

УДК 697.4:621.577

Э. Г. Крылов, кандидат технических наук, доцент
Ижевский государственный технический университет

ОБ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВОГО НАСОСА ДЛЯ АВТОНОМНОГО ОТОПЛЕНИЯ

В статье обсуждаются перспективы экономии материальных ресурсов при использовании в отоплении тепловых насосов. На основании климатических данных и новых нормативных документов в строительной отрасли определен показатель удельного расхода тепловой энергии на отопление одного квадратного метра площади для города Ижевска. Для типового здания рассчитаны расходы на отопление с помощью электрокотла, котлов, работающих на газе, угле, жидком топливе, а также с помощью теплового насоса. Показано, что по показателю полной стоимости эксплуатации теплонасосная установка может успешно конкурировать с электрокотлом и котлом на жидком топливе.

Автомное отопление зданий может осуществляться в основном за счет использования газа, угля, жидкого топлива (мазута, светлого печного топлива), а также электроэнергии. Децентрализация теплоснабжения кроме отрицательных сторон (удорожание тепловой энергии) имеет и положительные: возможность гибкого регулирования температурного режима и применение энергосберегающих технологий. К последним относится использование для отопления тепловых насосов. Парокомпрессионные тепловые насосы, обсуждаемые в статье, в среднем 2/3 необходимой тепловой энергии

переносят в здание из окружающей среды бесплатно и лишь примерно 1/3 этой энергии вырабатывается за счет потребляемой электрической мощности.

Установка теплового насоса и системы отбора тепловой энергии от окружающей среды требуют значительных капиталовложений. Поэтому при рассмотрении возможности и целесообразности использования такой технологии отопления важно ответить на два вопроса. Первый из них – является ли экономически приемлемым использование для отопления одного из самых дорогих на сегодня в России энергоносителей – электрической энергии. При этом следует отме-

тить, что бывают ситуации, когда альтернативы электроэнергии нет. Второй вопрос – насколько тепловой насос может конкурировать в экономическом отношении с тепловыми пунктами, использующими другие виды теплоносителей. Попробуем рассмотреть решение этих вопросов на примере города Ижевска.

При эксплуатации зданий затраты на отопление составляют значительную часть эксплуатационных расходов. Общее удорожание энергоресурсов, с одной стороны, и улучшение свойств конструкционных материалов, с другой, приводят к необходимости и возможности снижения удельных расходов тепловой энергии на отопление.

Старые односемейные дома в средней полосе России расходуют на нужды отопления до 600 кВт · ч на 1 м² [1]. До недавнего времени это считалось приемлемым. Ситуация изменилась с принятием в 2004 году СНиП «Тепловая защита зданий» (СНиП 23-02-2003) [2]. Этот документ устанавливает нормируемый удельный расход тепловой энергии q_h^{req} на отопление жилых домов, значительно более низкий, чем ранее (табл. 1).

Таблица 1. Удельный расход тепловой энергии

Отапливаемая площадь домов, м ²	q_h^{req} , кДж/(м ² ·°С·сут)			
	1 этаж	2 этажа	3 этажа	4 этажа
60 и менее	140	–	–	–
100	125	135	–	–
150	110	120	130	–
250	100	105	110	115
400	–	90	95	100
600	–	80	85	90
1000 и более	–	70	75	80

Проектный удельный расход тепловой энергии q_h^{des} должен быть меньше или равен нормируемому значению q_h^{req} , что достигается при выборе теплозащитных свойств ограждающих конструкций здания, объемно-планировочных решений, ориентации здания, а также типа, эффективности и метода регулирования используемой системы отопления. Обсуждаемые величины нормируются не только относительно отапливаемой площади здания, но и относительно градусо-суток отопительного периода D_d , °С·сут, которые тем же СНиПом определяются по формуле

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) z_{ht},$$

где t_{int} – расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, °С; t_{ht} – средняя температура наружного воздуха, °С; z_{ht} – продолжительность, сут, отопительного периода.

На основании данных Удмуртского гидрометеорологического центра за 2001 год и при расчетной температуре внутреннего воздуха здания 20 °С для города Ижевска в указанном году значение показателя D_d составило:

$$D_d = 5215 \text{ °С} \cdot \text{сут}. \quad (1)$$

Эта величина позволяет сравнить климатические условия нашего региона с условиями в странах, где

теплонасосная техника давно и успешно работает. Например, для Швеции, где по распространенному заблуждению существует мягкий климат, разброс значений градусо-суток составляет 3010...6388.

