

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В ИНДИВИДУАЛЬНОМ ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

PROSPECTS FOR THE USE OF HEAT PUMP INSTALLATIONS FOR HEAT SUPPLY IN INDIVIDUAL HOUSING CONSTRUCTION

Портнов В.В., кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой теоретической и промышленной теплоэнергетики, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Россия

Portnov V.V., PhD in Technical Sciences, Docent, Head of the Department of Theoretical and Industrial Thermal Power Engineering, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

Орловцева О.А., кандидат технических наук, доцент, доцент, ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова», Москва, Россия

Orlovitseva O.A., PhD in Technical Sciences, Docent, Associate Professor, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Аннотация. В связи с развитием технологии недорогого быстровозводимого жилья (БВЖ) в индивидуальном жилищном строительстве (ИЖС) одним из ключевых вопросов становится проблема выбора эффективной системы теплоснабжения. Одним из перспективных, недорогих и надежных решений является использование теплонасосных установок типа «воздух-воздух».

Ключевые слова: система теплоснабжения, теплонасосная установка, индивидуальное жилищное строительство.

Abstract. Due to the development of low-cost prefabricated housing technology in individual housing construction, one of the key issues is the problem of choosing an efficient heat supply system. One of the promising, inexpensive and reliable solutions is the use of air-to-air heat pumping units.

Keywords: heat supply system, heat pump system, individual housing construction.

В настоящее время наблюдается очередная волна популярности индивидуального загородного жилищного строительства. И не в последнюю очередь в этом сыграл факт значительного технического и технологического прогресса в создании и возведении быстровозводимого жилья. Основными видами являются:

- модульные дома – дом собирается из готовых блоков (модулей) с отделкой и коммуникациями, произведенных на заводе;
- каркасные дома – на участке возводится деревянный или металлический каркас, который утепляется и обшивается;
- домокомплекты (prefab-панели) – использование готовых стеновых панелей заводского изготовления, которые собираются на участке;

- дома из сэндвич-панелей (SIP-панелей) – строительство из крупных панелей (утеплитель + OSB), которые являются одновременно и стеной, и утеплителем;
- блочные дома – возведение стен из крупных блоков (газобетон, арболит).

Быстрые сроки возведения (от нескольких дней до 2-3 месяцев), относительно небольшой вес дома (что вполне может быть возведен на фундаменте из винтовых свай или на свайном/свайно-ростверковом фундаменте), а так же меры государственной поддержки (льготная ипотека – для семей с детьми под 6 %, использование материнского капитала и эскроу-счетов, которые защищают средства покупателя) – все это привело к необычайной популярности БВЖ в загородном строительстве даже для семей с относительно небольшим достатком.

Но вот вопрос теплоснабжения возведенного жилища становится как правило актуальным уже в конце строительства (обычно в конце теплого сезона). При отсутствии магистрального газа стоимость участка для индивидуального жилого строительства обычно для Воронежской области не превышает 1-1,5 млн рублей. Наличие же введенного газа увеличивает эту цену минимум в полтора раза. Очень часто бывает «газ по границе участка» - в этом случае аффилированные с газоснабжающими структурами различные частные «фирмы-прослойки» просят от 250 тыс только за ввод на участок.

Из доступных централизованных энергоносителей остается, как правило, только электроэнергия, зачастую лимитированная по мощности (7-10 кВт).

В этом случае традиционный набор источников тепловой энергии невелик: твердое/жидкое топливо и электроэнергия.

Как следует из обзора [1], есть ряд серьезных недостатков у этих источников:

- твердое топливо (дрова, уголь, пеллеты, топливные брикеты и пр.) – требуют больших мест для хранения, защищенных от атмосферных осадков, постоянного контроля устройства для горения, сложность процессов автоматизации и дистанционного контроля горения, высокая стоимость;
- жидкое топливо (керосин, дизтопливо) – высокая стоимость, пожаровзрывоопасность, сложность хранения;
- электроэнергия (при прямом преобразовании в электронагревательных элементах) – высокая стоимость, значительная потребляемая мощность.

К тому же исторически сложилась в нашей стране приверженность к водяной системе теплоснабжения, в которой выработка тепла происходит в котле (электро или твердотопливном), передача по трубам и нагрев воздуха в помещении в нагревательных приборах (радиаторах, панелях, трубчатых регистрах).

Немного математики по ценам источников тепла:

- стоимость электрокотла для отопления частного дома зависит от его мощности, функциональности и производителя; цены на популярные модели начинаются от 8700 рублей за простые маломощные варианты и могут достигать 130000 рублей и выше для мощных устройств с расширенными возможностями; в среднем и малобюджетном варианте – до 20 тыс;
- стоимость твердотопливных котлов в 2026 году варьируется в очень широком диапазоне; на цену влияет множество факторов: тип котла, его мощность, материал

теплообменника, бренд и наличие автоматики; для дома в 100 кв. м обычно рекомендуют котел на 10-12 кВт, а для 200 м² – на 25-30 кВт; ориентировочные цены в зависимости от площади: 80–100 м² – 45000-70000 руб.; самые доступные – простые дровяные, далее по росту цен – модели длительного горения (от 50000 руб.), пиролизные (газогенераторные) котлы, с КПД до 90 % (от 80000 руб.), пеллетные с автоматической подачей топлива (от 150000 руб.).

Стоимость твердого топлива (для Воронежской области):

- от 1500 руб. (сосна) до 3000 (дуб) за кубометр дров без учета доставки (1500-2500 руб.);
- уголь от 10000 руб. за тонну без учета доставки;
- пеллеты – 16-25 руб./кг.

Стоимость электроэнергии для отопления сельский тариф начинается от 4,5 руб. за кВт*ч и растет в зависимости от объема потребленной энергии в месяц.

Количество потребленного топлива за сезон (дом со средним утеплением с площадью 100 кв.м):

- 8-12 кубометров сухих дров на весь отопительный сезон;
- 5-8 тонн угля;
- пеллеты – 4,5 -6,5 тонн.

При отоплении электричеством в электродкотлах или конвекторах – от 13 тыс. кВт*ч за сезон.

В водяной системе отопления кроме котла затраты на трубы, арматуру, нагревательные приборы – от 100 тыс. руб., монтаж от 80 тыс.

При этом водяная система отопления имеет ряд недостатков (кроме описанной выше сложности и дороговизны монтажа):

- опасность протечек и «размораживания»: в системе под давлением находится большое количество воды, любое нарушение герметичности соединения или повреждение трубы приведет к протечке, которая может залить полы, испортить ремонт и мебель; при замерзании лед расширяется и разрывает трубы и радиаторы, полностью выводя систему из строя (можно избежать в случаях использования специальных незамерзающих жидкостей [2]);

- инерционность (медленный прогрев);
- сложность регулировки (современные системы с автоматикой позволяют гибко настраивать температуру, но нагрев помещений происходит медленно по-прежнему);
- зависимость от электричества (питание циркуляционного насоса), система же с естественной циркуляцией (гравитационная) еще более дорогая и сложная;
- сложность ремонта и обслуживания: заменить радиатор или трубу – надо сливать систему и останавливать теплоснабжение всего дома; теплоноситель периодически надо заменять и промывать систему.

В настоящее время все больше приобретает популярность использование теплонасосных установок для отопления дома [3].

История развития тепловых насосов охватывает несколько веков и связана с прогрессом в термодинамике и технологиях. В 1824 году французский физик Сади Карно описал теоретические основы циклов, которые позже стали ключевыми в работе холодильных машин и тепловых насосов. Его работа о тепловых двигателях заложила основу для понимания

преобразования тепловой энергии [4]. В 1852 году британский ученый лорд Кельвин (Уильям Томсон) предложил идею систем, способных переносить тепло, а не только вырабатывать его. Он предположил возможность использования низкопотенциальной энергии окружающей среды для обогрева помещений.

С момента практического воплощения (в 1912 году швейцарский инженер Генри Хопплер-Этдельвейс построил тепловой насос для обогрева здания в Цюрихе) до момента широкого применения прошло чуть более полувека. И в немалой степени этому поспособствовал мировой энергетический кризис 1970-х годов. С тех пор развитие теплонасосной техники пошло необычайно быстро.

Во многих странах применение теплонасосных установок было стимулировано правительствами многих стран.

В Германии действует федеральная программа BEG EM (Bundesförderung für effiziente Gebäude - Einzelmaßnahmen), которая предоставляет субсидии на установку тепловых насосов. Базовая субсидия составляет 25 % от инвестиционных затрат. Если тепловой насос заменяет устаревшую систему отопления (мазутную, газовую, угольную или ночную накопительную), работающую на ископаемом топливе, и использует природный хладагент, размер субсидии увеличивается до 40 %. Максимальная сумма поддержки – 60000 евро.

В США действуют как федеральные, так и региональные программы стимулирования. В рамках Закона о снижении инфляции (IRA) предусмотрена налоговая скидка в размере 30 % для тепловых насосов, сертифицированных ENERGY STAR. Также программа предлагает скидки на установку тепловых насосов для домохозяйств, отвечающих критериям дохода: до 8000 долларов США на систему для домохозяйств с низким доходом.

Ранее во Франции существовали налоговые кредиты на установку тепловых насосов. С 2005 года они покрывали 50 % инвестиционных затрат (с лимитом в 8000 евро за один тепловой насос или 16000 евро за несколько). В 2010 году ставки были скорректированы: для грунтовых тепловых насосов кредит составил 40 %, для воздушных – 25 %, для бытовых систем ГВС – 40 %. Позже ставки были снижены на 10 % для всех типов.

В Стратегии низкоуглеродного развития России до 2050 года, утвержденной в 2021 году, предусмотрены меры по стимулированию использования тепловых насосов в жилых и коммерческих объектах. В рамках интенсивного сценария стратегии планируется снизить чистые выбросы парниковых газов на 60 % к 2050 году по сравнению с уровнем 2019 года. Среди мер поддержки – энергоэффективное обновление систем отопления и горячего водоснабжения. Согласно Постановлению Правительства РФ от 17 июня 2015 года №600, тепловые насосы, использующие возобновляемые источники энергии (грунт, воду, воздух), признаны объектами и технологиями высокой энергетической эффективности. Это позволяет их производителям и пользователям претендовать на государственную поддержку, включая инвестиционный налоговый кредит.

Главный показатель эффективности теплового насоса – COP (Coefficient of Performance) – коэффициент преобразования производительности. Он показывает, во сколько раз количество переданного тепла превышает затраты на электроэнергию насоса. Если тепловой насос потребляет 1 кВт электроэнергии, а имеет $COP = 3$, то выдает 3 кВт тепловой энергии.

С понижением температуры источника COP снижается.

В настоящий момент промышленные тепловые насосы бывают в основном трех видов по типу забираемой из окружающей среды теплоты:

- «воздух-воздух» (источник – атмосферный воздух); самый популярный тип установок, занимающий около 2/3 мирового рынка (примерно \$40-44 млрд в 2025 году); их популярность обусловлена простотой установки и более низкой ценой по сравнению с другими типами;

- «грунт-вода»: тепло собирается из грунта с помощью горизонтальных коллекторов (укладка труб на глубине 1-3 метра) или вертикальных зондов (скважины глубиной 50-150 метров) и передается в систему отопления дома;

- «вода-вода»: тепло забирается из грунтовых вод (через скважину) или водоема и передается воде в системе отопления.

Современные тепловые насосы типа «воздух-воздух» – это высокотехнологичные устройства, которые по своей сути являются эволюционировавшими инверторными кондиционерами, оптимизированными для эффективной работы в режиме отопления, даже в условиях суровой зимы.

Чтобы обеспечивать эффективный обогрев зимой, современные тепловые насосы «воздух-воздух» оснащаются рядом усовершенствований по сравнению с обычными кондиционерами:

- работа при низких температурах: топовые модели рассчитаны на стабильную работу при температурах до $-25^{\circ}\text{C} \dots -30^{\circ}\text{C}$. Этого удастся достичь за счет использования более мощных компрессоров (часто спирального типа с технологией EVI – подогревом пара), увеличенных теплообменников и эффективной автоматики;

- все современные модели являются инверторными: это означает, что компрессор работает не рывками (вкл/выкл), а плавно меняет свою производительность; это обеспечивает точное поддержание температуры, снижает уровень шума и экономит электроэнергию;

- защита от обмерзания: для работы зимой предусмотрены системы подогрева поддона наружного блока и картера компрессора, а также интеллектуальные алгоритмы оттаивания, которые предотвращают образование наледи и поддерживают эффективность;

- современные хладагенты: ГФУ-хладагенты (гидрофторуглероды, HFC) – это синтетические вещества, которые пришли на смену озоноразрушающим ХФУ (CFC) и ГХФУ (HCFC) в конце 20-го века; они широко использовались в холодильной технике и тепловых насосах, так как были безопасны для озонового слоя ($\text{ODP} = 0$);

- регулируемый дроссель – это важнейший элемент любого современного теплового насоса, который часто называют «сердцем» системы, отвечающим за правильное протекание хладагента по контуру; в отличие от простых капиллярных трубок в старых кондиционерах, современный дроссель является управляемым и адаптивным устройством.

Важно понимать, что тепловой насос не сжигает топливо и не создает тепло сам (в отличие от котла), он работает как «холодильник наоборот» и перемещает уже существующую тепловую энергию.

Стоимость теплового насоса для отопления дома до 100 кв. м составляет 180-200 тыс. руб., стоимость монтажа до 50 тыс. Время монтажа 1-2 суток.

При отсутствии магистрального газа тепловой насос является безальтернативным вариантом системы отопления, поскольку:

- имеет высокую скорость обогрева: помещение прогревается очень быстро, так как теплоносителем является непосредственно теплый воздух, а не промежуточный агент (вода или антифриз);

- высокая энергоэффективность: отсутствие промежуточного теплоносителя снижает тепловые потери и инерционность системы;

- отсутствие риска протечек и замерзания;

- равномерность прогрева;

- простота и безопасность эксплуатации;

- высокая степень автоматизации: может быть легко встроена в систему «умный дом».

Но есть у применения этих устройств и недостатки:

- работает хорошо в уже построенных домах только не более чем в два этажа и при возможности тепло и воздухообмена помещений между собой; при невозможности (например, спальни ночью – надо ставить электроконвекторы);

- необходимо ее конструкцию закладывать уже в проект дома (воздуховоды имеют большое сечение).

На сегодняшний день массовое применение тепловых насосов тормозится недоверием населения к такому типу отопления, недостатком грамотных специалистов для монтажа и обслуживания, требованием закладывать систему в проект дома и невозможностью реконструкции существующей системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Камышева, Е. Е. Современные проблемы теплоснабжения загородного дома / Е. Е. Камышева, В. В. Портнов // Физико-технические проблемы энергетики, экологии и энергоресурсосбережения : труды 22-й научно-технической конференции, Воронеж, 30 октября 2020 года. – Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2020. – С. 21-26.

2. Брагина, Л. П. О возможности применения антифризов в системах теплоснабжения / Л. П. Брагина, В. В. Портнов // Физико-технические проблемы энергетики, экологии и энергоресурсосбережения : труды научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Выпуск 15. Воронеж, 11 ноября 2013 года. – Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2013. – С. 28-33.

3. Дахин, С. В. Энергосбережение при автономном низкотемпературном отоплении / С. В. Дахин, В. В. Портнов, Н. Н. Кожухов, А. В. Муравьев // Альтернативная и интеллектуальная энергетика : материалы II Международной научно-практической конференции, Воронеж, 16-18 сентября 2020 года. – Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2020. – С. 304-305.

4. Портнов, В. В. Холодильные установки: учеб. пособие / В. В. Портнов. – Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2014. – 98 с.

REFERENCES

1. Kamysheva, E. E. Modern Problems of Heating a Country House / E. E. Kamysheva, V. V. Portnov // Physical and Technical Problems of Energy, Ecology, and Energy Conservation : Proceedings of the 22nd Scientific and Technical Conference, Voronezh, October 30, 2020. – Voronezh : Voronezh State Technical University, 2020. – P. 21-26.
2. Bragina, L. P. On the possibility of using antifreeze in heat supply systems / L. P. Bragina, V. V. Portnov // Physico-technical problems of energy, ecology and energy conservation : proceedings of the scientific and technical conference of young scientists, graduate students and students., Issue 15. Voronezh, November 11, 2013. – Voronezh : Voronezh State Technical University, 2013. – P. 28-33.
3. Dakhin, S. V. Energy saving with autonomous low-temperature heating / S. V. Dakhin, V. V. Portnov, N. N. Kozhukhov, A. V. Muravyev // Alternative and intelligent energy: proceedings of the II International Scientific and Practical Conference, Voronezh, September 16-18, 2020. – Voronezh : Voronezh State Technical University, 2020. – P. 304-305.
4. Portnov, V. V. Refrigeration units: a textbook / V. V. Portnov. – Voronezh : Voronezh State Technical University, 2014. – 98 p.