

УДК 621.482

БЕЛЯЕВА Т.Г.¹, РУТЕНКО А.А.¹, ТКАЧЕНКО М.В.¹, БАСОК О.Б.²

¹Институт технической теплофизики НАН Украины

²Киевский государственный университет им. Т.Г.Шевченко

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В КОММУНАЛЬНОЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ УКРАИНЫ

Проведено оцінку доцільності використання теплонасосних схем теплозабезпечення, які в Україні для нинішньої кризової економічної ситуації є економічно вигідними, а значить і привабливими для інвестування в теплоенергетичні проекти позикових засобів.

Проведена оцінка цілесобразності використання теплонасосних схем теплообеспечения, которые в Украине для нынешней кризисной экономической обстановки являются экономически выгодными, а значит и привлекательными для инвестирования в теплоэнергетические проекты заемных средств.

The estimation of expedience of the use of heat pumps of heat supply is conducted, which in Ukraine for a present crisis economic situation are economic advantageous, and attractive for investing in the thermoenergetics projects of debt funds.

Одной из тенденций в области коммунального теплоснабжения в развитых странах мира в настоящее время является замена органических топлив возобновляемыми источниками энергии. Такая тенденция определяется: а) уменьшением объемов потребляемой энергии из традиционных топлив и энергосбережением; б) минимальными выбросами вредных веществ в атмосферу, способствующими уменьшению парникового эффекта и глобального потепления; в) созданием качественного микроклимата в помещениях зданий, экологической и санитарно-эпидемиологической безопасностью помещений. В этом аспекте наиболее эффективной технологией является использование тепловых насосов для целей теплоснабжения.

Как известно, главное преимущество тепловых насосов заключается в их способности извлекать теплоту из окружающей среды: грунта, воды водоемов, окружающего воздуха и других низкопотенциальных источников. Для получения 1 кВт·ч тепловой энергии максимально затрачивается 0,3...0,4 кВт·ч электроэнергии, остальная часть энергии извлекается из окружающей среды. Оптимальное сочетание параметров низкопотенциального источника и требуемых параметров теплоты у потребителя создает условие эффективного использования теплового насоса. Так, например, для современной системы отопления «теплый пол» достаточна температура теплоносителя 25...35 °С, тогда как для традиционной системы отопления теп-

лоноситель должен иметь температуру 70...90 °С. Система отопления «теплый пол» создает комфортный микроклимат в помещении, обусловленный более равномерным распределением теплоты по высоте помещения по сравнению с традиционной системой радиаторного или воздушного отопления. Кроме того, при использовании тепловых насосов нет выбросов вредных веществ в атмосферу.

По прогнозам Мирового энергетического комитета (МИРЕК) к 2020 году 75 % теплоснабжения (коммунального и производственного) в развитых странах будет осуществляться с помощью тепловых насосов. Этот прогноз подтверждается тем, что сегодня в мире работает 20 млн. тепловых насосов различной мощности. К сожалению, в нашей стране к внедрению систем теплоснабжения с тепловыми насосами относятся весьма настороженно, что связано с относительно высокой стоимостью оборудования. Действительно, импортный тепловой насос и его установка требуют больших удельных инвестиций, поэтому такие системы сегодня доступны далеко не всем потребителям. Но преимущества, способствующие активному применению тепловых насосов – очевидны. Каждый год для производства теплоты в коммунальной и бюджетной сфере Украины используется около 14,8 млрд. м³ газа. При постоянно увеличивающихся ценах на газ и росте тарифов на теплоту, Украине придется столкнуться с необходимостью переоборудования

систем теплоснабжения. И такое решение должно приниматься исходя из экономической целесообразности внедрения той или иной системы теплоснабжения.

В работах [1, 2] приведен анализ экономической эффективности при реализации тепловых насосов малой и средней мощности для теплоснабжения различных потребителей по сравнению с системами отопления, использующими газ и электроэнергию. С повышением цены на газ рентабельность теплонасосной системы теплоснабжения возрастает. Но главное ее преимущество состоит в экономии топлива. При одинаковой выработке теплоты расход энергоносителя в газовом эквиваленте в 1,7 раза ниже, чем для системы традиционного теплоснабжения с использованием природного газа, и в 4,5 раза меньше, чем для электроотопительной установки. Несмотря на это высокая цена на тепловые насосы значительно тормозит их широкое внедрение. Не все потребители могут приобрести дорогое оборудование за собственные средства. А выплата кредита, особенно во время кризисных явлений в экономике, значительно увеличивает годовые эксплуатационные расходы и себестоимость 1 Гкал теплоты, что снижает привлекательность экологически чистых, энергосберегающих и комфортных систем теплоснабжения.

Поэтому важно правильно определиться в целесообразности использования той или иной системы теплоснабжения для различных категорий потребителей. Целью настоящей работы является установление таких вариантов использования теплонасосных схем теплообеспечения, которые в Украине для нынешней кризисной экономической обстановки являются экономически выгодными, а значит и привлекательными для инвестирования в теплоэнергетические проекты заемных средств. Для этого, определим для современных экономических условий Украины себестоимость 1 Гкал теплоты, произведенной разными системами теплоснабжения: высокоэффективным газовым водогрейным котлом; теплонасосной установкой; когенерационной установкой с тепловым насосом, а также оценим экономические аспекты использования этой теплоты разными категориями потребителей. Рассмотрим несколько вариантов.

1. Теплоснабжение осуществляется высокоэффективным газовым водогрейным котлом КВВ-1,0 мощностью 1 МВт (к.п.д. 94 %, удельный расход топлива котла составляет 117 м³/МВт), разработанным в Институте технической теплофизики НАН Украины. Техничко-экономические показатели для котла КВВ-1,0 при различных ценах на газ приведены в табл. 1.

Табл. 1

№	Наименование	Единицы	Значение				
1.	Теплопроизводительность	МВт	1				
2.	Годовое число часов работы	ч/год	8000				
3.	Годовая выработка теплоты	МВт·ч/год (Гкал/год)	8000 (6900)				
4.	Стоимость	тыс. грн.	340				
	а) оборудования		170				
	б) обвязки и монтажа		170				
5.	Годовое потребление газа	тыс. м ³	936				
6.	Цена газа	грн./тыс.м ³	750	1000	1500	2000	2500
7.	Годовые затраты на газ	тыс. грн.	702	936	1404	1872	2340
8.	Амортизация (10 %)	тыс. грн.	17	17	17	17	17
9.	Заработная плата с начислениями	тыс. грн.	123,48	123,48	123,48	123,48	123,48
10.	Прочие расходы (20 % з/п)	тыс. грн.	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
11.	Общие эксплуатационные затраты	тыс. грн.	860,5	1098,5	1562,5	2030,5	2498,5
12.	Себестоимость 1 Гкал	грн.	124,7	158,6	226,5	294,3	362

2. Для теплоснабжения потребителей используется тепловой насос. В табл. 2 приведены технико-экономические показатели для тепловых насосов различной производительности при тарифе на электроэнергию 0,7 грн./кВт·ч для социально-

бюджетной сферы (потребители 2 кл. напряжения) и для жилищно-коммунальной сферы при тарифе на электроэнергию 0,2436 грн. для населения и 0,19 грн. для жилых домов с электроплитами.

Табл. 2

№	Наименование	Единицы					
1.	Производительность теплового насоса	кВт	100	300	500	700	1000
2.	Годовое число часов работы	ч/год	8000	8000	8000	8000	8000
3.	Годовая выработка теплоты	кВт·ч (Гкал)	80·10 ⁴ (690)	24·10 ⁵ (2070)	40·10 ⁵ (3450)	56·10 ⁵ (4828)	80·10 ⁵ (6900)
4.	Стоимость а) теплового насоса б) обвязки и монтажа	тыс. грн.	800 400 400	1300 650 650	1600 900 900	2400 1300 1300	3200 1600 1600
5.	Средний коэффициент преобразования		4	4	4	4	4
6.	Годовое потребление электроэнергии	кВт·ч	20·10 ⁴	60·10 ⁴	100·10 ⁴	140·10 ⁴	200·10 ⁴
7.	Затраты на электроэнергию (при тарифе 0,70 грн.)	тыс. грн.	140	420	700	980	1400
8.	Амортизация (10 %)	тыс. грн.	40	65	90	130	160
9.	Заработная плата с начислениями	тыс. грн.	98,8	98,8	98,8	98,8	123,2
10.	Прочие расходы (20 % ЗП)	тыс. грн.	14,4	14,4	14,4	14,4	18,0
11.	Общие эксплуатационные затраты	тыс. грн.	293,2	598,2	903,2	1223,2	1701,2
12.	Себестоимость 1 Гкал (при тарифе 0,70 грн.)	грн.	424,9	289,0	261,8	253,3	246,5
13.	Затраты на электроэнергию (при тарифе 0,2436 грн.)	тыс. грн.	48,7	146,2	243,6	341	487
14.	Общие эксплуатационные затраты (при тарифе 0,2436 грн.)	тыс. грн.	201,9	324,4	446,8	584,2	786,4
15.	Себестоимость 1 Гкал (при тарифе 0,2436 грн.)	грн.	292,6	156,7	129,5	121	114
16.	Затраты на электроэнергию (при тарифе 0,19 грн.)	тыс. грн.	38	114	190	266	380
17.	Общие эксплуатационные затраты (при тарифе 0,19 грн.)	тыс. грн.	191,2	292,2	393,2	509,2	681,2
18.	Себестоимость 1 Гкал (при тарифе 0,19 грн.)	грн.	277,1	141,2	114	105,5	98,7

3. Теплоснабжение осуществляется комбинированной когенерационной установкой с тепловым насосом. Теплопроизводительность когенерационной установки и теплового насоса составляет 1 МВт, а выработанная когенерационной установкой электрическая энергия используется компрессором теплового насоса. В качестве примера, рассмотрена когенерационная установка

FG Wilson модели SG240, электрическая мощность которой 192 кВт, номинальная тепловая мощность 240 кВт. Теплопроизводительность теплового насоса составляет 770 кВт, коэффициент преобразования теплового насоса – 4. Технико-экономические показатели такой комбинированной установки приведены в табл. 3 в зависимости от цены на газ.

Табл. 3

№	Наименование	Единицы	Значение				
1.	Электрическая мощность когенерационной установки	кВт	192				
2.	Номинальная тепловая мощность когенерационной установки	кВт	240				
3.	Расход природного газа при номинальной нагрузке	м ³ /ч	61				
4.	Теплопроизводительность теплового насоса	кВт	780				
5.	Годовое число часов работы	ч/год	8000				
6.	Годовая выработка теплоты	МВт·ч/год (Гкал/год)	8160 (7035)				
7.	Стоимость	тыс. грн.	6140				
	а) оборудования		3070				
	- тепловой насос		1300				
	- когенерационная установка		1770				
	б) обвязки и монтажа		3070				
8.	Годовое потребление газа	тыс. м ³	488				
9.	Цена газа	грн./тыс. м ³	750	1000	1500	2000	2500
10.	Годовые затраты на газ	тыс. грн.	366	488	732	976	1220
11.	Амортизация (10 %)	тыс. грн.	307	307	307	307	307
12.	Заработная плата с начислениями	тыс. грн.	98,8	98,8	98,8	98,8	98,8
13.	Прочие расходы (20 % ЗП)	тыс. грн.	14,4	14,4	14,4	14,4	14,4
14.	Общие эксплуатационные затраты	тыс. грн.	786,2	908,2	1152,2	1396,2	1640,2
15.	Себестоимость 1 Гкал	грн.	111,7	129,1	163,8	198,5	233,0

При сравнении приведенных выше систем теплоснабжения, статьи основных годовых эксплуатационных затрат на их содержание выбраны идентичными. Они включают затраты на энергоносители, амортизационные отчисления, затраты на выплату заработной платы с начислениями и прочие расходы. Предполагается, что водогрейный котел производительностью 1 МВт, тепловой насос такой же производительности и комбинированную когенерационную установку обслуживает 5 человек, работающих посменно с заработной платой 1500 грн. в месяц.

По результатам таблиц 1 и 3 на рис. 1 представлена зависимость себестоимости 1 Гкал от цены на газ для водогрейного котла теплопроизводительностью 1 МВт и комбинированной когенерационной установки такой же производительности. Как видно из графика, себестоимость 1 Гкал теплоты, произведенной с помощью когенерационной установки ниже, чем для водогрейного котла. Следовательно, даже при нынешних ценах на газ система теплоснабжения с комбинированной когенерационной установкой и тепловым насосом является более выгодной по сравнению с водогрейным высокоэффективным котлом.

На рис. 2 изображена зависимость себестоимости 1 Гкал теплоты, произведенной тепловыми насосами разной производительности, используемых для разных категорий потребителей. С ростом теплопроизводительности себестоимость теплоты снижается. Это свидетельствует о целесообразности внедрения тепловых насосов для крупных потребителей теплоты. Наиболее выгодно применение систем теплоснабжения с тепловыми насосами – в жилищно-коммунальном секторе для теплоснабжения высотных домов и целых микрорайонов, особенно, для потребителей высотных домов с электроплитами, где себестоимость 1 Гкал, составляет 98,7 грн. В случае использования газового водогрейного котла КВВ в социально-бюджетной

сфере, где стоимость газа – 2500 грн./1000 м³, себестоимость 1 Гкал составляет 362 грн., что в 1,5 раза выше себестоимости теплоты, произведенной тепловым насосом.

На рис. 3 приведена гистограмма, показывающая зависимость себестоимости 1 Гкал теплоты, произведенной разными системами теплоснабжения, при сегодняшних тарифах на энергоносители.

