

## ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ФРЕОНОВОГО КОНТУРА МАЛОЭТАЖНОГО ЗДАНИЯ С ВОЗДУШНЫМ ТЕПЛОВЫМ НАСОСОМ В ОТОПИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД

**С. В. Федосов<sup>1</sup>, В. Н. Федосеев<sup>2</sup>, В. Е. Шебашев<sup>3</sup>,  
И. А. Зайцева<sup>2</sup>, В. Г. Котлов<sup>3</sup>, В. А. Емелин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Московский государственный  
строительный университет (г. Москва)

<sup>2</sup>Ивановский государственный политехнический университет (г. Иваново)

<sup>3</sup>Поволжский государственный технологический университет (г. Йошкар-Ола)

Статья посвящена исследованию главной технологической задачи воздушного теплового насоса – получению тепла от воздуха посредством преобразования электромеханической энергии двигателя через компрессор и обеспечение переноса тепла рабочим телом к потребителю. Применение воздушных тепловых насосов (ВТН) представляет собой уникальное технико-технологическое решение, с помощью которого возможны извлечение, концентрация и перекачивание рассеянной в окружающей среде тепловой энергии, что является альтернативой традиционным источникам энергии. Реализация энергоэффективной технологии ВТН предполагает необходимость исследования термодинамических и энергофизических процессов, происходящих в испарительно-конденсационном блоке ВТН, с целью совершенствования теплохолодильного цикла и повышения производительности теплонасосной установки с учетом климатических условий.

При рассмотрении основных процессов в теплохолодильном контуре ВТН и повышения их энергетической эффективности получены результаты, имеющие научную теоретическую и практическую значимость. Теплохолодильный цикл ВТН представлен как модель воздухообмена, где метод преобразования низкопотенциального тепла из окружающего воздуха основан на принципе энергетической инверсии, что является главным условием выполнения основной технологической задачи передачи тепла от воздуха с целью получения соответствующего количества пара. Авторами описана структура конфигурации потоков энергии с соответствующим расчетно-аналитическим обоснованием теплотехнических характеристик и режимов работы ВТН. Практическая направленность реализации результатов исследований ориентирована на работу ВТН в зданиях и сооружениях, расположенных в регионах Центрального федерального округа.

Предложенный авторами алгоритм математического расчета количества теплоты, извлекаемой из окружающего воздуха, с учетом климатических условий позволяет повысить эффективность теплотехнических характеристик и режимов работы ВТН для обеспечения тепло-, холодопроизводительности теплонасосной установки. Это в свою очередь является отправной точкой для определения конструктивных размеров трубопроводов, испарителя и конденсатора ВТН.

Исследование термодинамических и энергофизических процессов в испарительно-конденсационном блоке ВТН позволяет прогнозировать и совершенствовать энергоэффективность теплохолодильного цикла и в дальнейшем способствовать решению научных проблем и практических технических решений в области разработки систем автономного экологически чистого и экономически эффективного теплоснабжения зданий.

**Ключевые слова:** воздушный тепловой насос; испаритель; конденсатор; фреон; воздухообмен; тепловая энергия; скрытая теплота парообразования.

Не только в России, но и во всем мире проблемы разработки экологических и инновационных организационно-технических решений, направленных на энергосбережение, приобретают все большую значимость и актуальность. В условиях нависшей угрозы истощения природных энергетических ресурсов и необходимости обеспечения экологически безопасных условий жизнедеятельности человека широкое распространение получают теплонасосные установки [2]. По своей сути воздушный тепловой насос (ВТН) представляет собой уникальное технико-технологическое решение, с помощью которого возможны извлечение, концентрация и перекачивание рассеянной в окружающей среде тепловой энергии непосредственно к потребителю, что является альтернативой традиционным источникам энергии. Среди теплогенераторов на основе возобновляемых источников энергии тепловые насосы могут обеспечивать эффективность и надежность, что подтверждает высокий уровень продаж данных устройств в Европе и во всем мире [3].

Реализация энергоэффективной технологии ВТН предполагает необходимость исследования термодинамических и энергофизических процессов, происходящих в испарительно-конденсационном блоке ВТН, с целью совершенствования теплохолодильного цикла и повышения производительности теплонасосной установки с учетом климатических особенностей регионов РФ.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд **задач**: изучить методологию организации рабочего режима воздухообмена, создать графическую модель конфигурации потоков теплохолодильного фреонового контура, выделив жидкостную и газовую линию (магистраль), разработать алгоритм расчета теплотехнических характеристик и режимов работы ВТН.

