

© О. А. СТЕПАНОВ, П. А. ТРЕТЬЯКОВА

Тюменский государственный архитектурно-строительный университет
kpt@tgasu.ru, polina_tret@mail.ru

УДК 620.91

СИСТЕМА ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

DISTRICT HEATING SUPPLY SYSTEM USING HEAT PUMPS

В статье представлено техническое решение, разработанное на основе внедрения теплонасосных установок, направленное на повышение экономичности системы централизованного теплоснабжения удаленных потребителей тепловой энергии. Приведены показатели тепловой экономичности, позволяющие сравнить различные схемы применения тепловых насосов в системах теплоснабжения (в качестве пиковых источников, для снижения температурного графика теплосети, а также применение тепловых насосов, использующих обратную сетевую воду в качестве источника низкопотенциального тепла).

The paper presents a technical solution aimed at improving the efficiency of the district heating system of remote heat consumers through the introduction of heat pump systems. The indexes of thermal efficiency that allow to compare various schemes of application of heat pumps in heating systems (the use of heat pumps as peak sources, the use of heat pumps with the reverse network water as a low-grade heat source, the use of heat pumps for reducing the temperature chart of district heating) are performed.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Система централизованного теплоснабжения, тепловой насос, тепловые сети, энергосбережение.

KEY WORDS. District heating system, heat pump, heat supply networks, energy saving.

Выбор основных источников энергии при проектировании и создании энергоэффективных систем теплоснабжения жилых и общественных зданий является, по сути, наиболее ответственной задачей, поскольку основной целью Федерального закона от 23.11.2009 № 261-ФЗ [10] является уменьшение объема используемых ресурсов, потребляемых на нужды теплоснабжения при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования.

Целью данной статьи является новое техническое решение, направленное на повышение экономичности системы централизованного теплоснабжения удаленных потребителей тепловой энергии с использованием теплонасосных установок.

Известно большое число систем теплоснабжения с применением тепловых насосов [7]:

- в качестве пиковых источников [2];
- использующих обратную сетевую воду в качестве источника низкопотенциального тепла [1, 3, 4, 5];
- для снижения температурного графика теплосети [6].

Все приведенные способы теплоснабжения имеют свои достоинства, недостатки и области применения. Но для удаленных потребителей тепловой энергии они уступают системе теплоснабжения, в которой вторичные энергетические ресурсы ТЭЦ используются в качестве источника низкопотенциального тепла для тепловых насосов [8, 9].

Разработанное техническое решение приводит к экономичности системы централизованного теплоснабжения. Это достигается за счет того, что такая система включает ТЭЦ, соединенную трубопроводом сетевой воды с удаленными тепловыми пунктами, в каждом из которых содержатся теплонасосные установки для системы отопления и горячего водоснабжения. Сетевая вода нагревается в теплообменниках ТЭЦ за счет утилизации тепла, отводимого от конденсатора паровой турбины, и от охлаждающей воды оборудования и механизмов энергоблока. Часть теплоносителя, отдавшего свое тепло теплонасосным установкам тепловых пунктов, возвращается на ТЭЦ по обратному трубопроводу сетевой воды, а часть забирается системой горячего водоснабжения потребителей. На вход испарителя теплового насоса системы горячего водоснабжения направляется вода бытовых стоков потребителя, а прямая сетевая вода — в испаритель только при отсутствии или нехватке тепла бытовых стоков.

Теплонасосная установка системы отопления включает в себя как тепловой насос, с испарителем и конденсатором, причем вход испарителя подключен к трубопроводу прямой сетевой воды, выход испарителя подключен к трубопроводу обратный сетевой воды, а конденсатор подключен к тепловому потребителю.

Теплонасосная установка системы горячего водоснабжения включает в себя тепловой насос с испарителем и конденсатором: вход испарителя подключен к трубопроводу прямой сетевой воды и к трубопроводу бытовых сточных вод, отводимых от потребителя; выход испарителя — к трубопроводу обратный сетевой воды; вход конденсатора — к трубопроводу прямой сетевой воды; выход конденсатора — к баку-аккумулятору горячей воды.

