



6. Потери тепла можно снизить, совершенствуя инженерные системы, конструктивные решения // FiberglassWindows&Doors. – Режим доступа: <http://elitstekloplast.ru/o-steklokompozite/poleznye-stati/132-poteri-tepla-mozhno-snizit-sovershenstvuya-inzhenernye-sistemy-konstruktivnyie-resheniya.html>(дата обращения: 14.07.2022), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
7. Дома сферической формы: подарок природы или архитектурное излишество? // Дом и ремонт. – Режим доступа: <https://dom-i-remont.info/posts/proekt-doma/doma-sfericheskoj-formy-podarok-prirody-ili-arhitekturnoe-izlishestvo/>(дата обращения: 14.07.2022), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
8. Энергосберегающие окна. Как минимизировать потери тепла // Портал-Энерго. – Режим доступа: <http://portal-energo.ru/articles/details/id/137>(дата обращения: 14.07.2022), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
9. Снижение теплопотерь через окна посредством установки двойных и тройных стеклопакетов // Окна на века. – Режим доступа: <https://okna-veka64.ru/okna/raschet-teplopoter-cherez.html> (дата обращения: 14.07.2022), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
10. Расчет теплопроводности стен: таблица теплопроводности материалов // «СОЛНЦЕ». – Режим доступа: <https://www.solntse.ru/articles/vnutrennyaya-izolyatsiya/kak-rasschitat-teplosoprotivlenie-steny/>(дата обращения: 14.07.2022), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
11. Аэрогелевая изоляция: космические технологии на страже тепла // Просто о строительстве. – Режим доступа: <https://zen.yandex.ru/media/id/5fdb3f8aee49c837afb5a63b/aerogelevaya-izoliatsiya-kosmicheskie-tehnologii-na-straje-tepla-60f9039abbe8c109b0dad8b7>(дата обращения: 14.07.2022), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
12. Что такое аэрогель, его характеристики // Малоэтажная страна. – Режим доступа: <https://m-strana.ru/articles/aerogel-eto/> (дата обращения: 14.07.2022), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
13. Теплоизоляционные материалы: виды утеплителей, применяемых в строительстве // Малоэтажная страна. – Режим доступа: <https://m-strana.ru/articles/teploizolyatsionnye-materialy/> (дата обращения: 14.07.2022), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
14. Колосов А.И. Теплогазоснабжение многоквартирного жилого дома: учеб. пособие/ А.И.Колосов, Д.М.Чудинов, Н.А.Петрикеева, С.А.Яременко, Г.Н.Мартыненко. – Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2014. – 86с.
15. Тихомиров К.В. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция/К. В. Тихомиров, Э. С. Сергеев. – Москва : Стройиздат, 1991. – 480 с.

© А. В. Исанова, Е. Д. Кретова, Д. А. Драпалюк, Н. А. Драпалюк

Ссылка для цитирования:

Исанова А. В., Кретова Е. Д., Драпалюк Д. А., Драпалюк Н. А. Анализ использования современной теплоизоляции на основе аэрогеля при проектировании энергоэффективных зданий // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 4 (42). С. 15–22.

УДК 621.577
DOI 10.52684/2312-3702-2022-42-4-22-26

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОНАСОСНЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

С. А. Логинова, А. А. Тимошин

Логинова Светлана Андреевна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций, Ярославский государственный технический университет, г. Ярославль, Российская Федерация, тел.: +7-906-617-12-27; e-mail: sl79066171227@yandex.ru;

Тимошин Александр Антонович, инженер, ассистент кафедры экономики предприятий, Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург, Российская Федерация, тел.: +7-982-718-58-84; e-mail: sas-timosh@ya.ru

В настоящее время использование тепловых насосов приобретает все большую популярность в связи с удорожанием энергоносителей и постоянно меняющимися климатическими условиями. Удорожание традиционных источников энергии, повышенные требования к эффективности и надежности систем теплоснабжения требуют совершенствования проектных и строительно-монтажных работ, законодательной и нормативной базы. Целью анализа являлась оценка перспективности применения теплонасосных систем теплообеспечения в строительстве. В статье отражена история развития энергоэффективных технологий, позволяющих использовать возобновляемые источники энергии в системах теплоснабжения. В хронологическом порядке описан ряд знаковых для этого направления событий, обозначены приоритетные пути повышения эффективности работы теплонасосных систем. Рассматривается специфика эксплуатационных особенностей теплонасосных систем теплоснабжения, использующих низкопотенциальное тепло атмосферного воздуха. Представлено видение авторами дальнейших перспектив развития теплонасосных систем теплоснабжения в России.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, тепловые насосы, теплообмен, теплообеспечение, эффективность.