В решении проблемы повышения энергетической эффективности теплохолодильных циклов ВТН решающую роль играет воздухообмен, методологию организации рабочего режима которого необходимо рас-

сматривать как процесс теплообмена в системе замкнутого фреонового термодинамического контура и окружающего воздуха, рассеянное теплораспределение которого имеет также определенную степень интенсивности излучения в зависимости от температурно-влажностных параметров окружающей среды [7].

Процесс фазового превращения жидкого фреона в пар и обратно происходит при кипении и конденсации в замкнутой рабочей системе ВТН в специальных теплообменных аппаратах – испарителе (ТАИ) и конденсаторе (ТАК) при постоянных значениях температуры и давления. Тепло ( $Q_1$ ) для кипения жидкого хладагента (фреона) подводится с воздухом, подаваемым вентилятором ВТН. Оно передается через стенку ТАИ и генерирует в объеме фреонового контура количество теплоты, равное произведению скрытой теплоты парообразования на количество образующегося пара. Это является главным условием выполнения основной технологической задачи передачи тепла от воздуха с целью получения соответствующего количества пара.

Схема теплохолодильного фреонового контура представлена на рисунке 1. Она наглядно иллюстрирует процессы кипения, сжатия, конденсации и дросселирования (расширения) соответственно в испарителе, компрессоре, конденсаторе и регулирующем вентиле. Эти процессы, протекающие в теплохолодильном контуре в условиях стационарного режима, наглядно изображаются на диаграмме  $P - i$  (давление – энтальпия) [4, 8], (рис. 2).

На своем пути от испарителя к конденсатору пары хладагента воспринимают тепло из окружающего воздуха. Компрессор при этом преодолевает гидравлическое сопротивление движению паров хладагента в нагнетательной линии трубопровода, тем самым обеспечивая необходимое давление всасывания, а это впоследствии предполагает особое внимание к расчету трубопровода с целью сохранения эффективности процесса.

