

## Литература

1. Вавилов, В. П. Инфракрасная термография и тепловой контроль / В. П. Вавилов. – М. : ИД Спектр, 2009. – 544 с.
2. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Строительные Нормы Республики Беларусь : СН 4.02.02–2019. – Введ. 09.07.2020. – Минск : Стройтехнорм, 2020. – 40 с.
3. Строительная климатология. Строительные Нормы Республики Беларусь : СНБ 2.04.02–2000. – Введ. 02.04.2007. – Минск : М-во архитектуры и строительства, 2007. – 33 с.

УДК 316.34(476)

**АНАЛИЗ СХЕМ ЭНЕРГОКОМПЛЕКСОВ С СОВМЕСТНЫМ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОНАСОСНОЙ УСТАНОВКИ  
И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ****Д. А. Богдан, В. А. Марков***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Т. В. Никулина

*Представлены результаты анализа схем с совместным применением теплонасосной установки и возобновляемых источников энергии. Рассмотрены схемы систем теплоснабжения и горячего водоснабжения, в которых используются возобновляемые источники энергии. В связи с растущим спросом на возобновляемые источники энергии данные схемы могут получить большое распространение для теплоснабжения различных объектов.*

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, ветроэнергетическая установка, фотоэлементы, теплонасосные установки, теплоснабжение, энергоэффективность.

**ANALYSIS OF SCHEMES OF ENERGY COMPLEXES WITH  
THE JOINT USE OF A HEAT PUMP INSTALLATION AND  
RENEWABLE ENERGY SOURCES****D. A. Bogdan, V. A. Markov***Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus*

Science supervisor T. V. Nikulina

*The article presents the results of the analysis of schemes with the combined use of a heat pump unit and renewable energy sources. The schemes of heat supply and hot water supply systems that use renewable energy sources are considered. Given the growing demand for renewable energy sources, these schemes can be widely used for heat supply of various objects.*

**Keywords:** renewable energy sources, wind turbine, photocells, heat pump installations, heat supply, energy efficiency.

Целью работы является анализ схем с совместным использованием теплонасосной установки (ТНУ) и возобновляемых источников энергии (ВИЭ) для теплоснабжения и горячего водоснабжения (ГВС) жилых и административно-бытовых зданий. Основным показателем эффективности для ТНУ является коэффициент преобразования теплоты (КПТ). Использование ТНУ экономически оправданно при значениях КПТ не менее 2,8.

Рассмотрим схемы с использованием ТНУ совместно с ВИЭ.

В первом, наиболее простом варианте (рис. 1), для отопления и ГВС объекта используется ТНУ совместно с ветроэнергетической установкой (ВЭУ).

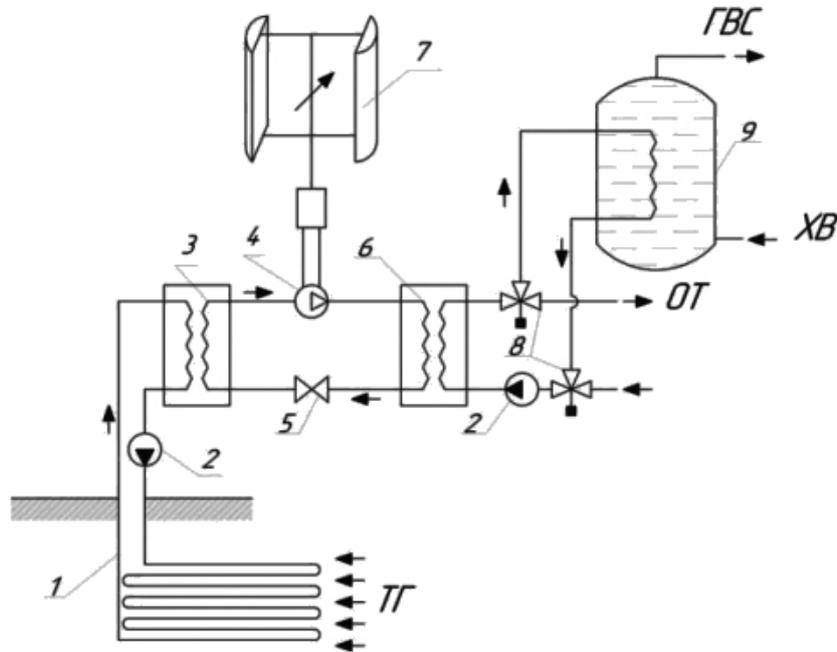


Рис. 1. Схема использования теплонасосной установки совместно с вертикально-осевой ветроэнергетической установкой:

- 1 – внешний контур теплонасосной установки; 2 – циркуляционный насос;  
3 – испаритель; 4 – компрессор; 5 – дроссельный вентиль; 6 – конденсатор;  
7 – ветроэнергетическая установка; 8 – реверсивные клапаны;  
9 – бак-аккумулятор косвенного нагрева

Хладагент под высоким давлением через дроссельный вентиль 5 попадает в испаритель 3, где за счет резкого уменьшения давления происходит процесс испарения. При этом хладагент отбирает тепло у внутренних стенок испарителя, а испаритель в свою очередь отнимает тепло у внешнего контура ТНУ 1, в котором циркулирует смесь воды и антифриза (рассол). Компрессор 4 сжимает хладагент, что приводит к росту температуры и давления хладагента, который поступает в конденсатор 6. В конденсаторе нагретый в результате сжатия хладагент отдает тепло теплоносителю (вода) для нужд отопления и ГВС. Реверсивные клапаны 8 контролируют циркуляцию воды в системах отопления и ГВС. Отбор воды на ГВС осуществляется из бака-аккумулятора косвенного нагрева 9. Для удовлетворения потребности в горячей воде вся мощность ТНУ направляется на нагрев воды в баке аккумулятора, при этом отопление помещений не осуществляется. После достижения необходимой температуры воды в баке аккумуляторе, реверсивные клапаны перекрывают контур ГВС. Функцию генератора электрической энергии для привода компрессора выполняет ВЭУ 7. Такой способ получения энергии является экологически чистым. Использование данной схемы можно осуществлять в местах с труднодоступной доставкой топливно-энергетических ресурсов. На сегодняшний день эта схема значительно зависит от скорости ветра, поэтому не является автономной.

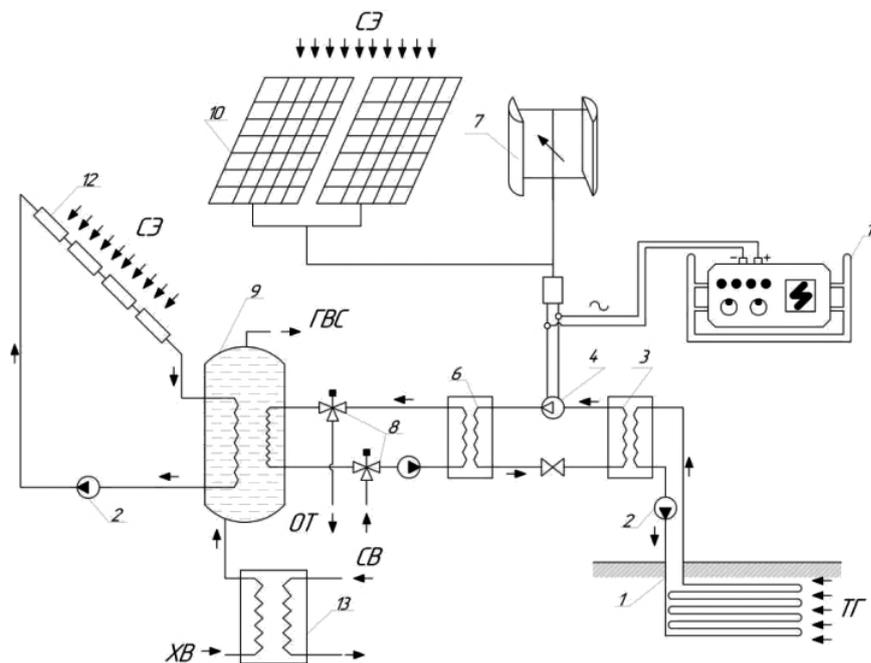


Рис. 2. Схема использования теплонасосной установки совместно с вертикально-осевой ветроэнергетической установкой, коллекторами солнечной энергии и утилизатором теплоты сточных вод:  
 1 – внешний контур теплонасосной установки; 2 – циркуляционный насос;  
 3 – испаритель; 4 – компрессор; 5 – расширительный вентиль;  
 6 – конденсатор; 7 – ветроэнергетическая установка; 8 – реверсивные клапаны; 9 – бак-аккумулятор косвенного нагрева; 10 – фотоэлектрические преобразователи; 11 – топливный электрогенератор; 12 – коллектор солнечной энергии; 13 – утилизатор теплоты сточных вод

