

Научная статья  
УДК 62-67

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ БИВАЛЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ ТЕПЛООВОГО НАСОСА «ВОЗДУХ-ВОДА»

**Анастасия Андреевна Кряжева<sup>1</sup>, Виктория Александровна Садертинова,  
Мария Владимировна Козлова**

Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина,  
Иваново, Россия

<sup>1</sup> [anastasiyakry2000@yandex.ru](mailto:anastasiyakry2000@yandex.ru)

**Аннотация.** В данной работе проведены результаты исследования эффективности работы бивалентной системы теплоснабжения, функционирующей на базе теплового насоса «воздух-вода», предназначенной для покрытия нагрузок на систему отопления и горячего водоснабжения. Оценка эффективности выполнена для климатических условий Российской Федерации.

**Ключевые слова:** бивалентная система, горячее водоснабжение, тепловой насос, отопительная нагрузка

**Для цитирования:** Кряжева А. А., Садертинова В. А., Козлова М. В. Исследование работы бивалентной системы теплоснабжения на базе теплового насоса «воздух-вода» // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика. Даниловские чтения — 2021 = Energy and Resource Saving. Power Supply. Non-traditional and Renewable Energy Sources. Nuclear Energy. Danilov Readings — 2021 : сборник научных трудов. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2023. С. 424–429.

Original article

## INVESTIGATION OF THE OPERATION OF A BIVALENT HEAT SUPPLY SYSTEM BASED ON AN AIR-WATER HEAT PUMP

**Anastasiya A. Kryazheva<sup>1</sup>, Victoriya A. Sadertinova, Mariya V. Kozlova**

Ivanovo State Power University named V. I. Lenin

<sup>1</sup> [anastasiyakry2000@yandex.ru](mailto:anastasiyakry2000@yandex.ru)

---

© Кряжева А. А., Садертинова В. А., Козлова М. В., 2023

**Abstract.** In this paper, the results of a study of the efficiency of a bivalent heat supply system operating on the basis of a heat pump designed to cover the loads on the heating and hot water supply system are carried out.

**Keywords:** bivalent system, hot water supply, heat pump, heating load

**For citation:** Kryazheva A. A., Sadertinova V. A., Kozlova M. V. (2023). Issledovanie raboty bivalentnoi sistemy teplosnabzheniya na baze teplovogo nasosa «vozduh-voda» [Investigation of the Operation of a Bivalent Heat Supply System Based on an Air-Water Heat Pump]. *Ehnergo- i resursoberezhenie. Ehnergoobespechenie. Netradicionnye i vozobnovlyaemye istochniki ehnergii. Atomnaya ehnergetika. Danilovskie chteniya — 2021* [Energy and Resource Saving. Power Supply. Non-traditional and Renewable Energy Sources. Nuclear Energy. Danilov Readings — 2021]. Ekaterinburg : Ural University Publishing House, 2023. P. 424–429. (In Russ).

Низкий уровень газификации районов является одной из главных проблем российского топливно-энергетического комплекса. В качестве источников теплоснабжения в негазифицированных регионах применяются: котельные установки на твердом топливе, сжиженном газе, жидком (дизельном) топливе и электрические котлы.

Однако такие виды топливных источников имеют ряд недостатков [1]. Например, к основным недостаткам твердого топлива относятся высокая пожароопасность, относительно низкий КПД теплоисточников, необходимость периодического визуального контроля за процессом горения и наличие специального помещения. Чтобы поставить качественное современное оборудование для использования сжиженного газа, нужны крупные капиталовложения. Из-за низкой температуры воспламенения существует высокая вероятность возникновения аварийной ситуации. Использование же электрического котла может быть затруднено в связи с высокой стоимостью электроэнергии в некоторых регионах России.

В связи этим проведено исследование альтернативного способа теплоснабжения — бивалентной системы на основе теплового насоса. Такая схема подразумевает работу теплонасосной установки (ТНУ) в сочетании с другим нагревательным прибором (дополнительный источник). При этом ТНУ полностью или частично покрывает нагрузку на систему отопления и горячее водоснабжение. В качестве низкопотенциального источника принят воздух, поскольку он легкодоступен, и его эксплуатация не требует дополнительных финансовых затрат.

Принципиальная схема работы бивалентной системы теплоснабжения с тепловым насосом представлена на рис. 1.

Для оценки эффективности работы теплового насоса в составе бивалентной системы теплоснабжения выполнен расчет цикла с перегревом и переохлаждением рабочего агента в регенеративном теплообменном аппарате [2, с. 54] с учетом того, что процесс сжатия является политропным (т. е. учитываются потери в компрессоре). Основным показателем эффективной работы ТНУ принят коэффициент трансформации (COP).