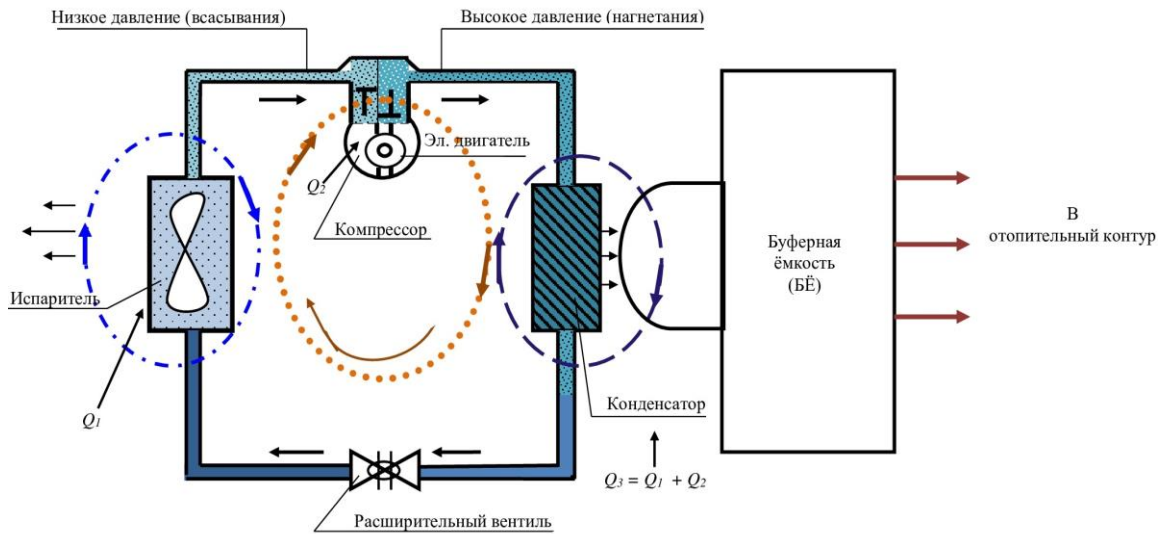


Рис. 1. Схема теплохолодильного фреонового контура ВТН

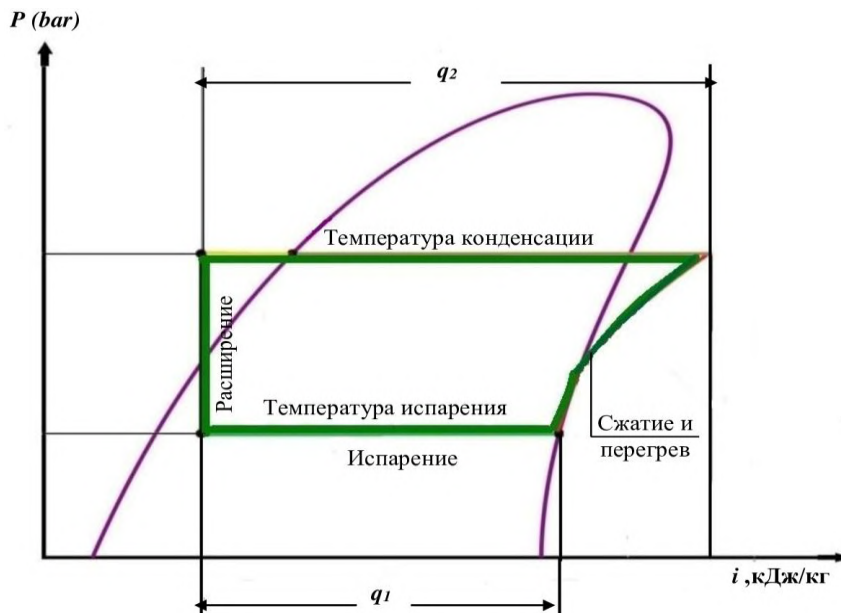


Рис. 2. Диаграмма  $P - i$ :  $q_1$  – удельная теплопроизводительность, т.е. полезная работа испарителя, равная  $r$  – скрытой теплоте парообразования (СТП);  $q_2$  – теплота, образующаяся в конденсаторе при превращении парообразного хладагента в жидкость при высоком давлении. Это количество теплоты складывается из тепла, взятого в испарителе при кипении хладагента ( $q_1$ ), и теплового эквивалента механической работы компрессора

Длина трассы трубопроводов и профиль её прокладки значительно влияют на процессы, протекающие в теплохолодильном контуре.

Жидкостная магистраль подает фреон от конденсатора до испарителя через терморегулирующий вентиль (ТРВ – дроссель).

В свою очередь, газопаровая линия подразделяется на линию всасывания и линию нагнетания. 1-я линия характеризуется низ-

ким давлением и низкой температурой из испарителя к компрессору; 2-я линия – высоким давлением и высокой температурой из компрессора в конденсатор.

Сам компрессор (рис. 3) выполняет две взаимосвязанные функции:

– низкое давление на линии всасывания на входе поддерживает организацию процесса кипения фреона в испарителе с заданной температурой;

– линия нагнетания обеспечивает подъем температуры и давления паров фреона, транслируя его в конденсатор, от которого тепло через контур буферной емкости передается потребителю.

Процесс поднятия температуры хладагента в режиме нагнетания происходит за счёт сжатия его и получения тепла ( $Q_2$ ) при переходе механической энергии сжатия в тепловую. В таком состоянии фреон поступает в конденсатор.

