

УДК 621.482

БАСОК Б.И., БЕЛЯЕВА Т.Г.,
РУТЕНКО А.А., ЛУНИНА А.А.

Институт технической теплофизики НАН Украины

АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕПЛОНАСОСНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Наведено оцінювальний техніко-економічний аналіз витрат при використанні теплонасосної системи теплопостачання для різних споживачів у комунальному секторі та порівняльний аналіз з традиційними системами теплопостачання за рахунок використання газу та з електрообігрівом при різних тарифах на газ та електроенергію.

Приведен оценочный технико-экономический анализ затрат при использовании теплонасосной системы теплоснабжения для различных потребителей в коммунальном секторе и сравнительный анализ с традиционными системами теплоснабжения за счет использования газа и электроотопления при различных тарифах на газ и электроэнергию.

We perform an evaluative technical-economic cost analysis for the case of using heat pump systems for the heat supply of different consumers in municipal economy. We compare such systems with the traditional heat supply system based on using natural gas and resistance heating for different prices of gas and electricity.

При постоянном росте мировых цен на газ и нефть актуальным и целесообразным является максимальное использование собственных энергоресурсов для целей теплоснабжения коммунальных потребителей. Реальной альтернативой традиционным источникам тепловой энергии, а именно газовым, жидкостным и твердотопливным котлам и прямому электрическому отоплению может стать теплонасосная система теплоснабжения. Теплонасосные технологии могут использоваться и как дополнительный источник энергии для отопления, кондиционирования, горячего водоснабжения в жилых, административных, социальных и промышленных зданиях, для поддержания оптимального микроклимата в спортивных и киноконцертных комплексах, бассейнах и т.п.

В настоящее время использование теплонасосных технологий для теплоснабжения достаточно широко распространено в мире, включено практически во все энергосберегающие программы, реализуемые за рубежом. Сегодня в мире эксплуатируется более 130 млн. теплонасосных установок различного назначения. Общий объем продаж за рубежом тепловых насосов составляет 125 млрд. долл.

США. По данным Международного Энергетического Агентства, к 2020 году в развитых странах доля отопления и горячего водоснабжения за счет тепловых насосов будет составлять 75% [1].

В «Концепции развития топливно-энергетического комплекса Украины на 2006–2030 годы» прогнозируется, что производство тепловой энергии за счет тепловых насосов к 2030 году будет эквивалентно использованию 20 млн. т у.т. в год [2]. В настоящее время работают лишь единичные системы отопления, использующие теплонасосные технологии. Это связано с рядом причин как объективного характера, так и таких как отсутствие демонстрационных работающих теплонасосных установок (ТНУ), широкой рекламы их преимуществ, отсутствие государственной поддержки при разработке, исследованиях и внедрении. В то же время во всех странах мира внедрение теплонасосных технологий происходит при существенной государственной поддержке в виде введения двухставочного тарифа на электроэнергию, выделения субсидий при покупке теплонасосной техники, налоговых или кредитных льгот.

Теплонасосные системы являются относительно дорогими, и о целесообразности их при-

менения для теплоснабжения можно говорить, исходя из сравнения с традиционными альтернативными видами энергоисточников по техническим, экономическим, технологическим и экологическим факторам.

Основным преимуществом тепловых насосов является то, что можно получить тепловую энергию необходимого для практического использования потенциала за счет низкопотенциальных естественных источников теплоты или низкотемпературных вторичных энергоресурсов (ВЭР) таких, как атмосферный воздух или различные вентиляционные выбросы, вода естественных водоемов и сбросные теплые воды систем охлаждения промышленного оборудования, сточные воды и грунт.

Энергетическая эффективность преобразования энергии в тепловом насосе оценивается коэффициентом, представляющим собой отношение энергии, выработанной тепловым насосом, к энергии, затраченной для реализации цикла. Для современных тепловых насосов этот коэффициент составляет 3...5 и в значительной степени определяется рациональным сочетанием параметров источника теплоты низкого потенциала, его достаточной энергоемкостью и требуемых параметров теплоты потребителя. Так, для современной системы отопления “теплый пол” достаточна температура теплоносителя 30...35 °С, при применении фэнкойлов уровень температур составляет 45...60 °С, тогда как для традиционных систем отопления с радиаторами начальная температура теплоносителя должна быть 70...90 °С. Особенно выгодно применение тепловых насосов при использовании их для теплоснабжения и холодоснабжения (кондиционирования воздуха в помещениях) [3].