ASSESSMENT OF THE PROSPECTS FOR THE USE OF HEAT PUMP HEAT SUPPLY SYSTEMS FOR RESIDENTIAL BUILDINGS

S. A. Loginova, A. A. Timoshin

Loginova Svetlana Andreyevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Structures, Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russian Federation, phone: +7-906-617-12-27; e-mail: sl79066171227@yandex.ru;

Timoshin Aleksandr Antonovich, Engineer, Assistant of the Department of Enterprise Economics, Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russian Federation, phone: +7-982-718-58-84; e-mail: sas-timosh@ya.ru

The use of heat pumps is now becoming increasingly popular due to the rising cost of energy and the ever-changing climate. The increase in the cost of traditional energy sources and increased requirements for the efficiency and reliability of heat supply systems require the improvement of design and construction works, and the legislative and regulatory framework. The purpose of the analysis was to assess the prospects for the use of heat pump heat supply systems in construction. The article reflects the history of development of energy-efficient technologies that allow the use of renewable energy sources in heat supply systems. The chronological order describes a number of significant for this direction of events, identifies priority ways to increase the efficiency of heat pumping systems. The article considers the specificity of operating features of heat pumping systems, using the heat of atmospheric air. The article presents the authors' vision of further prospects for the development of heat pump heat supply systems in Russia.

Keywords: renewable energy sources, heat pumps, heat exchange, heat supply, efficiency.

Введение

В настоящее время ведутся активные научные исследования по развитию воздушных теплонасосных систем, совершенствуются устройства, модернизируются технологии их эффективной эксплуатации. Особое внимание уделяется организационно-технологическому аспекту развития теплонасосной техники, ее рациональной стоимости реализации и эффективности при совмещенном применении в строительстве индивидуальных и малоэтажных строений [1, 2]. Тепловые насосы «воздух – вода» – это воздушные тепловые насосы, использующие тепло окружающего воздуха для нагрева воды.

Основными рынками сбыта для таких систем отопления являются Япония, Китай и Европа [3]. Область применения данных насосов обширна. Как правило, в Европе это обогрев помещений, в Японии – нагрев воды для гигиенических нужд, в США и Китае – обеспечение горячей водой кухонных помещений и душевых кабин. В ООО «Европа-Старт» продажа тепловых насосов пришла на начало двухтысячных годов. Широкое распространение таких насосов определяет также тот факт, что данные устройства способны сократить парниковые выбросы. По основным регионам использования воздушных тепловых насосов современный рынок делится следующим образом: Европа, Северная Америка, Азиатско-Тихоокеанский регион, Латинская Америка, Ближний восток и Африка. По данным JARN, мировой рынок тепловых насосов «воздух – вода» в 2021 году вырос на 19,3%, достигнув объема в 4,1 млн единиц оборудования [4]. Ученые прогнозируют, что наиболее востребованными до 2025 года будут тепловые насосы с использованием воздуха в качестве источника низкопотенциального тепла. Объем

мирового рынка воздушных тепловых насосов составит порядка 102,5 млн долл. Это обусловлено, прежде всего, стоимостью данных теплогенераторов, доступностью воздуха как источника низкопотенциального тепла для любых условий эксплуатации, а также возможностью использовать воздушные тепловые насосы в режиме кондиционера [5, 6].

На Российский рынок тепловых насосов влияют климатические факторы и отсутствие государственных программ по продвижению данных устройств [7].

Стартовой точкой разработки теплохолодильных устройств для целей жизнеобеспечения строений принято считать исследование, проведенное в конце XVII века Р. Бойлем и Отто фон Герике, в результате которого был установлен факт испарения воды в вакуумной среде при низких температурах [8]. Позднее М.В. Ломоносов в труде «Размышления о причине теплоты и холода» впервые озвучил концепцию развития и организации производства теплохолодильной технологии, которая является основой в механико-химическом тепло-охлаждении с помощью хладагентов.

Уильям Каллен в 1755 году разработал устройство, состоящее из двух емкостей. В первой из них эфир растворялся в виде газа, а во второй – конденсировался, отдавая при этом в атмосферу отобранное в холодильной камере тепло. Данное устройство считается предшественником теплового насоса [9].