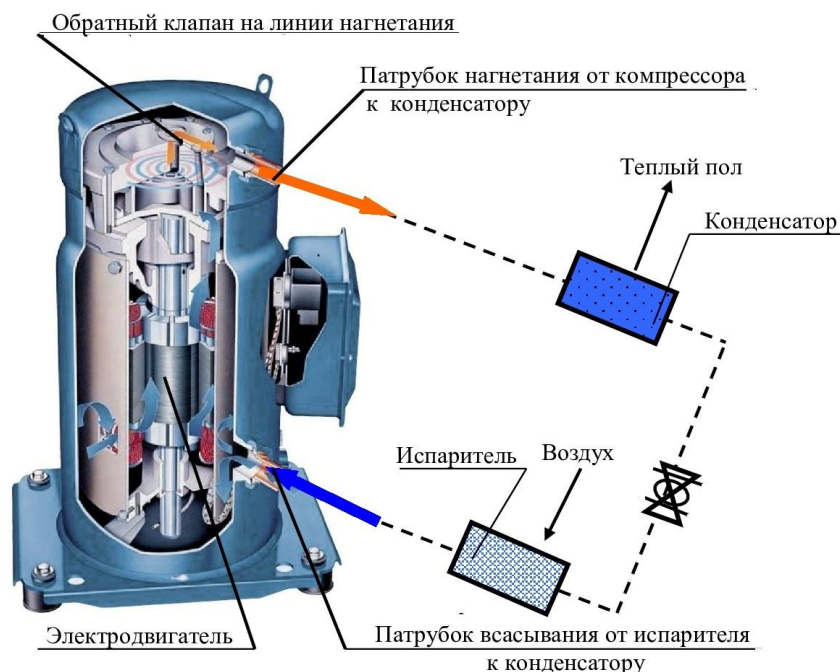


Рис. 3. Вид типового компрессора в разрезе

На основе схематичного и графического описания конфигурации потоков теплохолодильного фреонового контура ВТН можно представить алгоритм математического расчета количества теплоты, извлекаемой из окружающего воздуха, с учетом климатических условий.

Основанием расчета являются следующие базы данных:

а) паспортные данные о характеристиках насоса, компрессора (двигателя) и дроссельного устройства [10];

б) теплофизические характеристики хладагента (температура кипения; скрытая теплота парообразования; плотность, теплоемкость и теплопроводность при температуре кипения) [7].

С использованием этих параметров и технических характеристик определяется количество теплоты, которое необходимо «экс-

трагировать» из воздушного потока для обеспечения тепло- и холодопроизводительности ВТН. Это в свою очередь является отправной точкой для определения конструктивных размеров трубопроводов, испарителя и конденсатора ВТН.

В таблице представлены результаты экспериментальных исследований [1, 3], проведенных в 2018 году в двух регионах Центрального федерального округа.

При одинаковых условиях (наружная температура воздуха, тепловые потери здания) значения показателей эффективности работы ВТН (COP) существенно ниже, чем у рециркуляционного теплового насоса (РВТН). Кроме того что РВТН по сравнению с ВТН требует меньшей дополнительной тепловой мощности для покрытия теплопотерь здания, он еще и обеспечивает необходимые комфортные условия микроклимата в помещении здания.

Показатели эффективности работы ВТН за отопительный период 2018 года

Общие параметры		Воздушный тепловой насос (ВТН)			Рециркуляционный тепловой насос (РВТН)		
Наружная температура воздуха (улица), °С	Теплопотери здания, кВт/ч	СОР	Производительность ВТН, кВт/ч	Дополнительная мощность, кВт/ч	СОР	Производительность РВТН, кВт/ч	Дополнительная мощность, кВт/ч
-30	10,8	1,0	3	7,8	1,87	5,61	5,19
-25	9,8	1,0	3	6,8	1,89	5,67	4,13
-20	8,8	1,0	3	5,8	1,91	5,73	3,07
-15	7,8	1,2	3	4,2	1,93	5,79	2,01
-10	6,8	1,3	3	2,9	1,95	5,85	0,95
-5	5,8	1,6	3	1,8	1,97	5,91	-
0	4,8	1,7	3	-	1,99	5,97	-
5	3,8	1,85	3	-	2,01	6,03	-
10	2,8	2,12	3	-	2,12	6,36	-
15	1,8	2,3	3	-	2,3	6,9	-

Структурно конфигурация потоков энергии, влияющих на термодинамический контур ВТН показана на рисунке 4. В результате образуется тепловая энергия (мощность) на выходе теплового насоса – 6 кВт (A10/W35).

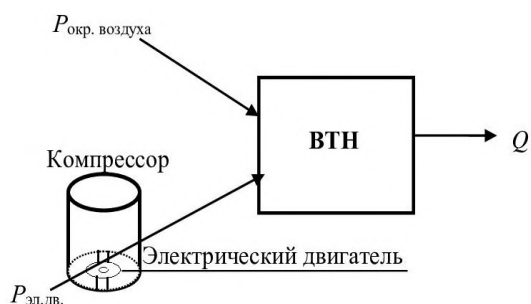


Рис. 4. Конфигурация потоков энергии, влияющих на термодинамический процесс ВТН

Исходя из основных понятий теплообмена на базе основ теории термодинамики, многие авторы [5, 6] поясняют, что перенос теплоты, импульса, массы как субстанции осуществляется за счет взаимодействия микрочастиц среды (молекулы, атомы, ионы и т.д.) и дальше за счет взаимодействия макрообъемов среды, основанной на молекулярно-кинетической технологии.