Экономические факторы должны учитывать уровень цен на электроэнергию, замещаемое топливо, цены на применяемое оборудование и его монтаж и наладку. К экологическим факторам относится отсутствие процесса сжигания топлива в цикле работы теплового насоса, уменьшение выбросов CO₂.

В данной статье изложен оценочный технико-экономический анализ затрат при использовании теплонасосной системы теплоснабжения для

различных потребителей в коммунальном секторе и сравнительный анализ с традиционными системами теплоснабжения за счет использования газа и электроотопления при различных тарифах на газ и электроэнергию.

Для анализа взята система теплоснабжения, использующая тепловой насос шведской фирмы IVT «Greenline HT Plus C» малой мощности – 17 кВт. Такая экспериментальная система для теплоснабжения помещений установлена ИТТФ НАН Украины. Тепловой насос состоит из четырех функциональных основных элементов: испарителя, компрессора, конденсатора и расширительного клапана. К испарителю подводится теплота от низкопотенциального источника (грунта) при помощи трубной системы (горизонтального коллектора или аккумулятора теплоты). В теплообменнике испарителя эта теплота передается рабочему телу (фреону), которое находится под низким давлением и при данной температуре закипает. Образовавшийся пар засасывается компрессором и сжимается. Температура пара при сжатии повышается до 90...100 °С. Затем он под давлением поступает в конденсатор – теплообменник, по внешнему контуру которого циркулируют вода, являющаяся теплоносителем для системы отопления. В конденсаторе пары фреона конденсируются на холодных поверхностях, передают свою теплоту теплоносителю внешнего контура, а сами, охлаждаясь, переходят в жидкую фазу. Далее жидкий фреон проходит через расширительный клапан, после которого его давление резко уменьшается, а температура становится ниже температуры грунта. В завершение цикла фреон снова попадает в испаритель, закипает, испаряется и т.д., и цикл автоматически повторяется. Для осуществления цикла затрачивается 4 кВт электроэнергии. Нагретый теплоноситель используется в системе отопления “теплый пол”, для горячего водоснабжения, а также в системе воздушного отопления и кондиционирования помещений с помощью фэнкойлов.

Принято, что на отопление помещения расходуется мощность 82 Вт/м² (0,303 Гкал/м²), горячее водоснабжение составляет 1/4 часть от общей годовой отопительной нагрузки, кондиционирование помещения осуществляется в летнее дневное время.

Табл. 1.

№	Наименование показателей	Единицы измерения	Показатели
1	Мощность теплового насоса	кВт	17
2	Годовое число часов работы, в том числе: отопление горячее водоснабжение кондиционирование	ч/год	6120 4300 1100 720
3	Выработка теплоты и холода	кВт·ч/год (Гкал/год)	104040 (91)
4	Потребляемая электроэнергия (средняя)	кВт	4
5	Коэффициент преобразования в зависимости от разности температур низкопотенциального источника и потребителя		3,3... 4,5
6	Стоимость оборудования: стоимость теплового насоса стоимость грунтового коллектора и системы отопления монтажные работы	тыс. грн	220 120 60 40
7	Срок эксплуатации теплонасосной установки	год	20

Технико-экономические показатели теплонасосной установки приведены в табл. 1.

Стоимость теплонасосной системы по укрупненным показателям установленной мощностью 17 кВт составляет 220 тыс. грн. Такая система может быть приобретена и установлена за счет собственных средств, за счет банковского кредитования и за счет средств предприятия. В зависимости от этого годовые эксплуатационные расходы будут включать разные статьи затрат.

При приобретении установки за счет собственных средств, например для отопления, горячего водоснабжения и кондиционирования частного дома или коттеджа, эксплуатационные затраты включают только затраты на электроэнергию. При ныне действующих тарифах на электроэнергию для населения 0,2436 грн/кВт·ч, затраты на электроэнергию составят 5960 грн/год.

