

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

118-1

20-22 октября 2022 года

УДК 620.92

Н.В.ФИЛИППОВА, студент гр. ЭСТб-20-1 (ИРНИТУ)

А.Н. ПЕТРОВА, ассистент, аспирант (ИРНИТУ)

Научный руководитель Е.В. САМАРКИНА, к.т.н., доцент (ИРНИТУ)

г. Иркутск

**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ
НАСОСОВ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СИБИРИ**

В настоящее время для получения энергии традиционно используют органическое топливо. При этом известно, что при его сгорании происходит образование различных вредных выбросов, которые попадают в окружающую среду.

Кроме этого, существуют территории, удаленные от энергообъектов, к которым невозможно подвести тепловые сети. При этом меняющаяся экономическая ситуация мотивирует потребителей искать новые решения в привычных вопросах, задумываясь о возможных источниках тепла. В индивидуальных жилых строениях подобными источниками могут являться твердотопливные или газовые котлы. Однако, зачастую, магистральный газопровод может отсутствовать в непосредственной близости, либо стоимость подключения к нему необоснованно высока. А у твердотопливных котлов, как правило, отсутствует система автоматизации подачи топлива, что создает дополнительные сложности. Выходом из сложившейся ситуации может являться выбор потребителем системы теплоснабжения с использованием теплового насоса.

Анализ литературных источников показал, что тепловые насосы в системах горячего теплоснабжения различных объектов применяются как в России, так и за рубежом.

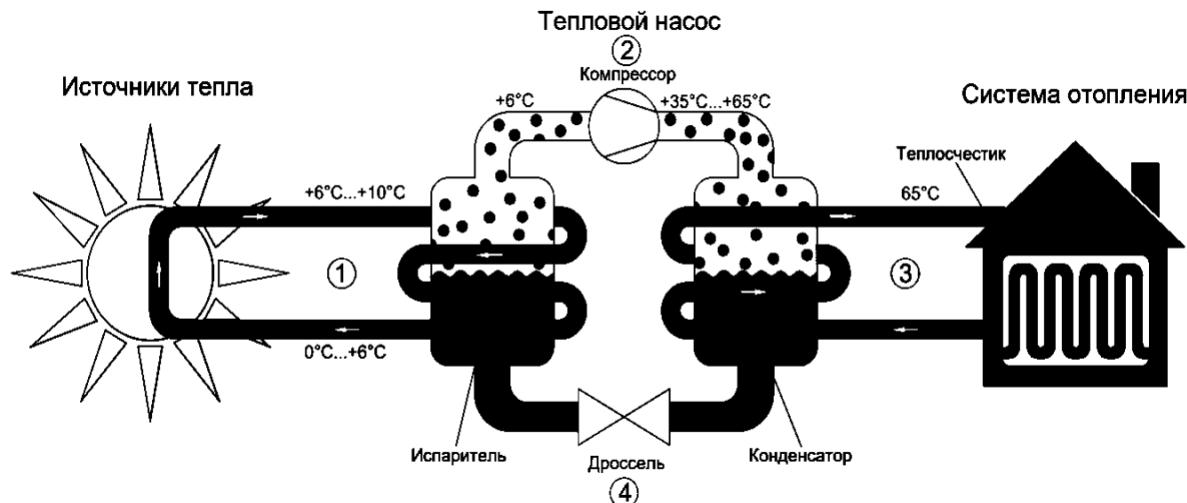
В общем виде тепловой насос состоит из компрессорной установки, конденсаторного теплообменника, испарительного теплообменника, электромеханических элементов системы управления работой насоса (выключатели, реле, магнитные пускатели циркуляционного насоса и вентиляторов и т.д.), средств автоматики и присоединительной арматуры (теплосчетчик и т.п.).

На рис. 1. показан принцип работы теплонасосной установки (ТНУ).

V Всероссийская (с международным участием) молодежная научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»

118-2

20-22 октября 2022 года



Контур, который находится в грунте или в грунтовых водах, поглощает тепло окружающей среды и передает его хладагенту теплового насоса (1).

Рис. 1 – Принципиальная схема теплового насоса

В компрессорной установке происходит сжатие и передача по трубопроводам хладагента, например, фреона – R410A, R407C. Рост давления в компрессоре приводит к повышению температуры хладагента ($+35^{\circ}\text{C}...+65^{\circ}\text{C}$). Сжатый до 40 бар фреон передает тепловую энергию потребителю (2).

Тепло передается воде отопительного контура и горячего водоснабжения (например, теплоотдача в помещениях через систему теплых полов). Потребитель отдает энергию отопительной системе (адиабатический процесс), вследствие чего, температура фреона понижается, и он возвращается из газообразного состояния в жидкое (изотермический процесс).