Подпиточная вода для восполнения отобранного теплоносителя и утечек перед химводоочисткой поступает в теплообменник, где нагревается за счет утилизации тепла системы охлаждения узлов и механизмов электростанции и тепла, отводимого от конденсатора паровой турбины.

Система включает в себя баки-аккумуляторы: горячей воды системы отопления, воды системы ХВС и горячей воды системы ГВС.

На рисунке 1 изображена одна из возможных систем централизованного теплоснабжения, реализующая предлагаемый способ.

Исходная вода подается по трубопроводу через теплообменник (2) на установку для очистки воды (3) и добавляется в бак запаса воды (4), куда также поступает вода из обратного трубопровода (6). Сетевая вода из бака запаса воды (4) нагревается в конденсаторе паровой турбины (1) и транспортируется по сетевому трубопроводу (3) до удаленных тепловых пунктов, оборудованных компрессионными тепловыми насосами, а невостребованная вода охлаждается в градирне (5).

В тепловом насосе системы отопления низкопотенциальную теплоту воды трубопровода прямой сетевой воды передают рабочему телу теплового насоса в испарителе; охлажденная в результате этого вода поступает в обратный трубопровод. Конденсацию рабочего тела теплового насоса системы отопления производят обратной водой от теплового потребителя (11).

В тепловом насосе системы горячего водоснабжения рабочему телу теплового насоса в испарителе передают теплоту бытовых сточных вод и/или трубо-

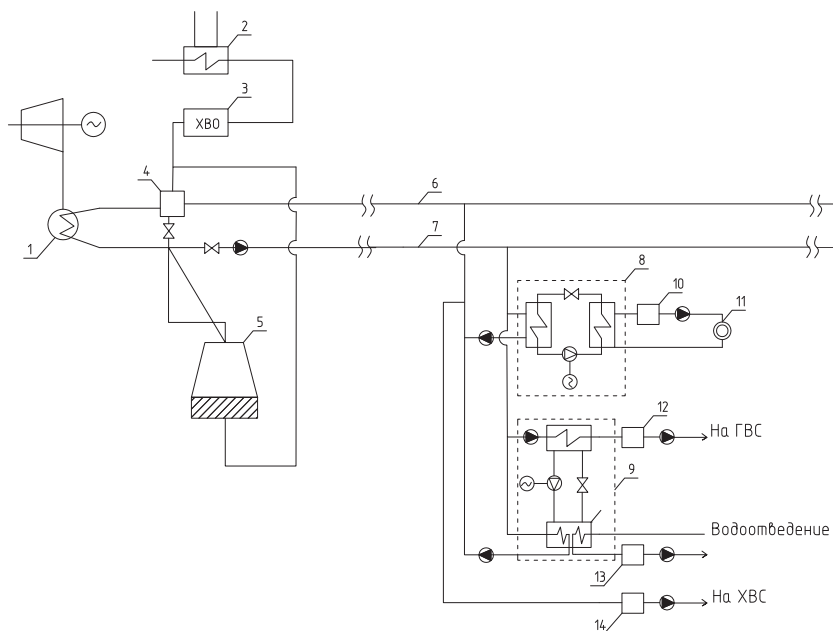


Рис. 1. Система теплоснабжения с использованием тепловых насосов: конденсатора паровой турбины ТЭЦ (1), теплообменника системы охлаждения узлов и механизмов (2), установки для очистки воды (3), бака запаса воды (4), градирни (5), прямого (6) и обратного (7) трубопроводов сетевой воды, удаленных тепловых пунктов и тепловых потребителей (11). Каждый такой пункт содержит теплонасосные установки системы отопления и системы ГВС, бак-аккумулятор горячей (12) и холодной воды (13), бак-аккумулятор горячей воды системы отопления (10)

провода прямой сетевой воды; охлажденную в результате этого воду подают в трубопровод обратной сетевой воды, а сточные воды уходят в канализацию. Конденсацию рабочего тела теплового насоса системы горячего водоснабжения осуществляют водой, подаваемой из трубопровода прямой сетевой воды (3). Сетевую воду, нагретую в конденсаторе до температуры горячего водоснабжения, направляют в бак-аккумулятор горячей воды (12).