Если затраты на теплонасосную систему теплоснабжения осуществляются за счет банковского кредитования, то в эксплуатационные затраты добавляется выплата кредита. Например, кредит взят на 10 лет под 15% годовых. Величина выплаты кредита будет составлять 25300 грн/год, а общая сумма годовых эксплуатационных затрат – 31200 грн/год.

Для предприятий годовые эксплуатационные затраты включают амортизационные отчисления, затраты на обслуживание оборудования и затраты на электроэнергию. Затраты на электроэнергию рассмотрены при различных тарифах: для потребителей 1 кл. – 0,36 грн/кВт·ч, для потребителей 2 кл. – 0,494 грн/кВт·ч [4].

Принимаем, что обслуживание оборудования теплонасосной системы теплоснабжения осуществляется 1 работником по совместительству, с окладом 1500 грн, занятостью 30% рабочего времени в течение 9 месяцев. Трудовые затраты составят 4500 грн, затраты на 1 Гкал – 49,45 грн.

Величину амортизационных отчислений принимаем 12% от капитальных затрат. Сумма амортизационных отчислений составит 26400 грн в год.

В случае, когда предприятие приобретает теплонасосную установку теплоснабжения в кредит, эксплуатационные затраты увеличиваются на сумму выплаты кредита.

Так как тариф на электроэнергию так же, как и цены на топливо, постоянно растет, рассмотрим вариант для всех случаев с прогнозируемым тарифом – 0,60 грн/кВт·ч.

Табл. 2.

№	Наименование показателей	Тариф, грн	Годовые затраты, тыс. грн	Затраты на 1 Гкал грн
1	Для населения	0,2436	5,96	65,500
2	Для потребителей 1 кл.	0,3600	8,81	96,850
3	Для потребителей 2 кл.	0,4940	12,1	132,96
4	Прогнозируемый	0,6000	14,7	161,42

Затраты на электроэнергию при различных тарифах приведены в табл. 2.

Изменение годовых затрат и себестоимости 1 Гкал теплоты при различных тарифах на электроэнергию, амортизационных отчислениях и кредитовании приведены в табл. 3.

Как видно из таблицы, годовые эксплуатационные затраты и затраты на 1 Гкал значительно уве-

личиваются для потребителей, выплачивающих амортизационные отчисления и кредит (за счет высоких процентов). Поэтому для развития и внедрения теплонасосных установок теплоснабжения должны на государственном уровне устанавливаться льготные кредиты и льготные отчисления для потребителей, использующих такие системы.

Табл. 3.

Наименование показателей	Тариф на электроэнергию, грн/кВт·ч	Годовые затраты, грн	Затраты на 1 Гкал грн
1 вариант — для населения	0,2436		
1.1. Установка приобретена за собственные средства:			
1) затраты на электроэнергию		5960	
- общие эксплуатационные затраты		5960	65,49
1.2. Установка куплена в кредит:			
1) затраты на электроэнергию		5960	
2) выплата кредита		25300	
- общие эксплуатационные затраты		31260	343,5
2 вариант — установка куплена за счет собственных средств предприятия			
2.1. Предприятие 1 кл. цен на электроэнергию:	0,3600		
1) затраты на электроэнергию		8810	
2) амортизационные отчисления (12%);		26400	
3) затраты на обслуживание оборудования		4500	
- общие эксплуатационные затраты		39710	436,3
2.2. Предприятие 2 кл. цен на электроэнергию:	0,4940		
1) затраты на электроэнергию		12100	
2) амортизационные отчисления (12%)		26400	
3) затраты на обслуживание оборудования		4500	
- общие эксплуатационные затраты		43000	472,5