Проходя через дроссель хладагент расширяется за счет снижения давления и понижения его температуры, и при передаче по каналам испарителя вновь становится газом. Температура газа снижается, осуществляется нагрев хладагента от источника – воды, воздуха, земных недр и т.п. Затем уже холодный фреон перемещается в компрессор (в газообразном состоянии), и рабочий цикл возобновляется [4].

Анализ конструкций и технологий, применяемых для забора и распределения энергии, показал, что различают следующие виды ТНУ.

1. По виду передачи энергии.

а) Компрессионные. Основные элементы установки: компрессор, конденсатор, расширитель и испаритель. Используется цикл сжимания-

V Всероссийская (с международным участием) молодежная научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»

118-3

20-22 октября 2022 года

расширения теплоносителя с выделением тепла. Этот тип ТНУ прост, высокоэффективен и наиболее популярен.

б) Абсорбционные. Это ТНУ нового поколения, использующие в качестве рабочего тела пару абсорбент-хладон. Применение абсорбента повышает эффективность работы [1].

2. По виду теплоносителя входного/выходного контура.

Сравнительные данные ТНУ, их преимущества и недостатки представлены в таблице 1.

Таблица 1
Характеристика ТНУ по виду теплоносителя

По виду теплоносителя входного/выходного контура	Преимущества	Недостатки
1	2	3
«Воздух-воздух» Источник энергии – атмосферный воздух	Низкая стоимость	Невозможность организации горячего водоснабжения
	Удобство и скорость монтажа	Снижение показателя СОР при отрицательных температурах;
	Отсутствие утечек теплоносителя	Необходимость в монтаже внутренних блоков в комнатах, устройстве воздуховодов
		Использование в домах с сезонным проживанием
«Воздух-вода» Источник энергии – теплоноситель в контуре ГВС	Возможность организации ГВС	Невозможность использования при температурах ниже -20 ° С
	Срок службы, надежность	Использование только в теплых регионах
	Бурение скважин не требуется	Значительное снижение коэффициента СОР ¹ при отрицательных температурах
	Максимальная эффективность весной и осенью	Необходимость в размораживании наружного блока
«Вода-вода» Источник энергии – грунтовые воды	Постоянная температура (>+7°C)	Необходимость обустройства дренажного колодца для отобранных вод

¹ Коэффициент СОР – коэффициент преобразования, тепловой коэффициент. Это значение показывает, во сколько раз ТНУ производит больше энергии, чем потребляет сам.

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

118-4

20-22 октября 2022 года

		Отсутствие или значительная глубина залегания грунтовых вод
		Нестабильность дебета скважины
		Рационально только при непосредственной близости реки или водоема
		Определенные параметры воды

Продолжение таблицы 1

По виду теплоносителя входного/выходного контура		Преимущества	Недостатки
		1	2
«Вода-воздух»		—	—
«Лед-вода»		Замораживание 100–200 л воды способно обеспечить обогрев среднего дома в течение часа	—
«Грунт-вода» Источник энергии – недра земли [5]	Горизонтальный контур	Стоимость	Значительная занимаемая площадь, на которой запрещена посадка деревьев и другие работы по благоустройству
		Одновременная работа с прокладкой других инженерных сетей	Необходимость обеспечения естественного попадания осадков и солнечного света
		Стабильный параметр COP независимо от поры года и температуры воздуха	Невозможность выполнения при завершенном ландшафтном оформлении участка
	Вертикальный контур	Значительно сокращается необходимая для обустройства площадь	Необходимость проведения предварительных инженерно-геологических изысканий
		Стабильность показателя COP	Задействование буровых установок и специального оборудования
		Возможность установки теплового насоса в жилых	Стабилизация теплоотдачи на 2–3 сезон эксплуатации

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»**

118-5

20-22 октября 2022 года

		домах, предприятиях про- мышленности	
	Наклонный контур	—	—

3. По источнику тепла.

а) Геотермальные;

б) Воздушные;

в) Использующие вторичное тепло (воздух, вода, канализационные стоки).

Проанализировав каждый вид ТНУ по входу/выходу теплоносителя, можно выделить основные преимущества и недостатки.

Первое и несомненное преимущество ТНУ – экономичность и эффективность. Для подачи в систему отопления 1 кВт·ч тепловой энергии расходуется всего 0,2 – 0,3 кВт·ч электроэнергии [2].

При работе ТНУ не выделяются продукты горения и используемый хладагент безопасен для окружающей среды, который не содержит хлоруглеводородов, что говорит об их экологичности.