В 1805 году Оливер Эванс сформулировал принцип замкнутого испарительно-компрессионного цикла охлаждения. Стоит отметить тот факт, что фундаментальные основы теплохолодильных исследований заложены в работах Николя Леонар Сади Карно «Размышления о движущей силе огня и

о машинах, способных развивать эту силу». В 1824 году Карно вывел условия, при которых коэффициент полезного действия (КПД) паровых машин мог достигать максимального значения. Все это нашло отражение в 50-е годы XIX века в диссертации Уильяма Томсона (Кельвина). 1855 год ознаменован созданием первых реальных прототипов теплонасосных систем. Уже в 1873 году была разработана первая компрессионная теплохолодильная машина на аммиаке, автором которой стал Карл фон Линде. Данная машина была установлена в техническом колледже в Мюнхене для отопления помещения. В 1912 году Генрихом Золи был получен первый патент на технологию геотермальных тепловых насосов для отопления строений [10].

Российский ученый В. А. Михельсон в 1920 году разработал проект пароконденсационной установки для зданий и сооружений с дополнительным аккумулированием солнечного тепла [11].

В 30-е годы XX века теплонасосные устройства (ТНУ) продолжили свое развитие, что привело к созданию в США нескольких стендовых установок. Одним из старейших объектов с теплонасосной системой принято считать здание Объединенной штаб-квартиры в Нью-Хейвен.

В конце XX века в странах Европы, Японии и США начинается массовое производство ТНУ для теплоснабжения зданий и сооружений различного назначения. В 90-е годы общее количество работающих ТНУ в развитых странах превысило 12 млн, а ежегодный выпуск составил более 1 млн. Далее ежегодное количество производимых теплонасосных установок увеличивалось приблизительно на 30 % [10–12]. Современный период характеризуется массовым производством тепловых насосов практически во всех развитых странах.

Постановка задачи

Одной из главных проблем развития теплоснабжения зданий тепловыми насосами в России является отсутствие нормативной документации для данных теплогенераторов. Для корректной работы энергоэффективных тепловых насосов требуется разработка системы современных Российских ГОСТов и СП, на основании которых специалисты смогут принимать профессиональные, корректные решения в ходе производства проектных и монтажных работ. В настоящее время для подготовки нормативных документов не хватает экспериментальных данных по оценке эффективности применения тепловых насосов в системе теплообеспечения. Существенным недостатком воздушных тепловых насосов является понижение коэффициента преобразования тепла.

Методы исследования

Исследование проводилось с помощью теплового насоса «воздух – вода» MeetingMD20D (рис.1). Экспериментально была установлена зависимость коэффициента эффективности воздушного теплового насоса от температуры наружного воздуха.



Рис. 1. Тепловой насос «воздух – вода» MeetingMD20D

Обсуждение результатов

Применение тепловых насосов весьма оправдано. Основными достоинствами их использования являются экономичность за счет рационального использования затраченной энергии (например, при подводе к тепловому насосу электроэнергии в 1 кВт на выходе получится 3 кВт); повсеместность использования; экологичность, благодаря применению фреонов, не содержащих хлоруглеродов и не разрушающих озоновый слой; универсальность за счет возможности эксплуатации теплового насоса в режиме отопления в холодный период года и кондиционирования – в летний период; взрыво- и пожаробезопасность [12].

Весомым недостатком воздушных тепловых насосов является высокая стоимость установленного оборудования. Поэтому комбинированные системы тепло- и холодоснабжения тепловых насосов с солнечными коллекторами, ветрогенераторами и малоемкими добавочными энергоносителями экономически выгодны [13, 14].

Еще одним существенным недостатком воздушных тепловых насосов является понижение коэффициента преобразования тепла, связанный со снижением температуры окружающей среды. В таблице приведены полученные авторами статьи экспериментальные данные по определению коэффициента эффективности воздушного теплового насоса. Температурный диапазон наружного воздуха был принят от –25 до 25 °С.

Согласно нормативным источникам, комфортные воздушно-тепловые условия в помещении, обусловленные аэродинамической устойчивостью теплонасосной системы отопления и сбалансированным теплообменом приточного вытяжного воздуха, соответствуют коэффициенту эффективности в пределах 2,5 ÷ 4,0 [2]. При этом значение COP = 2,5 соответствует режиму нагрева теплоносителя до 50 °С, а значение COP = 4 – до 30 °С.

На рисунке 2 приведены результаты расчета коэффициента эффективности для теплонасосной системы мощностью 7 кВт при температуре воздуха в помещении 20–24 °С и температуре теплоносителя в 35 и 55 °С. Значение коэффициента эффективности теплового насоса сильно не меняется, что подтверждается расчетами.

