshlennaya energetika*. 2007. № 9. S. 14–17. (rus)

14. **Kozlov S.A.** O primenении TNU dlya ispolzovaniya tepla iz obratnogo truboprovoda teploseti TETs, ili pochemu zabyli pro potrebitelya. [About application heat pumps for heat from a heating system return pipe CHP, or why forget about consumer]. *Novosti teplosnabzheniya*, 2011. № 5. S. 32–33. (rus)

15. **Kobytkin M.V., Batukhtin S.G., Kubryakov K.A.**, Perspektivnoye napravleniye vnedreniya teplovykh nasosov. [Perspective direction of the introduction of heat pumps]. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. 2014. № 5-1 (24). S. 74–75. (rus)
16. **Gvozdeva M.A.** Energeticheskaya gramotnost naseleniya Rossii kak faktor uspeshnogo razvitiya gosudarstvennoy politiki v sfere energosberezheniya. [Energy literacy of the Russian population as a factor in the successful development of the state policy in the field of energy saving]. *Problemy sovremennoj ekonomiki* (Novosibirsk). 2011. № 3-1. S. 223–226. (rus)
17. **Batuhtin A.G., Bass M.S., Batuhtin S.G.** Metody povysheniya effektivnosti funkcionirovaniya sovremennykh sistem transportirovki, raspredeleniya i potrebeniya teplovoj energii. [Methods of increasing of operation efficiency of the modern systems of the transportation, distribution and consumption of heat energy]. *Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dalnego Vostoka*. 2009. № 2. S. 199–202. (rus)
18. **Petin V.V., Batuhtin A.G., Kalugin A.V., Safronov P.G.** Sovremennyye tekhnologii ispolzovaniya elektricheskoy energii v sistemakh tsentralizovannogo teplosnabzheniya. [Modern technologies of use of electrical energy in the district heating system]. *Nauchno-tehnicheskie vedomosti SPbGPU*. 2010. №4(110). S. 32–38. (rus)
19. **Safronov P.G., Batuhtin A.G., Ivanov S.A.** Ispolzovaniye teploвого nasosa v teplovykh skhemakh teplovykh elektrostantsiy. [The use of the thermal pump in thermal schemes of thermal power station]. *Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dalnego Vostoka*. 2009. № 2. S. 202–204. (rus)
20. **Batukhtin A.G., Kobytkin M.V., Batukhtin S.G.** [A method of hot water supply] Patent of the Russian Federation № 2561846. Priority of 10.09.2015. (rus)
21. **Batukhtin A.G., Ivanov S.A., Kobytkin M.V.** Primeneniye vodyanykh teplonasosnykh ustanovok s neklassicheskim istochnikom nizkopotentsialnoy energii dlya kompensatsii nagruzki goryachego vodosnabzheniya. [The use of water heat pump systems with non-classical source of low potential energy to compensate for the load of hot water supply]. *Promyshlennaya energetika*. 2015. № 3. S. 18–21. (rus)
22. **Batukhtin A.G., Ivanov S.A., Kobytkin M.V., Mitkus A.V.** Povysheniye effektivnosti sovremennykh sistem teplosnabzheniya. [Improving the efficiency of modern heating systems]. *Vestnik Zabajkalskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2013. №9. S. 112–120. (rus)
23. **Batukhtin A.G., Batukhtin S.G., Kobytkin M.V., Safronov P.G.** Energoeffektivnaya sistema teplosnabzheniya. Zadachi i problemy matematicheskogo modelirovaniya. [Energy-efficient heating system. Challenges and problems of mathematical modeling]. *Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dalnego Vostoka*. 2015. № 2. S. 157–160. (rus)
24. **Batukhtin A.G., Kobytkin M.V., Batukhtin S.G., Safronov P.G.** Sovremennyye tekhnologii energosberezheniya v komplekse «TES-potrebitel». [Modern energy-saving technology in the complex «HPP-consumer»]. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. 2015. № 5-2 (36). S. 20–23. (rus)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ/AUTHORS

БАТУХТИН Андрей Геннадьевич – кандидат технических наук старший научный сотрудник Забайкальского государственного университета
672039, г. Чита, ул. Александрo-Заводская, д. 30.
E-mail: batuhtina_ir@mail.ru

BATUKHTIN Andrey G. – Transbaikal state university.
30, Aleksandro-Zavodskaja St., Chita, Russia, 672039.
E-mail: batuhtina_ir@mail.ru

КОБЫЛКИН Михаил Владимирович – инженер Забайкальского государственного университета
672039, г. Чита, ул. Александрo-Заводская, д. 30.
E-mail: mkchita@gmail.com

KOBYLKIN Mikhail V. – Transbaikal state university.
30, Aleksandro-Zavodskaja St., Chita, Russia, 672039.
E-mail: mkchita@gmail.com

БАРАНОВСКАЯ Марина Геннадьевна – аспирант Забайкальского государственного университета
672039, г. Чита, ул. Александрo-Заводская, д. 30.
E-mail: mak.b192@yandex.ru

BARANOVSKAIA Marina G. – Transbaikal state university.
30, Aleksandro-Zavodskaja St., Chita, Russia, 672039.
E-mail: mak.b192@yandex.ru