ТНУ многофункциональны. Тепло, взятое у природы, можно направлять на обогрев дома зимой, в летний период ТНУ дают возможность обеспечить помещению прохладу. Но, к сожалению, не все модели оснащены такой функцией. В частности, они могут участвовать в организации горячего водоснабжения (ГВС).

Благодаря отсутствию строгих требований к системам вентиляции помещений, а также высокому уровню пожарной безопасности ТНУ безопасны.

ТНУ способны бесперебойно работать 15-20 лет. Замена компрессора может потребоваться раз в 10 – 15 (максимум 20) лет.

И, немаловажным преимуществом, являются их бесшумность работы и компактность [1].

Помимо достоинств у системы есть и слабые стороны, что вызывает проблемы использования ТНУ в условиях Сибири. Так как климат региона обусловлен низкой среднегодовой температурой, варианты с воздушными насосами применять нецелесообразно, ввиду их низкой энергетической эффективности. Нередко температура бывает ниже -20°C , что приводит к необходимости дополнительного источника тепла. Бивалентная система заключается в подключении к насосу с недостаточной теплопроизводительностью теплогенератора – газового котла, электрообогревателя и т.п., что достаточно сильно увеличивает затраты на ТНУ при и так высокой стоимости ее оборудования. Рынок техники в основном представлен зарубежным

V Всероссийская (с международным участием) молодежная научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ»

118-6

20-22 октября 2022 года

производством, что в настоящее время при введении санкций усложняет приобретение и установку качественной и работоспособной ТНУ.

Большим недостатком является и то, что в сравнении с системой горячего водоснабжения (ГВС), которая обеспечивает температуру воды по СанПиНу 2.1.4.2496-09, независимо от применяемой системы теплоснабжения, не ниже 60 °С и не выше 75 °С, ТНУ не может работать на достаточный нагрев воды [3]. Это примерно 50-60 °С. Из-за такой проблемы сложно сказать - будет ли целесообразно применять ТНУ без дополнительного тепло-генератора в зимний период, когда средняя температура воздуха на севере Западной Сибири достигает -40 °С, а на юге до -15 °С.

Большую часть года в Сибири температура воздуха ниже нуля, поэтому необходим учет фактора охлаждения грунта при эксплуатации. Это является сильным препятствием для установки насосов «вода-грунт» и «вода -вода». Подземные воды и грунт [5] не успевают компенсировать свой тепловой потенциал за короткий летний период, что сильно снижает эффективность работы ТНУ.

Однако, тем не менее, ТНУ «вода - грунт» и «вода - вода» являются одним из самых выигрышных вариантов нетрадиционного получения энергии для ГВС в условиях Сибири. Ведь регион богат термальными источниками и пробуренными скважинами на большей части жилых участков данной территории, что исключает большие затраты и сложность установки ТНУ.

Таким образом, рассмотренные решения позволяют не только рационально использовать топливно-энергетические ресурсы, но и внедрять энергосберегающие технологии генерации теплоты с использованием альтернативных источников энергии.

Список литературы:

1. Трубаев П.А. Тепловые насосы: учеб. пособие / Трубаев П.А., Гришко Б.М. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. - 143 с.
2. Куртова Н.А. Энергосберегающие инженерные системы в жилищном строительстве. Журнал «Оборудование Разработки Технологии». 2011, № 4-6. – С. 23-27.
3. Использование тепловых насосов в системах горячего водоснабжения зданий: обзор [Электронный ресурс] // Сантехника. 2003. N 3. Режим доступа: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2100
4. Нагрев и охлаждение с помощью теплового насоса: обзор [Электронный ресурс] // 2022. Режим доступа: <https://www.nrcan.gc.ca/energy->

**V Всероссийская (с международным участием) молодежная
научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАР»**

118-7

20-22 октября 2022 года

efficiency/energy-star-canada/about/energy-star-announcements/publications/heating-and-cooling-heat-pump/6817

5. Плюсы и минусы грунтовых тепловых насосов: обзор [Электронный ресурс] // 2016. Режим доступа: <https://www.greenmatch.co.uk/blog/2016/01/pros-and-cons-of-ground-source-heat-pumps>

Информация об авторах:

Филиппова Надежда Владиславовна, студент гр. ЭСТб-20-1, ИРНИТУ, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83, nadezhda.filipova_2000@mail.ru

Петрова Анастасия Николаевна, ассистент кафедры теплоэнергетики, аспирант, ИРНИТУ, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83, nastya.s.09@mail.ru

Самаркина Екатерина Владимировна, к.т.н., доцент, ИРНИТУ, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 83, ekatsamar@yandex.ru