Полученное значение (1) позволяет на основании упомянутого выше СНиПа оценить удельный сезонный расход тепловой энергии, необходимый для отопления двухэтажного здания в городе Ижевске. Этот показатель равен $Q = 152,1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$. Сравнение с указанными выше значениями 600...800 кВт·ч/м² показывает, что политика энергосбережения при строительстве способствует более широкому использованию электроэнергии для нужд отопления, а следовательно, **мы имеем положительный ответ на вопрос об экономической оправданности такого использования.**

Величина теплопотерь, как и мощность, необходимая для их компенсации, прямо пропорциональна разности температур воздуха внутри и снаружи помещения. Количество энергии за год, затрачиваемое на поддержание требуемой внутренней температуры, рассчитывается как произведение текущей мощности на продолжительность работы отопительного оборудования. На рис. 1 это энергопотребление представлено как площадь под кривой мощности тепловых потерь.

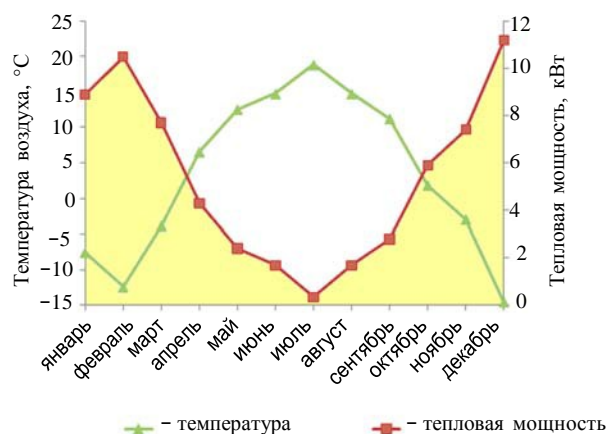


Рис. 1. Сезонное потребление тепловой энергии

Для ответа на второй вопрос сопоставим показатели экономической эффективности отопления двухэтажного здания **общей площадью 250 м²** различными способами, включая тепловой насос. Примем удельную мощность теплопотерь 70 Вт/м². В этом случае мощность теплопотерь, определяющая мощность отопительного оборудования, будет равна 17,5 кВт.

Расчет этих мощностей производится на основании климатических условий для данной местности, для самых низких температур наружного воздуха. Так, для города Ижевска это –34 °С. В то же время очевидно, что при более умеренных температурах мощность теплопотерь и, соответственно, мощность отопительных приборов должна снизиться. Линейность зависимости теплопотерь здания от разности температур воздуха внутри и снаружи дает возмож-

ность пересчитать мощность, которую должны выработать отопительные приборы в зависимости от погодных условий (см., например, рис. 1). Результаты такого пересчета приведены в табл. 2. В качестве исходных данных принято: $t_0 = -34$ °С (расчетная температура наружного воздуха, определяющая мощность теплопотерь здания), $t_{int} = +20$ °С (расчетная температура воздуха внутри здания). Пересчет производится по формуле

$$P = 17,5 \left(\frac{t_{int} - t_{ht}}{t_{int} - t_0} \right).$$

Общей практикой является то, что тепловые насосы используются в сочетании с так называемыми догревателями (как правило, электродогревателями). Это обусловлено достижением оптимального баланса первоначальных инвестиций и ожидаемого экономического эффекта. В рассматриваемом случае примем, что для отопления здания площадью 250 м² используется тепловой насос тепловой мощностью 10 кВт (потребляемая электрическая мощность 3,4 кВт) и электрический котел мощностью 7,5 кВт. По данным табл. 2 общий расход тепловой энергии за рассматриваемый отопительный период будет равен **44 395** кВт·ч, а потребленная электрическая энергия составит **17 142** кВт·ч (на долю теплового насоса придется 14 040 кВт·ч, электродогреватель потребит 3102 кВт·ч).

Таблица 2. Расчет времени работы

Интервал среднесуточных температур, °С	Количество суток	Мощность теплопотери, кВт	Время работы теплового насоса, ч	Время работы электродогревателя, ч
-21...-25	8	14,5	24,0	14,4
-16...-20	20	12,9	24,0	9,3
-11...-15	25	11,4	24,0	4,5
-6...-10	41	9,6	23,0	0
-1...-5	52	8,1	19,4	0
+4...0	45	6,5	15,6	0
+9...+5	12	4,9	11,8	0
+14...+10	6	3,2	7,7	0
+19...+15	4	1,6	3,9	0

В табл. 3–5 представлены: расчет стоимости различных видов энергоносителей для отопления исследуемого объекта за отопительный период, расчет полной стоимости установки теплового узла, а также полная стоимость эксплуатации альтернативных тепловых узлов за 10 и 15 лет.