Перенос субстанции тепла при теплообмене для разных веществ авторы и производители определяют из справочных таблиц и экспериментальных диаграмм. Вместе с тем известно [4, 9], что теплохолодильная система ВТН имеет повышенный фон электромагнит-

ного излучения. Все это происходит в процессе теплообмена в системе фреон – окружающий воздух в условиях термодинамического цикла замкнутого испарительно-конденсационного контура блока «испаритель – конденсатор», компрессор которого как главный энергетический источник осуществляет прокачку фреона по контуру ВТН. Величина тепловой энергии в этих условиях зависит от самой природы рабочего тела (фреона и др.).

Таким образом, на основе предварительных расчетов величины тепловой энергии на выходе ВТН от термоэнергофизических явлений, происходящих во фреоновом контуре и воздушном пространстве, выявлена возможность моделировать данный процесс с целью уточнения и прогнозирования допустимых расчетных параметров.

**Выводы.** При рассмотрении основных процессов в теплохолодильном контуре ВТН и повышения их энергетической эффективности авторы статьи пришли к следующим выводам и результатам, имеющим теоретическую и практическую значимость.

Во-первых, теплохолодильный цикл ВТН представлен как модель воздухообмена, технология организации режима которого представлена как процесс теплообмена в системе замкнутого фреонового термодинамического контура и окружающего воздуха. Данный метод преобразования низкопотенциального тепла из окружающего воздуха основан на

принципе энергетической инверсии.

Во-вторых, рассеянное теплораспределение окружающего воздуха, имеющее определённую степень интенсивности излучения в зависимости от температурно-влажностных параметров окружающей среды, попадая во фреоновый контур, генерирует количество теплоты, равное произведению скрытой теплоты парообразования на количество образующегося пара.

В-третьих, авторами представлена структура конфигурации потоков энергии, состоящая из тепловой энергии фреонового контура, энергии электромагнитного излучения, образующейся при взаимодействии фреона и окружающего воздуха, рассеянной тепловой энергии, вытягиваемой вентилятором из окружающего воздуха, с соответствующим расчетно-аналитическим обоснованием теплотехнических характеристик и режимов работы ВТН.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федосов С. В., Федосеев В. Н., Воронов В. А. Использование низкопотенциальной теплоты окружающего воздуха в испарительно-конденсационном блоке воздушного теплового насоса // Поволжский научный журнал. Н. Новгород: ННГАСУ, 2019. № 3 (51). С. 37-45.
2. Федосов С. В., Федосеев В. Н., Опарина Л. А. Анализ экологической безопасности хладагентов систем теплоснабжения воздушными тепловыми насосами на принципах термодинамической активности неравновесных процессов // Энергоресурсоэффективные экологически безопасные технологии и оборудование: сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Вторые международные Косыгинские чтения, приуроченные к 100-летию РГУ имени А. Н. Косыгина». Т. 1. Москва: ФГБОУ ВО РГУ им. А. Н. Косыгина, 2019. С. 221-223.
3. Анализ условий при проектировании энергосберегающих теплонасосных систем для автономных текстильных производств / С. В. Федосов, В. Н. Федосеев, А. Б. Петрухин, Л. А. Опарина, И. А. Мартынов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2018. № 2. С. 84-91.
4. Теоретические основы технологии получения холода. Холодильные машины и холодильные установки. Основные элементы холодильных машин. Режим доступа: [www.hvac-Shool.ru](http://www.hvac-Shool.ru)
5. Нимич Г. В., Михайлов В. А., Бондарь Е. С. Современные системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Киев: Видавничий будинок, Аванпост – Прим, 2003. 630 с.
6. Мирам А. О., Павленко В. В. Техническая термодинамика. Тепломассообмен. Москва: АСВ, 2016. 352 с.
7. Цветков О. Б., Лаптев Ю. А. Таблицы свойств холодильных агентов: учебно-методическое пособие. Санкт-Петербург: НИУ ИТМО; ИХиБТ, 2013. 52 с.
8. Энергоэффективность рабочего тела (хладоагента) воздушного теплового насоса в режиме обогрева автономного текстильного цеха (производства) / В. Н. Федосеев, А. Б. Петрухин, В. А. Емелин, В. А. Воронов, И. А. Зайцева // Теория и практика технических, организационно-технологических и экономических решений: сборник научных трудов. Иваново, 2016. С. 186-194.
9. Хайнрих Г., Найорк Х., Нестлер В. Теплонасосные установки для отопления и горячего водоснабжения: пер. с нем. Москва: Стройиздат, 1985. 351 с., ил.
10. Инструкция по эксплуатации теплового насоса с передачей тепла от воздуха к воде. Режим доступа: [https://solar-dom.com/upload/iblock/287/Meeting\\_user\\_manual\\_MD\\_RU\\_.pdf](https://solar-dom.com/upload/iblock/287/Meeting_user_manual_MD_RU_.pdf).