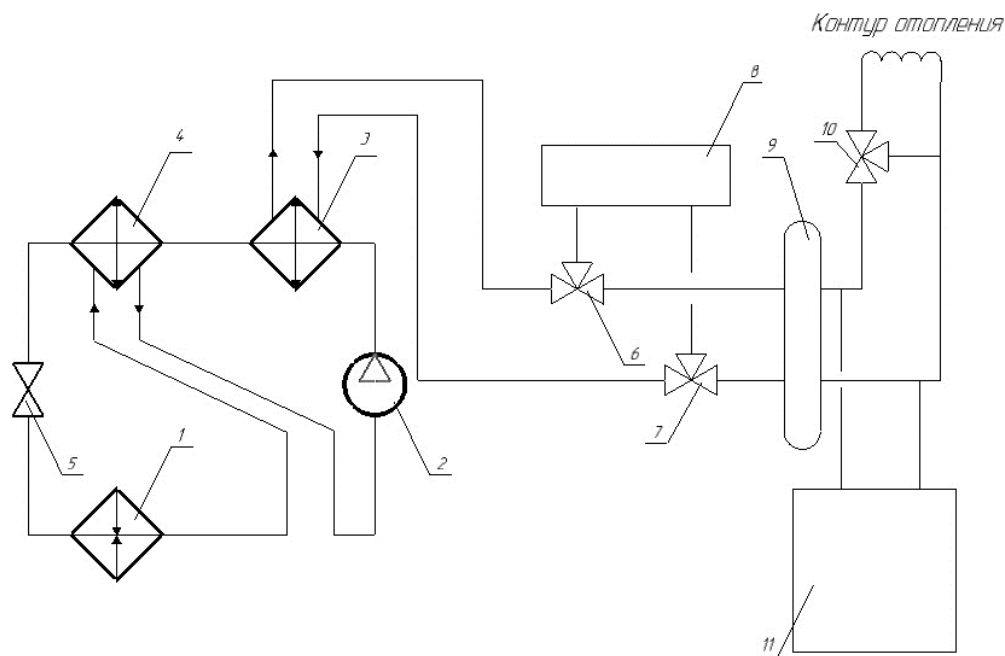


Рис. 1. Принципиальная схема бивалентной системы теплоснабжения с тепловым насосом:

- 1 — испаритель; 2 — компрессор; 3 — конденсатор; 4 — регенеративный теплообменник; 5 — дроссельное устройство; 6, 7 — трехходовой клапан; 8 — дополнительный источник; 9 — термогидравлический распределитель; 10 — смесительный узел; 11 — бойлер

Поскольку проблема с газификацией характерна для большинства регионов России, то в качестве города для проведения исследования выбирались на разных широтах и долготах: г. Архангельск, г. Москва, г. Астрахань, г. Екатеринбург и г. Владивосток. Для них был построены высокопотенциальные температурные графики (80/60), но по-

скольку система обеспечивает также нагрузку на горячее водоснабжение, то на температурном графике присутствует излом при 65 °С [3]. Характеристики рассматриваемой системы приведены в табл. ниже.

Таблица

**Характеристики бивалентной системы теплоснабжения**

Параметр	Архангельск	Москва	Астрахань	Екатеринбург	Владивосток
Расчетная температура наружного воздуха $t_{нр}$ , °С	-34	-26	-20	-32	-22
Длительность отопительного периода, ч	6722	5487	4777	6357	5418
Температура точки излома, °С	-18	-12	-8	-16	-9
Среднегодовой COP	3,1	4,3	6,6	3,5	5
Доля нагрузки, покрываемой ТНУ, от общей, %	86,6	91,7	87,6	85,2	71,5

На основе проведенных расчетов установлено, что тепловой насос покрывает более 70 % нагрузки и эффективно работает большую часть года, что демонстрируют значения коэффициента трансформации, приведенные на рис. 2.

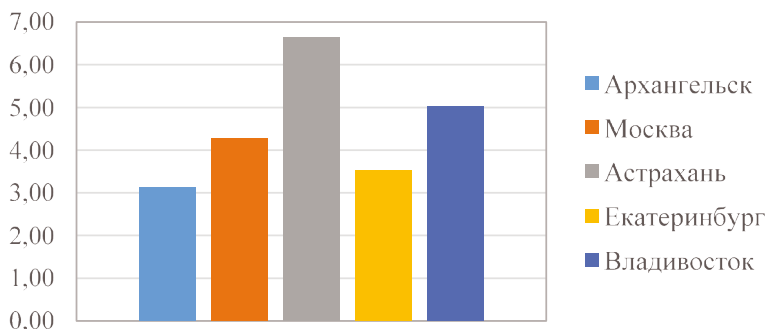


Рис. 2. Диаграмма среднегодового COP

На диаграммах, представленных на рис. 3, показано распределение нагрузки, покрываемой тепловым насосом и дополнительным источником на отопление и горячее водоснабжение.