На основании приведенных расчетов видно, что период окупаемости теплового насоса по сравнению с электродогревателем составляет 4 года, по сравнению с котлом на жидком топливе – 6 лет (см. рис. 2). По истечении этого периода начинается существенная экономия денежных средств (около двух миллионов рублей за 15 лет по сравнению с электродогревателем).

Таким образом, при возведении энергоэффективных зданий в условиях постоянного удорожания

энергоносителей использование тепловых насосов для автономного отопления зданий становится экономически оправданным по сравнению с электрическими котлами и котлами, использующими жидкое топливо.

Таблица 3. Сезонная стоимость энергоносителей

Тип энергоносителя	КПД агрегата, %	Расход	Удельная стоимость*	Полная стоимость, руб.
Газ	90	4625 м ³	1,47 руб/м ³	6799
Уголь	70	7,5 т	1215 руб/т	9112
Жидкое топливо	85	4,0 т	15 000 руб/т	60 000
Электроэнергия	95	46 730 кВт·ч	2,14 руб/кВт·ч	100 002
Тепловой насос	95	18 044 кВт·ч	1,6 руб/кВт·ч	28 870

* По данным Региональной энергетической комиссии Удмуртской Республики [3], стоимость 1 кВт·ч для частных потребителей зависит от электрической мощности, расходуемой на отопление: до 10 кВт – это 1,6 руб., свыше 10 кВт – 2,14 руб.

Таблица 4. Стоимость установки теплового пункта

Тип энергоносителя	Стоимость агрегата, руб.	Расходы на согласование и подключение, руб.	Расходы на устройство и монтаж, руб.	Полная стоимость установки, руб.
Газ	34 000	65 000	1000	100 000
Уголь	30 000	–	30 000	60 000
Жидкое топливо	35 000	–	50 000	85 000
Электроэнергия	16 000	8800	1000	25 800
Тепловой насос	250 000	3300	110 000	363 300

Таблица 5. Полная стоимость эксплуатации теплового пункта

Тип энергоносителя	Дефляция, %	Полная стоимость эксплуатации за 10 лет, руб.	Полная стоимость эксплуатации за 15 лет, руб.
Газ	14	231 475	398 085
Уголь	25	362 998	1 059 463
Жидкое топливо	12	1 137 924	2 321 782
Электроэнергия	10	1 619 572	3 203 108
Тепловой насос	10	823 412	1 280 569

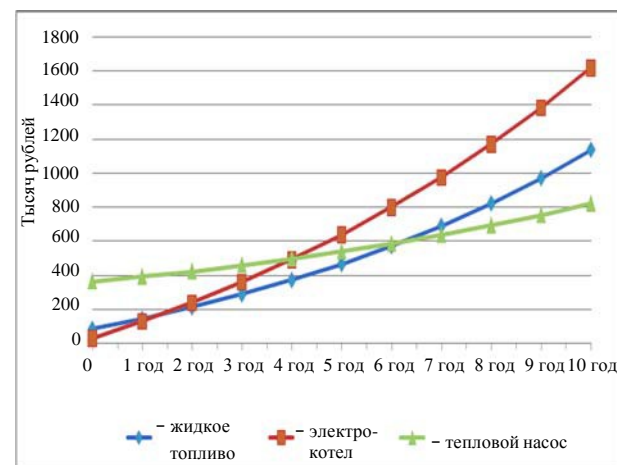


Рис. 2. Полная стоимость эксплуатации теплового пункта

Список литературы

1. www.expert74.com
2. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. – М., 2004.
3. Цены и тарифы на основные регулируемые и нерегулируемые виды товаров и услуг по Удмуртской Республике на 2007 год // <http://rek-udm.ru>

E. G. Krylov

On Economic Efficiency of Thermal Pump Usage for Independent Heating System

The article discusses the perspectives of money saving in building heating if a heat pump technology is used. Based on weather data for the city of Izhevsk and new regulations in heating the specific heat demand is determined. For a typical cottage the expenses for heating by means of gas, oil, coal, electrical resistance boiler, and heat pump are calculated. It is shown that the pay back period for heat pump technology can compete with that for electrical resistance boiler and oil furnace technology.