3 вариант-установка куплена предприятием в кредит			
3.1. Предприятие 1 кл. цен на электроэнергию:	0,3600		
1) затраты на электроэнергию		8810	
2) амортизационные отчисления (12%)		26400	
3) затраты на обслуживание оборудования		4500	
4) выплата кредита (15% годовых)		25300	
- общие эксплуатационные затраты		65010	714,4
3.2. Предприятие 2 кл. . цен на электроэнергию:	0,4940		
1) затраты на электроэнергию		12100	
2) амортизационные отчисления (12%)		26400	
3) затраты на обслуживание оборудования		4500	
4) выплата кредита (15% годовых)		25300	
- общие эксплуатационные затраты		68300	750,5
4. Прогнозируемый	0,6000		
- общие эксплуатационные затраты:			
1 вариант –			
1.1. Установка приобретена за собственные средства		14700	161,5
1.2. Установка куплена в кредит		40000	436,56
2 вариант – установка куплена за счет собственных средств предприятия		45600	501,1
3 вариант – установка куплена предприятием в кредит		70900	779,12

Для сравнения рассмотрим затраты на топливо при производстве 1 Гкал теплоты для традиционной системы теплоснабжения, использующей газ.

Годовая выработка теплоты будет составлять, как и в случае теплонасосного теплоснабжения: $17 \cdot 6120 = 104040$ кВт·ч. Удельные затраты топлива на производство теплоты составляют 0,165 т у.т. или 144,4 м³ газа. Тогда годовое потребление топлива будет – 15,015 т у.т. или 13200 м³ газа. Годовые затраты на природный газ и затраты на производство 1 Гкал при различной стоимости газа приведены в табл. 4.

При использовании электроотопления принимаем наиболее благоприятные условия – КПД электродвигателя 95%, работа в ночном режиме с ак-

кумулятором теплоты, затраты на электроэнергию по ночному трехзонному тарифу с тарифным коэффициентом 0,25.

Тогда для получения 104040 кВт теплоты требуется затратить 109516 кВт электричества. Годовые затраты на электричество представлены в табл. 5 при различных тарифах на электроэнергию.

Сравнительные экономические показатели по стоимости 1 Гкал теплоты, произведенной теплонасосной системой, традиционной системой с использованием газа и системой электроотопления, приведены в табл. 6 и на рис.1.

Затраты топлива при разных системах теплоснабжения приведены в табл 7.

Табл. 4.

№	Стоимость газа, грн/м ³	Годовые затраты, грн	Затраты на 1 Гкал, грн
1	1000	13200	145,05
2	1500	19800	217,58
3	2000	26400	290,10

Табл. 5.

№	Наименование показателей	Ночной тариф, грн	Годовые затраты, тыс. грн	Затраты на 1 Гкал грн
1	Для населения (тариф 0,2436 грн)	0,06	6669	73,30
2	Предприятия 1 кл. (тариф 0,36 грн)	0,09	9856	108,30
3	Предприятия 2 кл. (тариф 0,494 грн)	0,124	13525	148,63
4	Прогнозируемый (тариф 0,60 грн)	0,15	16427	180,52

Табл. 6.

Тариф на электроэнергию, грн/кВт·ч	Годовые затраты на энергоносители, грн				Экономия затрат на энергоносители тыс.грн				Экономия затрат на энергоносителях на 1 Гкал, грн				
	Теплонасосная установка	Система теплоснабжения при использовании природного газа различной стоимости, грн			Электроотопление (ночной тариф)	Система теплоснабжения при использовании природного газа при различной стоимости			Электроотопление (ночной тариф)	Система теплоснабжения при использовании природного газа при различной стоимости			Электроотопление (ночной тариф)
		1000	1500	2000		1000	1500	2000		1000	1500	2000	
0,2436	5960	13200	19800	26400	6669	7240	13840	20440	709	79,6	152,1	224,60	7,79
0,360	8810				9856	4390	10990	17590	1046	47,5	120,77	193,30	11,50
0,494	12100				13525	1100	7700	14300	1425	12,1	84,61	157,14	15,66
0,600	14700				16427	-1500	5100	11700	1727	-16,5	56,04	128,57	18,97