Из трубопровода обратной сетевой воды при необходимости забирается холодная вода, которая заполняет бак-аккумулятор (13) и насосом направляется потребителю.

Оценка предложенных схемных решений применения ТП предлагается осуществлять по показателям тепловой экономичности системы ПГУ-ТЭЦ — теплотрасса — ЦТП — потребитель:

- изменение коэффициента использования теплоты топлива (КИТТ) — доля теплоты, содержащейся в топливе, полезно используемой на выработку электроэнергии и тепла;
- изменение удельной выработки электроэнергии на тепловом потреблении Δ [мВт/Гкал] [мВтЭЭ/мВтТЭ].

Рассмотрим данные показатели при известном тепловом потреблении и модернизированной схеме.

1а) Использование ТНУ, в которой источником низкопотенциального тепла является обратная сетевая вода, или применение ТНУ для подогрева теплоносителя, пришедшего от ТЭЦ.

Необходимая потребителям нагрузка вырабатывается с использованием ТН, при этом снижаются потери по трассе, а также расход пара, влекущий увеличение выработки электроэнергии, но часть ее затрачивается на привод компрессоров ТНУ.

Электрическая мощность, дополнительно затрачиваемая в связи с использованием ТНУ в ЦТП на привод компрессора, равняется:

$$N_{к2} = \frac{\sum Q_{тну\ ЦТП}}{\varphi_{тну\ ЦТП}}.$$

Суммарная тепловая мощность ТНУ складывается из количества тепловой энергии, приходящей из источника низкопотенциального тепла и электрической мощности компрессора. Т. к. тепловой насос использует не сбросное тепло, а тепло от ТЭЦ, то экономия ее тепловой энергии составит лишь ту долю, которая пришла от электроэнергии:

$$Q_{тну} = Q_{компр} + Q_{инпт}, \quad Q_{компр} = 1/\varphi_{тну\ цтп},$$

$$\Delta N_{пт2} = \frac{Q_{тну\ цтп} \frac{1}{\varphi_{тну\ цтп}}}{\varphi_{ТЭЦ}} = \frac{Q_{тну\ цтп}}{\varphi_{ТЭЦ} \cdot \varphi_{тну\ цтп}}.$$

Изменения в выработке электроэнергии за счет ТНУ в ЦТП:

$$\Delta N_{\text{ТНУ ЦТП}} = \Delta N_{\text{ПТ2}} - N_{\text{к2}} = \frac{\sum Q_{\text{ТНУ ЦТП}}}{\varphi_{\text{ТЭЦ}} \cdot \varphi_{\text{ТНУ ЦТП}}} - \frac{\sum Q_{\text{ТНУ ЦТП}}}{\varphi_{\text{ТНУ ЦТП}}}.$$

Электрическая мощность, вырабатываемая дополнительно за счет снижения потерь при транспорте:

$$\Delta N_{\text{тр}} = \frac{Q_{\text{тр}} - Q_{\text{тр}}'}{\varphi_{\text{ТЭЦ}}},$$

где $Q_{\text{тр}}$ — потери при транспорте тепловой энергии с низкой температурой теплоносителя.

Изменение электрической мощности ПТУ:

$$\begin{aligned} \Delta N_{\text{мэц+мну}} &= \Delta N_{\text{тр}} + \Delta N_{\text{ТНУ ЦТП}} = \frac{Q_{\text{тр}} - Q_{\text{тр}}'}{\varphi_{\text{ТЭЦ}}} + \frac{\sum Q_{\text{ТНУ ЦТП}}}{\varphi_{\text{ТЭЦ}} \cdot \varphi_{\text{ТНУ ЦТП}}} - \frac{\sum Q_{\text{ТНУ ЦТП}}}{\varphi_{\text{ТНУ ЦТП}}} = \\ &= \frac{\Delta Q_{\text{тр}}}{\varphi_{\text{ТЭЦ}}} + \frac{\sum Q_{\text{ТНУ ЦТП}}}{\varphi_{\text{ТЭЦ}} \cdot \varphi_{\text{ТНУ ЦТП}}} - \frac{\sum Q_{\text{ТНУ ЦТП}}}{\varphi_{\text{ТНУ ЦТП}}}. \end{aligned}$$