#### Информация об авторах

**ФЕДОСОВ Сергей Викторович** – академик РААСН, доктор технических наук, профессор кафедры технологии вяжущих веществ и бетонов Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, г. Москва. Почетный работник высшего профессионального образования РФ. Заслуженный работник высшей школы РФ. Почетный строитель России. Лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники. Лауреат государственной премии Республики Марий Эл в области архитектуры и строительства. Научное направление – тепломассоперенос в технологических процессах строительной индустрии, текстильной промышленности, энергоресурсосбережение в зданиях. E-mail: [fedosov-academic53@mail.ru](mailto:fedosov-academic53@mail.ru)

**ФЕДОСЕЕВ Вадим Николаевич** – доктор технических наук, профессор кафедры организации производства и городского хозяйства Ивановского государственного политехнического университета, г. Иваново. Почётный работник сферы образования РФ. Золотая и се-

ребряная медали ВДНХ СССР «За успехи в народном хозяйстве». Лауреат ВВЦ РФ. Научное направление – разработка энергосберегающих технологий использования возобновляемых и нетрадиционных источников энергоресурсов в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве. E-mail: 49324213@mail.ru

ШЕБАШЕВ Виктор Евгеньевич – кандидат технических наук, доцент, проректор по образовательной деятельности Поволжского государственного технологического университета, г. Йошкар-Ола. Область научных интересов – автоматизация проектно-конструкторских работ, системы автоматизированного проектирования, педагогика высшей школы.

ЗАЙЦЕВА Ирина Александровна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, управления и финансов Ивановского государственного политехнического университета, г. Иваново. Научное направление – организационно-экономические вопросы при исследовании энергосберегающих технологий.

КОТЛОВ Виталий Геннадьевич – советник РААСН, кандидат технических наук, профессор кафедры строительных конструкций и водоснабжения, директор Института строительства и архитектуры Поволжского государственного технологического университета, г. Йошкар-Ола. Область научных интересов – соединения элементов деревянных конструкций, тепломассоперенос. E-mail: KotlovVG@volgatech.net

ЕМЕЛИН Виктор Александрович – аспирант кафедры организации производства и городского хозяйства Ивановского государственного политехнического университета, г. Иваново. Область научных интересов – разработка энергосберегающих технологий использования возобновляемых и нетрадиционных источников энергоресурсов в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве.

---

UDC 621. 577

DOI: 10.25686/2542-114X.2019.4.142

## **FEATURES OF FUNCTIONING OF A FREON CIRCUIT OF A LOW-RISE BUILDING WITH AN AIR HEAT PUMP DURING THE HEATING PERIOD**

**S. V. Fedosov<sup>1</sup>, V. N. Fedoseev<sup>2</sup>, V. E. Shebashev<sup>3</sup>,  
I. A. Zaytseva<sup>2</sup>, V. G. Kotlov<sup>3</sup>, V. A. Emelin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*National Research Moscow State University of Civil Engineering (Moscow)*

<sup>2</sup>*Ivanovo State Polytechnic University (Ivanovo)*

<sup>3</sup>*Volga State University of Technology (Yoshkar-Ola)*

The article presents the outcomes of research into a core technological problem of air heat pump, i.e. obtaining heat from air by converting mechanical energy of the engine through the compressor and providing a heat transfer working fluid to the consumer. The use of air heat pumps presents a unique technical and technological solution, which makes it possible to extract, concentrate and pump the heat energy from the environment, thus being an alternative energy source. The implementation of the energy-efficient technology of air heat pumps implies studying thermodynamic and energy-physical processes occurring in the evaporation and condensation unit of air heat pumps, in order to improve heat-cooling cycle and increase the performance of the heat pump unit, taking into account climatic conditions.