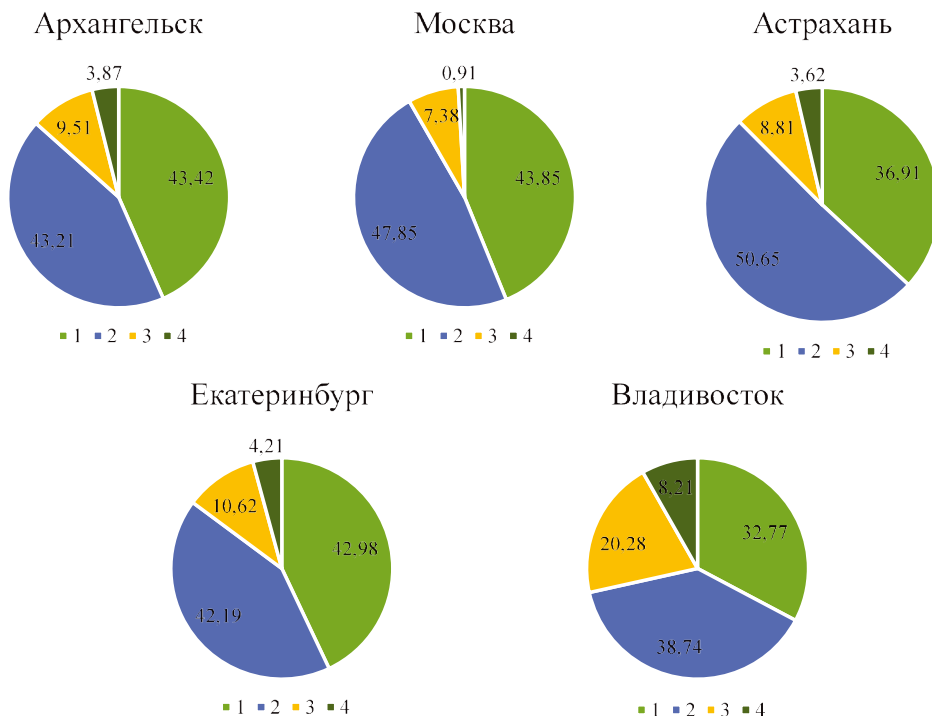


Рис. 3. Диаграмма распределения нагрузки теплового насоса и дополнительного источника на отопление и горячее водоснабжение:

1 — доля нагрузки, покрываемой ТНУ на отопление; 2 — доля нагрузки, покрываемой ТНУ на ГВС; 3 — доля нагрузки, покрываемой дополнительным источником на отопление; 4 — доля нагрузки, покрываемой дополнительным источником на ГВС

Таким образом, можно сделать вывод, что применение бивалентной системы теплоснабжения, включающей в себя тепловой насос, на покрытие нагрузок на отопление и горячее водоснабжение целесообразно во всех городах, приведенных в качестве примера. Особо высокие показатели достигаются в г. Астрахани.

### Список источников

1. Бухарицин П. И. Альтернативные источники энергии // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 8–2. С. 189.
2. Соколов Е. Я., Бродянский В. М. Энергетические основы трансформации тепла и процессов охлаждения : учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. М. : Энергоиздат, 1981. 320 с.

3. СП 30.13330.2020. Внутренний водопровод и канализация зданий. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573741260> (дата обращения: 01.12.2021).

## References

1. Bukharitsin P. I. Alternative energy sources // International Journal of Experimental Education. 2015. No. 8–2. P. 189.

2. Sokolov E. Ya., Brodyansky V. M. Energy bases of heat transformation and cooling processes. Textbook for universities. 2nd ed., reprint. M. : Energoizdat, 1981. 320 p.

3. SP 30.13330.2020. Internal water supply and sewerage of buildings. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573741260> (date of access: 02.01.2021).

## Информация об авторах

**Анастасия Андреевна Кряжева** — студентка Ивановского государственного энергетического университета им. В. И. Ленина (Иваного, Россия), [anastasiyakry2000@iandex.ru](mailto:anastasiyakry2000@iandex.ru)

**Виктория Александровна Садертинова** — студентка Ивановского государственного энергетического университета им. В. И. Ленина (Иваного, Россия), [vsadertinova@mail.tu](mailto:vsadertinova@mail.tu)

**Мария Владимировна Козлова** — ассистент кафедры промышленной теплоэнергетики Ивановского государственного энергетического университета им. В. И. Ленина (Иваново, Россия), [mariyakozlova1996@gmail.com](mailto:mariyakozlova1996@gmail.com)

## Information about the authors

**Anastasiya A. Kryazheva** — Student of the Ivanovo State Power Engineering University named after V. I. Lenin (Ivanovo, Russia), [anastasiyakry2000@iandex.ru](mailto:anastasiyakry2000@iandex.ru)

**Victoriya V. Sadertinova** — Student of the Ivanovo State Power Engineering University named after V. I. Lenin (Ivanovo, Russia), [vsadertinova@mail.tu](mailto:vsadertinova@mail.tu)

**Mariya V. Kozlova** — Assistant of the Department of Industrial Heat Power Engineering of the Ivanovo State Power Engineering University named after V. I. Lenin (Ivanovo, Russia), [mariyakozlova1996@gmail.com](mailto:mariyakozlova1996@gmail.com)