В качестве автономного источника теплоснабжения можно применить схему (рис. 2) с комбинированной выработкой электроэнергии от ВЭУ и фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) 10. Для снижения затрат на электрическую энергию, необходимую для привода компрессора 4, предлагается использовать коллекторы солнечной энергии 12. Дополнительным источником энергии для подогрева воды в баке аккумуляторе предложено использовать утилизатор теплоты сточных вод 13, в котором в качестве теплоносителя используется вода с температурой 30–35 °С (например, от ванн). При отсутствии возможности использования возобновляемых источников энергии может быть использована электроэнергия из централизованной электросети. Использование данной схемы возможно для широтного расположения зданий, обладающих большим количеством относительно чистых и теплых сточных вод.

Таким образом, использование теплонасосных установок для теплоснабжения, является альтернативой в условиях недостатка топливно-энергетических ресурсов и уже широко используется во многих развитых странах. Рассмотренные выше схемы с совместным использованием ТНУ и возобновляемых источников энергии позволяют получить коэффициент преобразования теплоты ТНУ выше 3, что делает их эффективнее, чем применение традиционных систем теплоснабжения. Учитывая большой потенциал использования ВИЭ, данные схемы могут получить широкое распространение для теплоснабжения различных объектов.

Литература

1. Семкин, Б. В. Использование возобновляемых источников энергии в малой энергетике / Б. В. Семкин, М. И. Стальная, П. П. Свит // Теплоэнергетика. – 1996. – № 2. – С. 6–7.
2. Чемяков, В. В. Система теплоснабжения автономного жилого дома на основе теплового насоса и ветроэлектрической установки / В. В. Чемяков, В. В. Харченко // Теплоэнергетика. – 2013. – № 3. – С. 58–62.
3. Чивенков, А. И. Анализ применения и развития ветроустановок / А. И. Чивенков, А. Б. Лоскутов, Е. А. Михайличенко // Пром. энергетика. – 2012. – № 5. – С. 57–63.
4. Шишкин, Н. Д. Эффективное использование возобновляемых источников энергии для автономного теплоснабжения различных объектов / Н. Д. Шишкин. – Астрахань : АГТУ, 2012. – 208 с.
5. Анализ эффективности схем энергетических комплексов малой распределенной энергетики / Л. Б. Директор [и др.] // Пром. энергетика. – 2014. – № 2. – С. 41–46.
6. Лосюк, Ю. А. Нетрадиционные источники энергии : учеб. пособие / Ю. А. Лосюк, В. В. Кузьмич. – Минск : Технопринт, 2005.
7. Режим доступа: <http://www.energo.by>.

УДК 697.3:658.52.011.56

**АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ  
ПРОЦЕССАМИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ  
КРУПНЫХ ГОРОДОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**М. Д. Мушковец**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель О. Ю. Морозова

*Современная структура автоматизированной системы управления в теплоэнергетической сфере для крупных городов состоит в ее строгой иерархичности с соблюдением четкого взаимодействия отдельных систем и подсистем. При этом участие человека должно быть минимизировано и в основном состоять в контроле и наблюдении за параметрами осуществляемых процессов. Рассмотрены особенности реализации подобной системы управления.*

**Ключевые слова:** автоматизированная система управления, теплоснабжение, энергосбережение, автоматизированные устройства.

**AUTOMATED CONTROL SYSTEM HEAT SUPPLY PROCESSES  
IN THE POWER SYSTEM OF LARGE CITIES  
OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

**M. D. Mushkovets**

*Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus*

Science supervisor O. Yu. Morozova

*The modern structure of the automated control system in the heat and power sector for large cities consists in its strict hierarchy with a clear interaction of individual systems and subsystems. At the same time, human participation should be minimized and mainly consist in monitoring and monitoring the parameters of ongoing processes. The report discusses the features of the implementation of such a control system.*

**Keywords:** automated control system, heat supply, operator, control, automation elements.