На российский рынок тепловых насосов в первую очередь влияют такие факторы, как особенности климата и отсутствие государственных программ по продвижению данных устройств. На рисунке 3 визуализированы

данные о тепловых насосах различной мощности, представленных на российском рынке.

Из рисунка 3 видно, что наиболее востребованы тепловые насосы с максимальной тепловой мощностью менее 8 кВт. Это объясняется тем, что

в настоящее время на территории Российской Федерации тепловые насосы используются в основном для отопления небольших помещений, площадь которых не превышает 200 м².

Таблица

Зависимость коэффициента эффективности воздушного теплового насоса от температуры наружного воздуха

	Температура теплоносителя, °С	Температура наружного воздуха, °С					
		-25	-15	-5	5	15	25
Коэффициент эффективности (COP)	30	1,28	1,84	2,12	2,96	3,52	4,08
	55	1,0	1,28	1,56	1,98	2,4	2,86

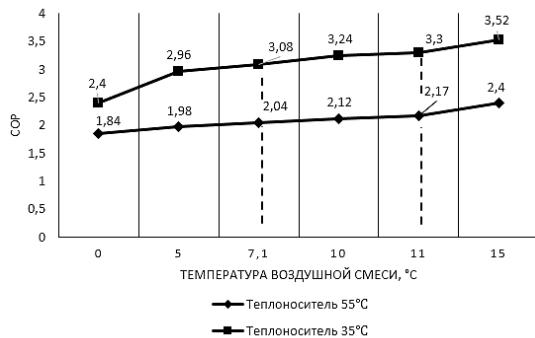


Рис. 2. Расчет значений коэффициентов эффективности

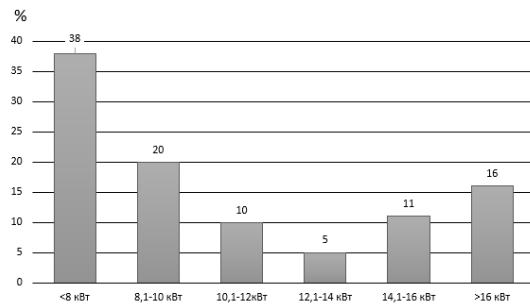


Рис. 3. Российский рынок тепловых насосов различной мощности

Выводы

На основании хронологии развития теплонасосных систем появляется возможность определения путей дальнейшего совершенствования энергоэффективного теплоснабжения зданий и сооружений:

- разработка собственной нормативно-проектной документации, основанной на достоверных научных исследованиях теплонасосных систем, учитывающей специфику природно-климатических условий и особенности теплоснабжения РФ;
- увеличение субсидирования научных исследований теплонасосных систем со стороны государства;
- разработка и внедрение отечественных аналогов систем, импортозамещение передовых зарубежных аналогов.

Экономичность, универсальность, вариативность применения воздушных тепловых насосов для систем теплоснабжения зданий и сооружений открывают перспективы в области поиска решений по энергосбережению и сокращению использования невозобновляемых ископаемых, улучшению экологии окружающей среды.

Список литературы

1. Панков А. С. Повышение эффективности систем обеспечения микроклимата помещений / А. С. Панков, Д. Ю. Меньшаков, С. А. Логинова // Будущее науки – 2022. – Курск, 2022. – С. 427–430.
2. Федосов С. В. Тепловые процессы в испарительно – конденсационном контуре системы воздушного теплового насоса / С. В. Федосов, В. Н. Федосеев, С. А. Логинова // Приволжский научный журнал. – 2022. – № 1 (61). – С. 104–111.
3. Филиппов С. П. Перспективы применения воздушных тепловых насосов для теплоснабжения жилых зданий в различных климатических условиях / С. П. Филиппов, М. С. Ионов, М. Д. Дильман // Теплоэнергетика. – 2012. – № 11. – С. 11–19.
4. Че Боя. Разработка системы теплоснабжения с применением тепловых насосов для условий Китая / Че Боя, Т. Ю. Салова // Научный вклад молодых исследователей в сохранении традиций и развитие АПК : сборник трудов научно-практической конференции. – 2016. – С. 156–258.
5. Тускаева З. Р. Оценка экологической безопасности зданий / З. Р. Тускаева, О. У. Фарниев // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – № 3 (37). – С. 16–21.
6. Подскребкин А. Д. Опыт использования тепловых насосов в мире и в России / А. Д. Подскребкин, В. Ф. Дягилев, С. Т. Полищук // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. – 2016. – № 4. – С. 15–21.
7. Ермаков А. А. Исследование тепловых насосов / А. А. Ермаков. – Москва : LAP Lambert Academic Publishing, 2011. – 172 с.
8. Хайнрих Г. Теплонасосные установки для отопления и горячего водоснабжения / Г. Хайнрих, Х. Найорк, Н. Нестлер. – Москва : Стройиздат, 2014. – 351 с.