When considering the main processes in the heat-cooling circuit of air heat pumps and increasing their energy efficiency, we obtained important results. Heating and refrigerating cycle of air heat pumps is presented as a model of exchange where a method of converting low-grade heat from the ambient air is based on the principle of energy inversion, which is the main condition for fulfilling the basic technological problems of heat transfer from the air to obtain the appropriate amount of steam. The authors describe the structure of the configuration of energy flows with the corresponding computational and analytical justification of thermal characteristics

and modes of operation of air heat pumps. The practical orientation of the implementation of the research results is focused on the work of air heat pumps in buildings located in the III climate zone.

The proposed algorithm of mathematical calculation of the amount of heat drawn from the ambient air, taking into account climatic conditions, allows to increase the efficiency of thermal characteristics and operating modes of air heat pumps to ensure the heat and cooling capacity of the heat pump installation. This is the starting point for determining the structural dimensions of the elements of air heat pumps: pipes, as well as evaporator and condenser.

The study of thermodynamic and energy-physical processes in the evaporative-condensation unit of air heat pumps allows to predict and improve the energy efficiency of the heat-cooling cycle and further contribute to the solution of scientific problems and practical technical solutions in the field of development of systems of Autonomous ecologically clean and cost-effective heat supply of buildings.

**Keywords:** air heat pump; evaporator; condenser; Freon; air exchange; thermal energy; latent heat of vaporization.

#### REFERENCES

1. Fedosov S. V., Fedoseev V. N., Voronov V. A. Ispol'zovanie nizkopotencial'noj teploty okruzhayushchego vozduha v isparitel'no-kondensacionnom bloke vozdušnogo teplovogo nasosa [The use of low-potential heat of the ambient air in the evaporative-condensation unit of the air heat pump], *Privolzhskij nauchnyj zhurnal* [Volga Scientific Journal], N. Novgorod, NNGASU, 2019, No. 3 (51), pp. 37-45.
2. Fedosov S. V., Fedoseev V. N., Oparina L. A. Analiz ekologicheskoy bezopasnosti hladagentov sistem teplosnabzheniya vozdušnymi teplovymi nasosami na principah termodinamicheskoy aktivnosti neravnovesnyh processov [Analysis of environmental safety of refrigerants of heat supply systems by air heat pumps on the principles of thermodynamic activity of nonequilibrium processes], *Energoresursoeffektivnye ekologicheski bezopasnye tekhnologii i oborudovanie: sbornik nauchnyh trudov Mezhdunarodnogo nauchno-tekhnicheskogo simpoziuma "Vtorye mezhdunarodnye Kosygin'skie chteniya, priurochemnye k 100-letiyu RGU imeni A. N. Kosygina"* [Energy - efficient environmentally safe technologies and equipment: collection of scientific papers of the International scientific and technical Symposium "Second international Kosygin readings dedicated to the 100th anniversary of Kosygin Russian State University"], Vol. 1, Moscow: Russian State University named after Kosygin, 2019, pp. 221-223.
3. Fedosov S.V., Fedoseev V.N., Petruhin A.B., Oparina L.A., Martynov I.A. Analiz uslovij pri proektirovanii energosberegayushchih teplonasosnyh sistem dlya avtonomnyh tekstil'nyh proizvodstv [Analysis of conditions in the design of energy-saving heat pump systems for autonomous textile industries], *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya Materialy. Konstrukcii. Tekhnologii* [Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Materials. Constructions. Technologies], 2018, No. 2, pp. 84-91.
4. Teoreticheskie osnovy tekhnologii polucheniya holoda. Holodil'nye mashiny i holodil'nye ustanovki. Osnovnye elementy holodil'nyh mashin [Theoretical foundations of technology for obtaining cold. Refrigeration machines and refrigeration units. The main elements of refrigeration machines.]. Available at: [www.hvac – Shool.ru](http://www.hvac-Shool.ru)
5. Nimich G.V., Mihaylov V.A., Bondar' E.S. Sovremennye sistemy ventilyacii i kondicionirovaniya vozduha [Modern ventilation and air conditioning systems], Kiev: Vidavnichij budinok, Avianpost – Prim, 2003, 630 p.
6. Miram A.O., Pavlenko V.V. Tekhnicheskaya termodinamika. Teplomassoobmen [Technical thermodynamics. Heat and mass transfer], Moscow: ASV, 2016, 352 p.
7. Cvetkov O.B., Laptev Iu.A. Tablicy svojstv holodil'nyh agentov [Tables of properties of refrigerating agents]: uchebno-metodicheskoe posobie [Student manual], Saint Petersburg: NIU ITMO; IHiBT, 2013, 52 p.
8. Fedoseev V.N., Petruhin A.B., Emelin V.A., Voronov V.A., Zaytseva I.A. Energoeffektivnost' rabochego tela (hladona) vozdušnogo teplovogo nasosa v rezhime obogreva avtonomnogo tekstil'nogo cekha (proizvodstva) [Energy efficiency of the working body of the air heat pump in the heating mode of an autonomous textile industry], *Teoriya i praktika tekhnicheskikh, organizacionno-tekhnologicheskikh i ekonomicheskikh reshenij: sbornik nauchnyh trudov* [Theory and practice of technical, organizational, technological and economic solutions: a collection of scientific papers], Ivanovo, 2016, pp. 186-194.
9. Hajnrüh G., Najork H., Nestler V. Teplonasosnye ustanovki dlya otopleniya i goryachego vodosnabzheniya [Heat pump installations for heating and hot water supply]: translated from German. Moscow: Strojizdat, 1985, 351 p., il.
10. Instrukciya po ekspluatatsii teplovogo nasosa s peredachei tepla ot vozduha k vode [Instruction manual for heat pump with heat transfer from air to water]. Available at: [https://solar\\_dom.com/upload/iblock/287/Meeting\\_user\\_manual\\_MD\\_RU\\_.pdf](https://solar_dom.com/upload/iblock/287/Meeting_user_manual_MD_RU_.pdf).