Тогда изменение выработки электроэнергии на тепловом потреблении для ТЭЦ с ТН составит:

$$\begin{aligned} \Delta \mathcal{E} = \mathcal{E} - \mathcal{E}' &= \frac{\Delta N + \Delta N_{\text{мэц+мну}}}{Q_{\text{уст}}} - \frac{\Delta N}{Q_{\text{уст}}} = \frac{\Delta N + \Delta N_{\text{мэц+мну}} - \Delta N}{Q_{\text{уст}}} = \frac{\Delta N_{\text{мэц+мну}}}{Q_{\text{уст}}} = \\ &= \frac{1}{Q_{\text{уст}}} \left(\frac{\Delta Q_{\text{тр}}}{\varphi_{\text{ТЭЦ}}} + \frac{\sum Q_{\text{ТНУ ЦТП}}}{\varphi_{\text{ТЭЦ}} \cdot \varphi_{\text{ТНУ ЦТП}}} - \frac{\sum Q_{\text{ТНУ ЦТП}}}{\varphi_{\text{ТНУ ЦТП}}} \right). \end{aligned}$$

б) В ТНУ в качестве источника низкопотенциального тепла используется сбросное тепло ТЭЦ, поэтому:

$$\Delta N_{\text{ПТ2}} = \frac{\sum Q_{\text{ТНУ ЦТП}}}{\varphi_{\text{ТЭЦ}}}.$$

Изменение в выработке электроэнергии за счет ТНУ в ЦТП:

$$\begin{aligned} \Delta N_{\text{ТНУ ЦТП}} &= \Delta N_{\text{ПТ2}} - N_{\text{к2}} = \frac{\sum Q_{\text{ТНУ ЦТП}}}{\varphi_{\text{ТЭЦ}}} - \frac{\sum Q_{\text{ТНУ ЦТП}}}{\varphi_{\text{ТНУ ЦТП}}} = \\ &= \sum Q_{\text{ТНУ ЦТП}} \left(\frac{1}{\varphi_{\text{ТЭЦ}}} - \frac{1}{\varphi_{\text{ТНУ ЦТП}}} \right). \end{aligned}$$

Изменение электрической мощности ПТУ:

$$\begin{aligned}\Delta N_{mэц+тну} &= \Delta N_{mp} + \Delta N_{тну \text{ ЦТП}} = \frac{Q_{mp} - Q_{mp}'}{\varphi_{ТЭЦ}} + \sum Q_{тну \text{ ЦТП}} \left(\frac{1}{\varphi_{ТЭЦ}} - \frac{1}{\varphi_{тну \text{ ЦТП}}} \right) = \\ &= \frac{\Delta Q_{mp} + \sum Q_{тну \text{ ЦТП}}}{\varphi_{ТЭЦ}} - \frac{\sum Q_{тну \text{ ЦТП}}}{\varphi_{тну \text{ ЦТП}}}.\end{aligned}$$

Тогда изменение выработки электроэнергии на тепловом потреблении для ПГУ-ТЭЦ с ТН составит:

$$\begin{aligned}\Delta \mathcal{E} = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E} &= \frac{\Delta N + \Delta N_{mэц+тну}}{Q_{уст}} - \frac{\Delta N}{Q_{уст}} = \frac{\Delta N + \Delta N_{mэц+тну} - \Delta N}{Q_{уст}} = \frac{\Delta N_{mэц+тну}}{Q_{уст}} = \\ &= \frac{1}{Q_{уст}} \left(\frac{\Delta Q_{mp} + \sum Q_{тну \text{ ЦТП}}}{\varphi_{ТЭЦ}} - \frac{\sum Q_{тну \text{ ЦТП}}}{\varphi_{тну \text{ ЦТП}}} \right).\end{aligned}$$

2. Коэффициент использования теплоты топлива (КИТТ) — доля теплоты, содержащаяся в топливе, полезно используемая на выработку электроэнергии и тепла. Другими словами отношение:

$$\text{КИТТ} = \frac{W_{\text{системы}}^{\Sigma} + Q_{\text{системы}}^{\Sigma}}{B_{\text{района}}} = \eta_{\text{района}}^{\mathcal{E}} + \eta_{\text{района}}^{\text{T}},$$

где $B_{\text{района}} = B_{\mathcal{E}}^{\Sigma} + B_{\text{T}}^{\Sigma}$ — потребление топлива;

$B_{\mathcal{E}}^{\Sigma}$ — расход топлива на производство и доставку электроэнергии;

B_{T}^{Σ} — то же по теплу;

$W_{\text{системы}}^{\Sigma}$ и $Q_{\text{системы}}^{\Sigma}$ — электро- и теплоснабжение района.

Изменение коэффициента использования теплоты топлива — это отношение дополнительно выработанной электрической энергии к теплоте топлива, сжигаемого в камерах сгорания газовых турбин:

$$\Delta \text{КИТТ} = \frac{\Delta N}{Q_{\text{тот}}}.$$

а) В ТНУ в качестве источника низкопотенциального тепла используется обратная сетевая вода, или осуществляется теплоноситель, пришедший от ТЭЦ:

$$\begin{aligned}\Delta N &= \frac{\Delta Q_{mp}}{\varphi_{ТЭЦ}} + \frac{\sum Q_{тну \text{ ЦТП}}}{\varphi_{ТЭЦ} \cdot \varphi_{тну \text{ ЦТП}}} - \frac{\sum Q_{тну \text{ ЦТП}}}{\varphi_{тну \text{ ЦТП}}}, \\ \Delta \text{КИТТ} &= \frac{1}{Q_{\text{тот}}} \cdot \left(\frac{\Delta Q_{mp}}{\varphi_{ТЭЦ}} + \frac{\sum Q_{тну \text{ ЦТП}}}{\varphi_{тну \text{ ЦТП}} \cdot \varphi_{ТЭЦ}} - \frac{\sum Q_{тну \text{ ЦТП}}}{\varphi_{тну \text{ ЦТП}}} \right).\end{aligned}$$

б) В ТНУ в качестве источника низкопотенциального тепла используется сбросное тепло ТЭЦ, поэтому:

$$\Delta N_{mэц+mну} = \Delta N_{mp} + \Delta N_{\text{тну ЦТП}} = \frac{Q_{mp} - Q_{mp}'}{\varphi_{\text{ТЭЦ}}} + \sum Q_{\text{тну ЦТП}} \left(\frac{1}{\varphi_{\text{ТЭЦ}}} - \frac{1}{\varphi_{\text{тну ЦТП}}} \right),$$
$$\Delta \text{КИТТ} = \frac{1}{Q_{\text{тот}}} \cdot \left(\frac{\Delta Q_{mp}}{\varphi_{\text{ТЭЦ}}} + \sum Q_{\text{тну ЦТП}} \left(\frac{1}{\varphi_{\text{ТЭЦ}}} - \frac{1}{\varphi_{\text{тну ЦТП}}} \right) \right).$$

Выводы

В данной работе:

1) разработана система теплоснабжения, заключающаяся в транспорте по сетевому трубопроводу до удаленных тепловых пунктов низкопотенциального теплоносителя от ТЭЦ (полученного от утилизации тепла, отводимого от конденсатора паровой турбины, и от воды, охлаждающей оборудование и механизмы энергоблока). Каждый тепловой пункт оборудован парокомпрессионными тепловыми насосами системы отопления и горячего водоснабжения. Часть теплоносителя, отдавшего свое тепло теплонасосным установкам рассматриваемых пунктов, возвращается на ТЭЦ по обратному трубопроводу сетевой воды, а часть забирается системой горячего водоснабжения потребителей;

2) предложены показатели тепловой экономичности системы ПГУ-ТЭЦ — теплотрасса — ЦТП, позволяющие оценить эффективность применения предложенной системы теплоснабжения: изменение коэффициента использования теплоты топлива и удельной выработки электроэнергии на тепловом потреблении;

3) авторы пришли к заключению, что интеграция технологии тепловых насосов в систему комбинированной выработки тепловой и электрической энергии приведет к увеличению выработки электроэнергии за счет снижения потерь в теплотрассах при снижении температуры теплоносителя в магистралях, а также к увеличению пропускной способности тепловой сети при том же расходе. Повышение эффективности использования энергии топлива способствует снижению выбросов CO₂. Переход на низкотемпературный график в тепловых магистралях помимо снижения тепловых потерь приведет к увеличению ресурса, снижению аварийности теплотрасс и их стоимости за счет использования более дешевых теплоизолирующих материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданов А. Б. Применение тепловых насосов в «большой» энергетике / А. Б. Богданов // Эффективность систем жизнеобеспечения города: материалы X Всерос. науч.-практ. конф. (25-26 ноября). Красноярск. 2009. № 4. С. 20-23.
2. Пат. 2467257 Российская Федерация, МПК 7 F 24 D 3/08. Способ теплоснабжения / М. Е. Орлов, В. И. Шарапов, П. Е. Чаукин, В. А. Мордовин. № 2011123023/12; заявл. 07.06.2011; опубл. 20.11.2012. Бюл. № 32. 6 с.
3. Пат. 2170885 Российская Федерация, МПК 7 F 24 D 15/04, F 01 K 17/02. Система теплоэнергоснабжения / В. В. Данилов, В. С. Славин. № 2000118569/06; заявл. 17.07.2000; опубл. 20.07.2001. Бюл. № 18. 6 с.

4. Пат. 2239129 Российская Федерация, МПК 7 F 24 D 3/08. Способ теплоснабжения / В. А. Стенин. № 2003102574/06; заявл. 30.01.2003; опубл. 30.01.2003. Бюл. № 22. 6 с.
5. Пат. 2266479 Российская Федерация, МПК 7 F 24 D 3/08. Способ теплоснабжения / В. А. Стенин. № 2004116406/03; заявл. 31.05.2004; опубл. 20.12.2005. Бюл. № 35. 7 с.
6. Пат. 2163327 Российская Федерация, МПК 7 F 24 D 3/08. Способ централизованного теплоснабжения / В. Г. Томилов, Ю. Л. Пугач, Г. В. Ноздренко, Л. И. Пугач, Ю. В. Овчинников, П. А. Щинников, В. А. Капустин, Е. А. Евтушенко, И. Н. Сазонов, А. А. Ловцов, Ю. С. Травников, С. С. Школьников. № 2000107258/06; заявл. 23.03.2000; опубл. 20.02.2001. Бюл. № 35. 7 с.
7. Третьякова П. А. Современные подходы к модернизации централизованного теплоснабжения на основе внедрения теплонасосных установок / П. А. Третьякова // Омский научный вестник. 2014. № 2 (130). С. 178-182.
8. Третьякова П. А. Энергосбережение на курганской ТЭЦ-2 за счет утилизации низкопотенциальной теплоты / П. А. Третьякова // Омский научный вестник. 2014. № 2 (130). С. 182-185.
9. Третьякова П. А. Анализ вторичных энергетических ресурсов курганской ТЭЦ-2 / П. А. Третьякова // Энерго- и ресурсосбережение в теплоэнергетике и социальной сфере: материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов, ученых. 2013. № 1. С. 280-281.
10. Федеральный закон от 23.11.2009 № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» // Российская газета. 2009. № 5050. С. 70

REFERENCES

1. Bogdanov A. B. Primenenie teplovykh nasosov v "bol'shoj" jenergetike [The Use of Heat Pumps in the "Big" Energy] // Jefferktivnost' sistem zhizneobespechenija goroda: materialy X Vseros. nauch.-prakt. konf. [Efficiency of City Life Support Systems: Proceedings of the X Scientific and Practical Conference (25-26 November)]. Krasnoyarsk. 2009. No 4. Pp. 20-23. (In Russian)
2. Pat. 2467257 RF, МПК 7 F 24 D 3/08. Sposob teplosnabzhenija [A Method of Heating] / M. E. Orlov, V. I. Sharapov, P. E. Chaukin, V. A. Mordovin. No 2011123023/12; appl. 07.06.2011; publ. 20.11.2012. Bull. No 32. 6 p. (In Russian)
3. Pat. 2170885 RF, МПК 7 F 24 D 15/04, F 01 K 17/02. Sistema teplojenergосnabzhenija [Heat and Power Supply System] / V. V. Danilov, V. S. Slavin. No 2000118569/06; appl. 17.07.2000; publ. 20.07.2001. Bull. No 18. 6 p. (In Russian)
4. Pat. 2239129 RF, МПК 7 F 24 D 3/08. Sposob teplosnabzhenija [A Method of Heating] / V. A. Stenin. No 2003102574/06; appl. 30.01.2003; publ. 30.01.2003. Bull. No 22. 6 p. (In Russian)
5. Pat. 2266479 RF, МПК 7 F 24 D 3/08. Sposob teplosnabzhenija [A Method of Heating] / V. A. Stenin. No 2004116406/03; appl. 31.05.2004; publ. 20.12.2005. Bull. No 35. 7 p. (In Russian)

6. Pat. 2163327 RF, МПК7 F 24 D 3/08. Sposob centralizovannogo teplosnabzhenija [The Method of District Heating] / V. G. Tomilov, Yu. L. Pugach, G. V. Nozdrenko, L. I. Pugach, Yu. V. Ovchinnikov, P. A. Shhinnikov, V. A. Kapustin, E. A. Yevtushenko, I. N. Sazonov, A. A. Lovcov, Ju. S. Travnikov, S. S. Shkol'nikov. No 2000107258/06; appl. 23.03.2000; publ. 20.02.2001. Bull. No 35. 7 p. (In Russian)
7. Tretyakova P. A. Sovremennye podhody k modernizacii centralizovannogo teplosnabzhenija na osnove vnedrenija teplonasosnyh ustanovok [Modern Approaches to Modernization of District Heating Systems Through Introduction of Heat Pump Systems] // Omskij nauchnyj vestnik [Omsk Scientific Herald]. 2014. No 2 (130). Pp. 178-182. (In Russian)
8. Tretyakova P. A. Jenergoberezenie na kurganskoj TJeC-2 za schet utilizacii nizkopotencial'noj teploty [Energy Saving on the Kurgan CHPP-2 by Utilizing Low-potential Heat] // Omskij nauchnyj vestnik [Omsk Scientific Herald]. 2014. No 2 (130). Pp. 182-185. (In Russian)
9. Tretyakova P. A. Analiz vtorichnyh jenergeticheskikh resursov kurganskoj TJeC-2 [Analysis of Secondary Energy Resources on the Kurgan CHPP-2] // Jenergo- i resursosberezhenie v teplojenergetike i social'noj sfere: materialy mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoi konferencii studentov, aspirantov, uchenykh [Energy and Resource Saving in Heat Power and Social Sectors: Proceedings of the International Scientific-technical Conference of Students, Graduate Students, Researchers]. 2013. No 1. Pp.280-281. (In Russian)
10. Federal'nyj zakon No 261-FZ "Ob jenergoberezenii i o povyshenii jenergeticheskoi jeffektivnosti i o vnesenii izmenenij v otдел'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii" [Federal Law No 261-FZ "On Energy Saving and Energy Efficiency Improvement and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation"] Dated 23.11.2009 // Rossijskaja gazeta [Russian News]. 2009. No 5050. P. 70 (In Russian)

Авторы публикации

Степанов Олег Андреевич — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой промышленной теплоэнергетики Тюменского государственного архитектурно-строительного университета

Третьякова Полина Александровна — ассистент кафедры промышленной теплоэнергетики Тюменского государственного архитектурно-строительного университета

Authors of the publication

Oleg A. Stepanov — Dr. Sci. (Engin.), Professor, Head of the Department of Industrial Heat Power Engineering, Tyumen State University of Architecture and Civil Engineering

Polina A. Tretyakova — Assistant at the Department of Industrial Heat Power Engineering, Tyumen State University of Architecture and Civil Engineering