9. Свалова М. В. Анализ типов тепловых насосов / М. В. Свалова, Е. Н. Кольцов // Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации : сборник научных трудов. – 2019. – С. 70–77.
10. Лунева С. К. К вопросу применения тепловых насосов / С. К. Лунева, А. С. Чистович, И. Х. Эмиров // Технические технологические проблемы сервиса. – 2013. – С. 45–52.
11. Мазур В. А. Тепловые насосы – шаг в будущее строительства // Холодильная техника и технология. – 2012. – № 57. – С. 19–22.
12. Хакимуллин Б. Р. Опыт создания и внедрения тепловых насосов в России / Б. Р. Хакимуллин, И. З. Багаудинов // Инновационная наука. – 2016. – С. 192–194.
13. Федосов С. В. Проектирование и эксплуатация зданий при решении совместного энергоэффективного теплоснабжения и микроклимата / С. В. Федосов, В. Н. Федосеев, Л. А. Опарина // Актуальные проблемы строительства, стройиндустрии и архитектуры : сборник материалов XX Международной научно-технической конференции. – Тула, 2019. – С. 324–328.
14. Семенова Э. Е. Использование тепловых насосов для повышения энергоэффективности гражданских зданий / Э. Е. Семенова, Т. В. Богатова, А. В. Исанова, М. В. Рубцова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2022. – № 1(39). – С. 29–32.

© С. А. Логинова, А. А. Тимошин

Ссылка для цитирования:

Логинова С. А., Тимошин А. А. Оценка перспектив применения теплонасосных систем теплоснабжения жилых зданий // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань: ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 4 (42). С. 22–26.

УДК 628.16.081.3
DOI 10.52684/2312-3702-2022-42-4-26-29

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОСТОЧЕК ФИНИКОВ В КАЧЕСТВЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО АДсорбЕНТА
ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД**

Рахал Закариа, Чекима Хамза, А. С. Смоляниченко, Н. С. Серпокрялов

Рахал Закариа, аспирант, Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, тел.: +7-908-500-71-36; e-mail: zakariarhl@yahoo.com;

Чекима Хамза, аспирант, Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, тел.: +7-952-570-63-77; e-mail: hamzachekima@mail.ru;

Смоляниченко Алла Сергеевна, кандидат технических наук, доцент, Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация;

Серпокрялов Николай Сергеевич, доктор технических наук, профессор, Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, тел.: +7-918-555-18-46; e-mail: nik.serpokrilov@yandex.ru

Вода быстро впитывает загрязнения и может растворять многие органические, неорганические вещества, поскольку является универсальным растворителем. Эти загрязнители невидимы невооруженным человеческим глазом. Общее количество растворенных твердых веществ выражается как TDS, что является мерой количества органических и неорганических веществ, присутствующих в воде. Адсорбирующий материал был получен из отходов косточек финиковой пальмы (которые ежегодно в больших количествах выбрасываются заводами) для очистки поверхностных, грунтовых вод и/или сточных вод от TDS. Косточки финиковой пальмы получают без активации и каких-либо добавок, поэтому они очень экономичны и экологически безопасны. Результаты исследований по определению сорбционной емкости общего количества растворенных твердых веществ (ТДС) показали высокую эффективность, так как адсорбции ТДС достигла 52 мг/дм³ и ТДС нагрузка 4,5 мг/мин.

Ключевые слова: косточки финиковой пальмы, TDS, грунтовые воды, очистка воды, адсорбция.

**APPLICATION OF DATE-PALM KERNELS AS A POTENTIAL ADSORBENT
FOR GROUNDWATER TREATMENT**

Rahal Zakaria, Chekima Hamza, A. S. Smolyanichenko, N. S. Serpokrylov

Rahal Zakaria, post-graduate student, Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation, phone: +7-908-500-71-36; e-mail: zakariarhl@yahoo.com;

Chekima Hamza, post-graduate student, Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation, phone: +7-952-570-63-77; e-mail: hamzachekima@mail.ru;

Smolyanichenko Alla Sergeevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation;