

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ С УЧЕТОМ ЭКОЛОГИЧНОСТИ ПРОЕКТОВ

Н.В. ЛОБИКОВА

НАУЧНЫЕ РУКОВОДИТЕЛИ – О.М. ЛОБИКОВА,
С.Д. ГАЛЮЖИН, КАНДИДАТ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК, ДОЦЕНТ

В процессе работы проведены исследования целесообразности применения распространенных среди населения систем отопления на различных видах топлива и системы отопления на основе теплового насоса. Проекты систем отопления в индивидуальном жилом доме рассмотрены всесторонне в долгосрочной перспективе с учетом всех доходов и расходов. Проведена оценка экологичности проектов, рассчитан экологический ущерб от выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Проведены идентификация, количественная и качественная оценка рисков систем эффективной эксплуатации систем отопления

Ключевые слова: система отопления, энергоэффективность, энергосбережение, возобновляемые источники энергии, тепловой насос

Развитие цивилизации привело к проблемам с окружающей средой, нехватке энергетических ресурсов. Мировое сообщество стало перед необходимостью принятия серьезных мер по сокращению потребляемой энергии и в промышленности, и в жилищной сфере [1]. Решение вопроса сбережения энергетических ресурсов актуально для всех отраслей экономики, в том числе и жилищного строительства.

На Саммите ООН 2015 года в Нью-Йорке определены семнадцать целей в области устойчивого развития на период до 2030 года. Седьмой целью является дальнейшее развитие применения возобновляемых источников энергии [2].

На протяжении последних 25 лет в Беларуси также разрабатываются мероприятия, направленные на сокращение потребления тепловой энергии в жилищно-коммунальном секторе. Для государственной поддержки данного процесса в Беларуси приняты Закон Республики Беларусь «Об энергосбережении» (8 января 2015 г. № 239-3) [3] и Государственная программа «Энергосбережение» на 2016 – 2020 годы (28 марта 2016 г. № 248) [4].

Принципиальное отличие проектов систем отопления происходит в зависимости от вида потребляемого топлива [5].

В работе рассмотрены наиболее распространенные среди населения в настоящее время системы отопления на различных видах топлива [6,7]:

- на основе электрической энергии, марка теплогенератора WESPE HEIZUNG;
- на основе природного газа, марка теплогенератора ARISTON;
- на основе твердого топлива (каменном угле, антраците, торфобрикете, дровах), марка теплогенератора Космос-10;
- с использованием городской тепловой сети;
- на основе теплового насоса типа «грунт-вода», марка теплогенератора NIBE BO/W45.

В настоящее время все большую актуальность приобретает применение возобновляемых источников энергии (ВИЭ), в частности, тепловых насосов, как устройств для отопления зданий, позволяющих при этом уменьшить выбросы углекислого газа в атмосферу и, соответственно, снизить воздействие на климат планеты из-за уменьшения парникового эффекта.

Тепловой насос – устройство для переноса тепловой энергии от теплоотдатчика с низкой температурой к теплоприемнику с высокой температурой [7, 8]. Основное отличие теплового насоса от других теплогенераторов (электрических, газовых, дизельных и т.д.) состоит в том, что при производстве тепла до 80 процентов энергии заимствуется из окружающей среды.

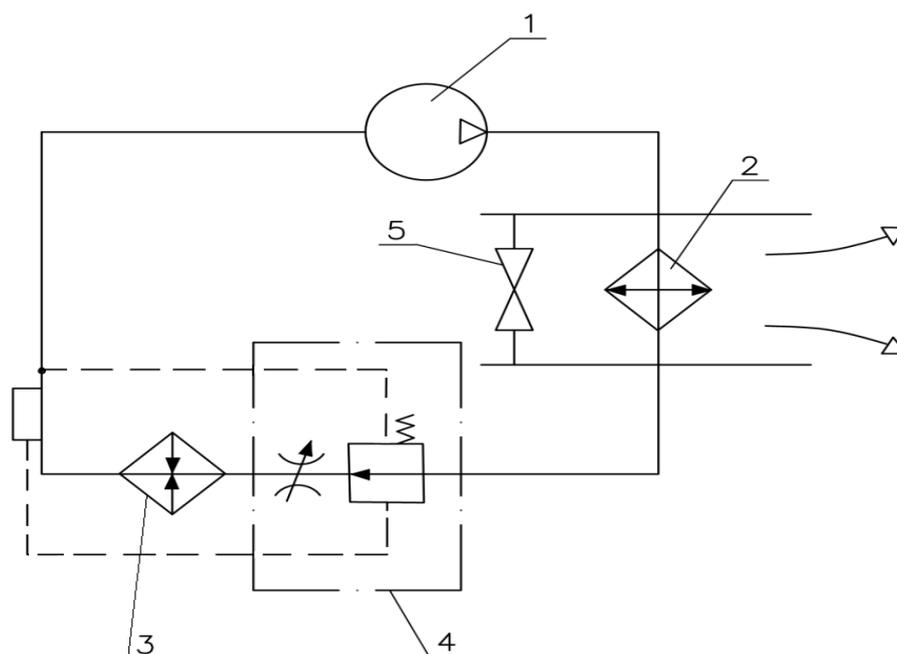


Рис. 1 – Упрощенная принципиальная схема парокомпрессионного теплового насоса

Рассмотрим принцип действия такого простейшего теплового насоса (рис. 1). Простейший тепловой насос содержит электрокомпрессор 1, конденсатор 2, испаритель 3 и регулятор потока 4 (терморегулирующий вентиль). Из компрессора 1 парообразный фреон поступает в конденсатор 2, который представляет собой теплообменник, через который вентилятором 5 продувается воздух помещения. При конденсации фреона выделяется тепловая энергия, которая нагревает воздух помещения. После конденсации жидкий фреон поступает через регулятор потока 4 в испаритель 3. Регулятор потока 4 в результате дросселирования понижает давление жидкого фреона до такой величины, при которой происходит его испарение. Энергия, необходимая для испарения, забирается из окружающей среды.

Проведены сравнительные расчеты использования различных видов топлива для отопления современного индивидуального жилого дома с отапливаемой площадью 200 м² и эффективной теплоизоляцией

При расчетах использованы цены, обеспечивающие полное возмещение экономически обоснованных затрат. В качестве КПД теплогенераторов брались данные, заявленные производителем [5]. Удельная теплота сгорания топлива и цены выбраны из источников [9-15]. Результаты сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты сравнительных расчетов использования различных видов топлива

Вид топлива (энергии)	Ед. изм. кол-ва топлива (энергии)	Удельная теплота сгорания, Дж/кг (Дж/м ³)	Тип (марка) теплогенератора	КПД теплогенератора	Кол-во топлива (энергии)	Цена единицы топлива (энергии), руб./кВт·ч, руб./м ³ , руб./кг, руб./Гкал	Стоимость топлива (энергии), руб.
Электрическая	кВт·ч	-	WESPE HEIZUNG	0,994	43460,8	0,1841	8001,1
Природный газ	м ³	33,496·10 ⁶	Ariston	0,93	4991,8	0,4011	2002,5
Каменный уголь	кг	29,3·10 ⁶	Космос-10	0,78	6805	0,19	1292,6
Антрацит	кг	34,3·10 ⁶	Космос-10	0,78	5813	0,37	2150,8
Торфобрикет	кг	17,6	Космос-10	0,78	11328,7	0,125	1416,1
Дрова березовые	м ³	6840·10 ⁶	Космос-10	0,78	29,1	57	1661,6
Тепловая (городская теплосеть)	Гкал	-	-	-	37,145	81,42	3024,35
Тепловой насос	кВт·ч	-	NIBE ВО/W45	COP=3,64	11939,6	0,1841	2198,1

Как видно из табл. 1, наибольшие финансовые затраты несет потребитель на приобретение топ-

лива (энергии) при использовании электродкотлов для отопления дома. Использование энергии из городской теплосети является также дорогостоящим. Наиболее дешевый способ отопления дома путем сжигания каменного угля или торфобрикета. Применение природного газа для этих целей обойдется потребителю несколько дороже. Затраты на приобретение природного газа сопоставимы с затратами на приобретение электроэнергии для привода теплового насоса.

Проанализируем капитальные вложения при установке определенного вида теплогенератора. Для этого сравним цены на теплогенераторы и стоимость монтажа, подключения и ежегодного обслуживания (табл. 2). Подбор теплогенераторов произведен исходя из среднего уровня цен [9–15].

Таблица 2 – Капитальные вложения при использовании различных теплогенераторов

Тип (марка) теплогенератора	Цена теплогенератора, руб.	Стоимость монтажа и подключения, руб.	Стоимость ежегодного обслуживания, руб.
WESPE HEIZUNG (электродкотел)	1600	200	28
Ariston (газовый котел)	1200	2200	56
Космос-10 (твердотопливный котел)	1362	280	34
Городская теплосеть	-	2400	20
NIBE VO/W45 (тепловой насос типа «грунт-вода»)	12400	9000	142

Таблица 3 – Сравнение вариантов систем отопления по приведенным затратам

Тип (марка) теплогенератора	Инвестицион-ные затраты (стоимость приобретения, монтажа, подключения), руб.	Годовые эксплуатационные расходы (стоимость топлива, энергии, техническое обслуживание), руб.	Приведенные затраты, руб.
WESPE HEIZUNG (электродкотел)	1800	8029,1	8209,1
Ariston (газовый котел)	3400	2058,5	2398,5
Космос-10 (твердотопливный котел на каменном угле)	1642	1326,6	1490,8
Космос-10 (твердотопливный котел на антраците)	1642	2184	2348,2
Космос-10 (твердотопливный котел на торфобрикете)	1642	1450,1	1614,3
Космос-10 (твердотопливный котел на дровах)	1642	1695,6	1859,8
Городская теплосеть	2400	3044,4	3284,4
NIBE VO/W45 (тепловой насос типа «грунт-вода»)	21400	2340,1	4480,1

Если рассматривать проекты с точки зрения первоначальных затрат или в краткосрочном периоде, то тепловой насос не может конкурировать с традиционными системами отопления, т.к. первоначальные затраты почти на порядок выше таких же затрат для остальных теплогенераторов.

Для оценки эффективности энергосберегающих мероприятий согласно инструкции [16] рекомендуется использовать простой срок окупаемости и чистый дисконтированный доход с сопутствующими ему дополнительными критериями, такими как динамический срок окупаемости, внутренняя норма доходности, индекс прибыльности.

Несмотря на широкое распространение метода срока окупаемости в качестве метода оценки эффективности, практическое его применение связано с рядом проблем. В частности, затруднено сравнение нескольких вариантов, поскольку в своей простейшей форме он позволяет сравнивать варианты только попарно. Авторами проведена оценка оптимальности применения систем отопления в индивидуальном жилом доме по приведенным затратам [17].

Результаты расчетов приведенных затрат по сравниваемым проектам систем отопления, представлены в таблице 3.

В качестве первоначальных инвестиционных затрат приняты стоимость приобретения, монтажа и подключения оборудования в действующих ценах. В качестве текущих эксплуатационных затрат приняты затраты на обслуживание и стоимость топлива, энергии на отопительный сезон. Коэффициент приведения капитальных вложений принят на уровне средней стоимости финансовых ресурсов на рынке инвестиций (10 %) [18].

Как видно из таблицы 3, максимальные приведенные затраты возникают при использовании электродкотлов для отопления дома. Связано это в первую очередь с высоким уровнем текущих затрат на электроэнергию. Следующие строчки рейтинга занимают системы отопления на основе использования энергии из городской теплосети и на основе теплового насоса. При использовании теплового насоса приведенные затраты ниже в 1,8 раза, чем при использовании электродкотла и в 1,8 раза выше, чем при отоплении природным газом.

Минимальный уровень приведенных затрат получен при применении отопления дома путем сжигания каменного угля или торфобрикета. Немного дороже обойдется отопление дровами. Объясняется данный факт применением сравнительно дешевого оборудования и невысокими ценами на торфобрикет и каменный уголь.

Проведем оценку систем отопления с учетом экологического ущерба за расчетный период – 10 лет. При учете сопутствующего внедрению проекта экологического ущерба и остаточной стоимости оборудования по истечении 10 лет эксплуатации по совокупному чистому денежному потоку без учета фактора времени показатели проектов отопления на твердом топливе, природном газе и тепловым насосом имеют близкие значения. То есть проект отопления жилого дома тепловым насосом конкурентоспособен традиционным системам отопления при учете сопутствующих результатов реализации проекта. Суммарные затраты на внедрение проекта отопления тепловым насосом, с учетом факторов наличия остаточной стоимости оборудования через 10 лет эксплуатации и отсутствия выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, также соизмеримы с суммарными затратами на проект отопления жилого дома с использованием тепловой энергии городской теплосети, и в 3,4 раза ниже затрат на реализацию проекта отопления на основе электродогрева без учета дисконтирования, или в 1,5 раза – с учетом дисконтирования [19].

Разработана методология оценки эффективности различных систем отопления индивидуальных жилых домов с учетом экологичности проектов [20].

На первом этапе выявлены имеющиеся традиционные и потенциально-возможные инновационные технологии отопления жилого дома, учитываются технические, организационно-правовые, финансово-экономические, экологические, социальные группы факторов.

На втором этапе произведена качественная и количественная оценка факторов. Для качественной оценки влияния каждой группы факторов применяли экспертный метод. Количественная оценка определялась как сумма совокупной экономии на всех этапах реализации проекта, а также экологического эффекта [21]. При определении эффекта от внедрения инновационной системы отопления выбран период планирования 10 лет и оценены все доходы и расходы. При этом осуществлялось дисконтирование денежных потоков.

На третьем этапе произведена оценка по минимальным приведенным затратам.

На четвертом этапе произведена оценка рисков применения систем отопления жилых домов, соответствующих всем этапам жизненного цикла проекта и разработан перечень антирисковых мероприятий [22]. Разработанная методика позволяет минимизировать экономические издержки на протяжении жизненного цикла проекта, уменьшить нагрузку на окружающую среду и снизить риски.

Наличие эффективной системы отопления в жилом доме в условиях продолжительного холодного периода в Беларуси является неременным требованием для обеспечения нормального процесса жизнедеятельности. Необходимо рассматривать проекты систем отопления в жилом доме всесторонне в долгосрочной перспективе с учетом всех доходов и расходов. В условиях постоянного повышения цен на энергоресурсы и перехода на полное возмещение затрат за отопление решающим фактором оценки становится величина текущих расходов. Нельзя пренебрегать вопросами экологичности, безопасности проектов, так как здесь цена ошибки очень велика. Внедрение в сознание граждан ответственности за состояние окружающей среды и необходимость заботы о своем благополучии и благополучии будущих поколений диктуется современными требованиями. Разработанная методика позволяет оценить и выбрать проект отопления с учетом совокупных расходов и доходов на протяжении жизненного цикла проекта, уменьшить нагрузку на окружающую среду и снизить риски.

Литература

1. СТБ 1346-2016 Энергосбережение. Общие положения. Утвержденные Постановлением Госстандарта Республики Беларусь от 14.12.2016 № 89. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://energodoc.by/document/view?id=3056/> Дата доступа : 28.09.2018.
2. ООН: Цели в области устойчивого развития. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/issues/people/energy/> Дата доступа : 28.09.2018.
3. Закон Республики Беларусь «Об энергосбережении» (8 января 2015 г. № 239-З). Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь, 11.01.2015, 2/2237.
4. Государственная программа «Энергосбережение» на 2016 – 2020 годы (28 марта 2016 г. № 248). В ред. Пост. Сов. Мин. Респ. Беларусь от 26 декабря 2017 г. № 1002. Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь, 30.12.2017, 5/44611.
5. Лобикова, Н. В. Экологическая целесообразность применения тепловых насосов для отопления индивидуальных жилых домов в Беларуси / Н. В. Лобикова, А. С. Галужин, О. М. Лобикова, С. Д. Галужин // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2018. – № 2 (59) Могилев. – С. 33–44.
6. СТБ EN 15316-4-1-2016 Системы отопления зданий. Метод расчета энергетических характеристик и показателей эффективности системы. Часть 4-1. Системы теплоснабжения, системы сжигания топлива (котлы). [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://energodoc.by/document/view?id=2965/> Дата доступа : 28.09.2018.

7. СТБ EN 15316-4-2-2016 Системы отопления зданий. Метод расчета энергетических характеристик и показателей эффективности системы. Часть 4-2. Системы теплоснабжения, системы с тепловыми насосами. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://energodoc.by/document/view?id=2966> / Дата доступа : 28.09.2018.
8. *Мацевитый, Ю.М.* Об использовании тепловых насосов в мире и что тормозит их широкомасштабное внедрение /Ю.М. Мацевитый, Н.Б. Чиркин. //Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. – 2014. – № 2, С. 2-17.
9. Электрические котлы WESPE HEIZUNG (Германия). [Электронный ресурс].– Режим доступа : <http://rubikont.by/elektricheskiye-kotly?yclid>. – Дата доступа : 14.02.2018.
10. Физико-химические свойства природного газа. Добыча и применение природного газа. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fb.ru/article/199563/fiziko-himicheskie-svoystva-prigodnogo-gaza>. – Дата доступа:15.02.2018.
11. Уголь каменный: свойства, происхождение, добыча, цена. [Электронный ресурс].–Режим доступа : <http://fb.ru/article/166986/ugol-kamennyiy-svoystva-kamennyiy-ugol-proishojdenie-tsena>. – Дата доступа : 15.02.2018.
12. Котлы для отопления дома на угле. [Электронный ресурс].–Режим доступа:<http://climanova.ru/kotly-otopleniya-dlya-doma-na-ugle.html>.– Дата доступа : 16.02.2018.
13. Теплотворность древесины – таблица теплоты сгорания дров: [Электронный ресурс].– Режим доступа: <http://kotlobzor.ru/teplotadrov>.– Дата доступа : 16.02.2018.
14. Теплотворная способность различных видов топлива: дрова, уголь, пеллеты, брикеты: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pechnoedelo.com/toplivo/teplotvornaya>. – Дата доступа : 16.02.2018.
15. Тепловые насосы – вид оборудования, созданный для комфорта: [Электронный ресурс].– Режим доступа:<https://obogreem.by/catalog/teplovye-nasosy>. – Дата доступа : 16.02.2018.
16. Инструкция по определению эффективности использования средств, направляемых на выполнение энергосберегающих мероприятий: пост. Мин. экономики, Мин. энергетики и комитета по энергоэффективности при Сов. Министров Республики Беларусь / Нац. Центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.