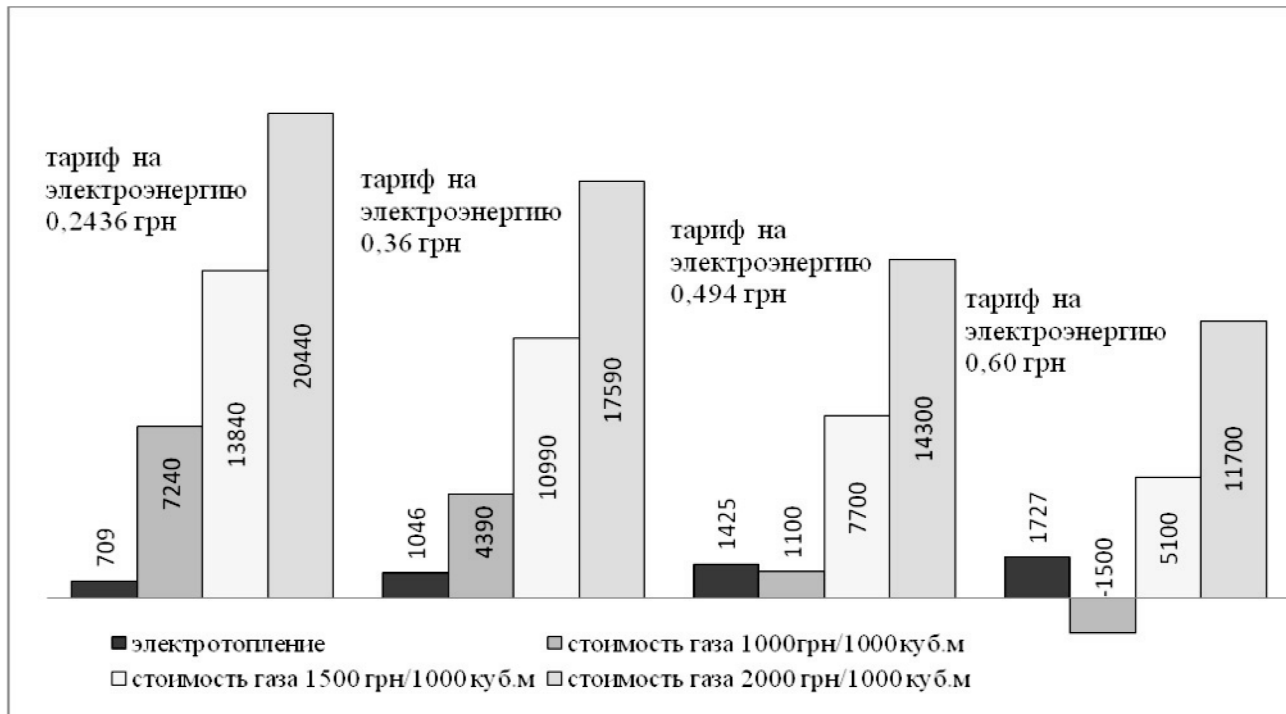
Табл. 7.

№ п/п	Наименование	Годовое потребление энергоносителя		
		энергоноситель	т у.т.	в газовом эквиваленте, м ³
1	Теплонасосная система теплоснабжения	24480 кВт·ч электроэнергии	9,058	7945,6
2	Традиционная система теплоснабжения, использующая газ	13200 м ³ газа	15,015	13200
3	Электроотопление	109516 кВт·ч электроэнергии	40,5	35530