### Information about the authors

FEDOSOV Sergey Viktorovich – Academician of RAASN, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Technology of Binders and Betons of the National Research Moscow State Construction University, Moscow. Honorary worker of higher professional education of the Russian Federation. Honored worker of the higher school of the Russian Federation. Honorary Builder of Russia. Laureate of the Russian Government Prize in Science and Technology. Laureate of the State Prize of the Republic of Mari El in the Field of Architecture and Construction. Scientific direction – heat and mass transfer in technological processes of the construction industry, textile industry, energy saving in buildings.

FEDOSEEV Vadim Nikolaevich – Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Organization of Production and Urban Economy of Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo. Honorary worker of education of the Russian Federation. Gold and silver medals VDNH USSR "For success in the national economy". The winner of the OCE of the Russian Federation. The scientific direction – development of energy-saving technologies of use of renewable and non-traditional sources of energy resources in construction and housing and communal services.

SHEBASHEV Victor Evgenievich – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Academic Affairs, Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola. Research interest – automation of design works, computer-aided design systems, pedagogy of higher education.

ZAYTSEVA Irina Aleksandrovna – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Economics, Management and Finance of Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo. Scientific direction – organizational and economic issues in the study of energy-saving technologies.

KOTLOV Vitaly Gennadievich – Advisor of RAASN, Candidate of Engineering Sciences, Professor of the Department of Building Structures and Water Supply, Director of the Institute of Construction and Architecture of the Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola. The area of interest is the connection of elements of wooden structures, heat and mass transfer. E-mail: KotlovVG@volgatech.net

EMELIN Victor Aleksandrovich – Post-graduate student of the Department of Organization of Production and Urban Economy of Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo. Research interests – development of energy-saving technologies for the use of renewable and non-traditional energy sources in construction and housing and communal services.

### Библиографическая ссылка

Особенности функционирования фреонового контура малоэтажного здания с воздушным тепловым насосом в отопительный период / С. В. Федосов, В. Н. Федосеев, В. Е. Шебашев, И. А. Зайцева, В. Г. Котлов, В. А. Емелин // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Материалы. Конструкции. Технологии. – 2019. – № 4(12). – С. 142-150. – DOI: 10.25686/2542-114X.2019.4.142