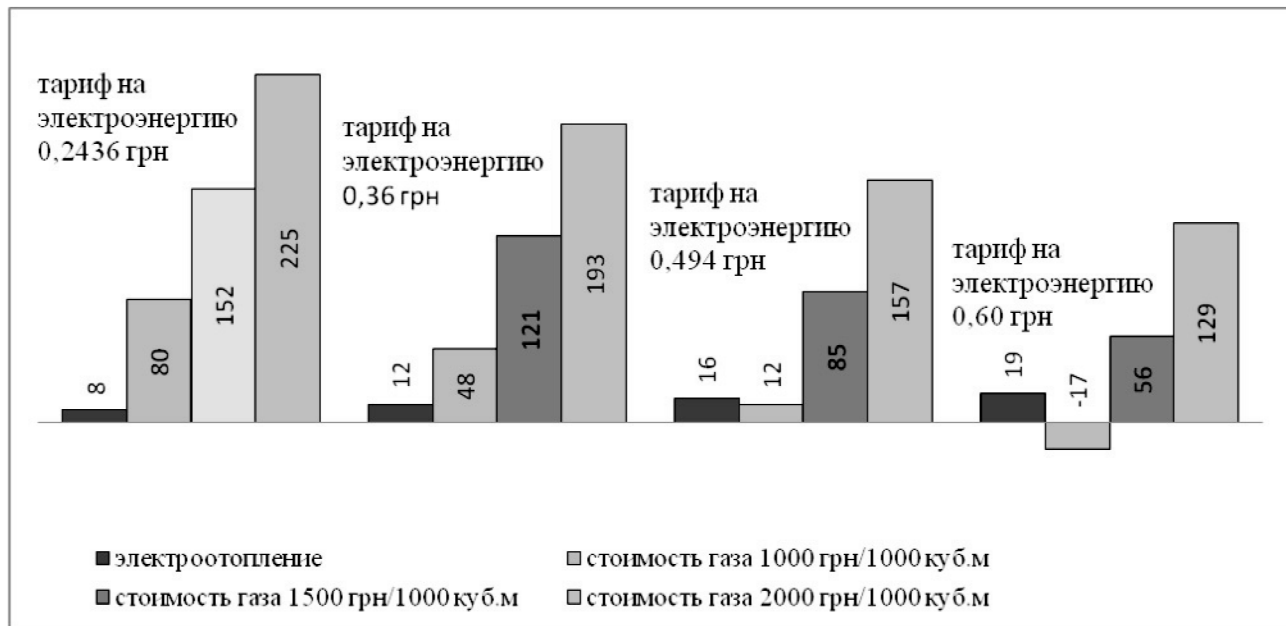
Выводы

Результаты проведенного экономического анализа показали, что действительно теплона-

сосная установка теплоснабжения является реальной альтернативой традиционному теплоснабжению и электроотоплению. Несмотря на высокие капитальные затраты, годовые затраты



а



б

Рис. 1. Экономия годовых затрат на энергоносители (а) и затрат на производство 1 Гкал теплоты (б) при использовании теплонасосной системы теплоснабжения по сравнению с электроотоплением и традиционной системой теплоснабжения при разных тарифах на электроэнергию и разной стоимости газа.

на энергоносители ниже, чем у традиционной установки теплоснабжения и чем у электроотопления, рассчитанного по самому благоприятному ночному тарифу. Наиболее рентабельно и эконо-

мически выгодно приобретать такие установки за собственные средства. С повышением цены на газ рентабельность теплонасосной системы теплоснабжения возрастает. Но главным показате-

лем преимущества теплонасосной установки теплоснабжения по сравнению с приведенными системами является значительная экономия топлива. При одинаковой небольшой выработке теплоты расход топлива в 1,7 раза ниже, чем для системы традиционного теплоснабжения с использованием газа, и в 4,5 раза меньше, чем для электроотопительной установки.

Выбранная мощность теплового насоса 17 кВт обусловлена тем, что данной мощности достаточно для оптимального отопления индивидуального здания площадью 200 м², что соответствует постройкам коттеджного типа для среднего социального класса населения. Во-вторых, импортные тепловые насосы такого диапазона мощности отопления последнее время находят все большее применение в Украине.

Безусловно, преимущество теплонасосных технологий теплоснабжения в первую очередь заключается в автономности, что особенно приемлемо для экономик, где большое место занимает атомная генерация электроэнергии. Приведенные расчеты показывают, что диапазон срока окупаемости для различных вариантов и тарифов находится в пределах 1,5–10 лет, что для установок

такой малой мощности является вполне приемлемым. При существенном увеличении мощности показатели окупаемости будут существенно уменьшаться. Этот факт требует дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Возобновляемые источники энергии. План внедрения и продвижения технологий на период до 2007 года.* EREC, Renewable Energy House. Brussels, 2007.
2. *Дубовик В.С.* Стан комунальної теплоенергетики України. Комунальна теплоенергетика України: стан, проблеми, шляхи модернізації. – К.: – 2007. – С.22–39.
3. *Васильев Г.П.* Теплохладоснабжение зданий и сооружений с использованием низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных слоев земли. – М.: Красная звезда, 2006. – 311 с.
4. *www.nerg.gov.ua* – Національна комісія регулювання теплоенергетики України. – Порядок застосування тарифів на електроенергію.

Получено 09.06.2008 г.