В развитых странах внедрение тепловых насосов поддерживается правительствами в виде субсидий, налоговых кредитов. Так, в Швеции субсидия на установку теплового насоса составляет 1800...3000 у.е., в Бельгии выделяется субсидия в размере 75 % стоимости теплового насоса, во Франции налоговый кредит составляет 50 % его стоимости и т.д.

При поддержке правительства и выделении субсидий при установке тепловых насосов такие системы в Украине станут более привлекательными и получат более широкое развитие.

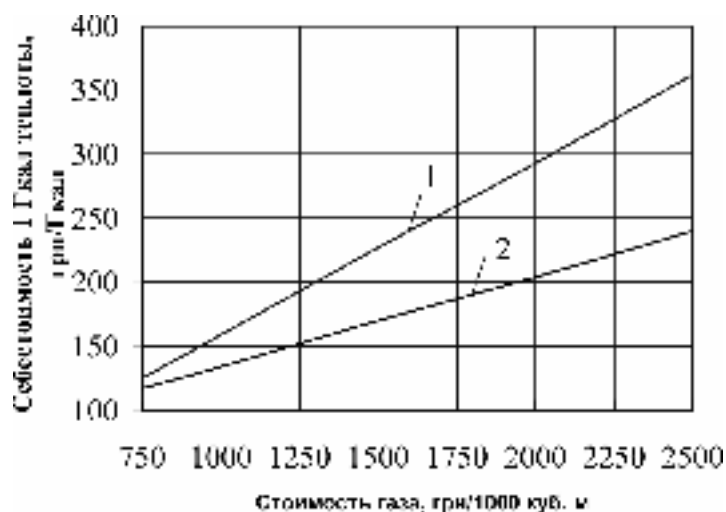


Рис. 1. Зависимость себестоимости 1 Гкал от цены на газ:

**1 – для газового водогрейного котла теплопроизводительностью 1 МВт,
2 – для комбинированной когенерационной установки.**

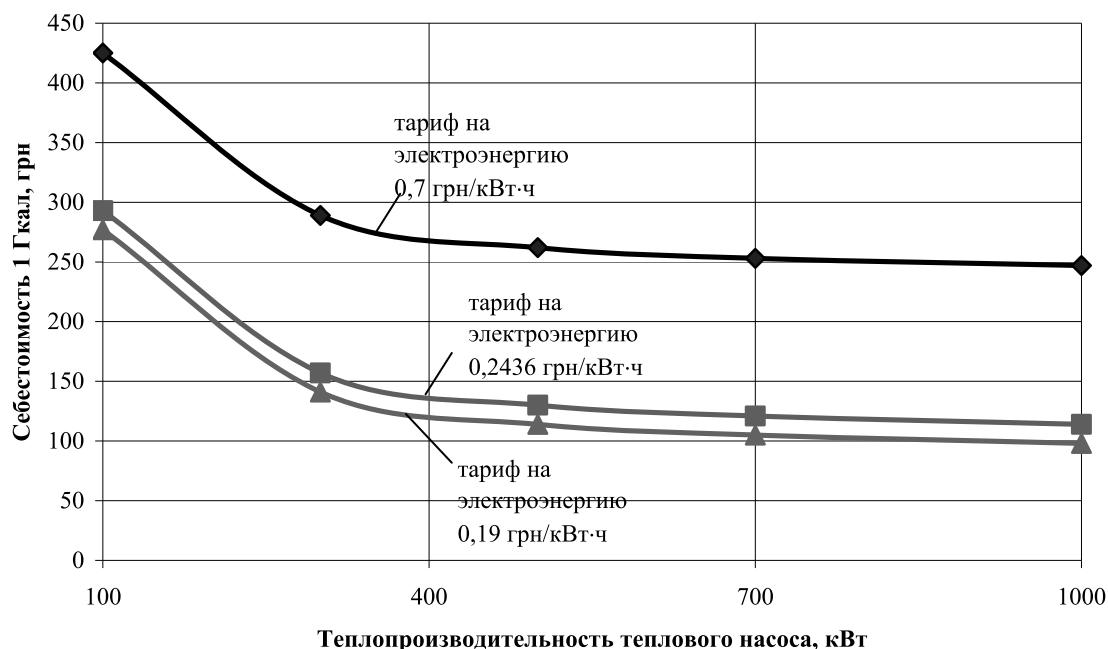


Рис. 2. Зависимость себестоимости 1 Гкал теплоты, произведенной тепловыми насосами разной производительности от тарифа на электроэнергию для разных потребителей.

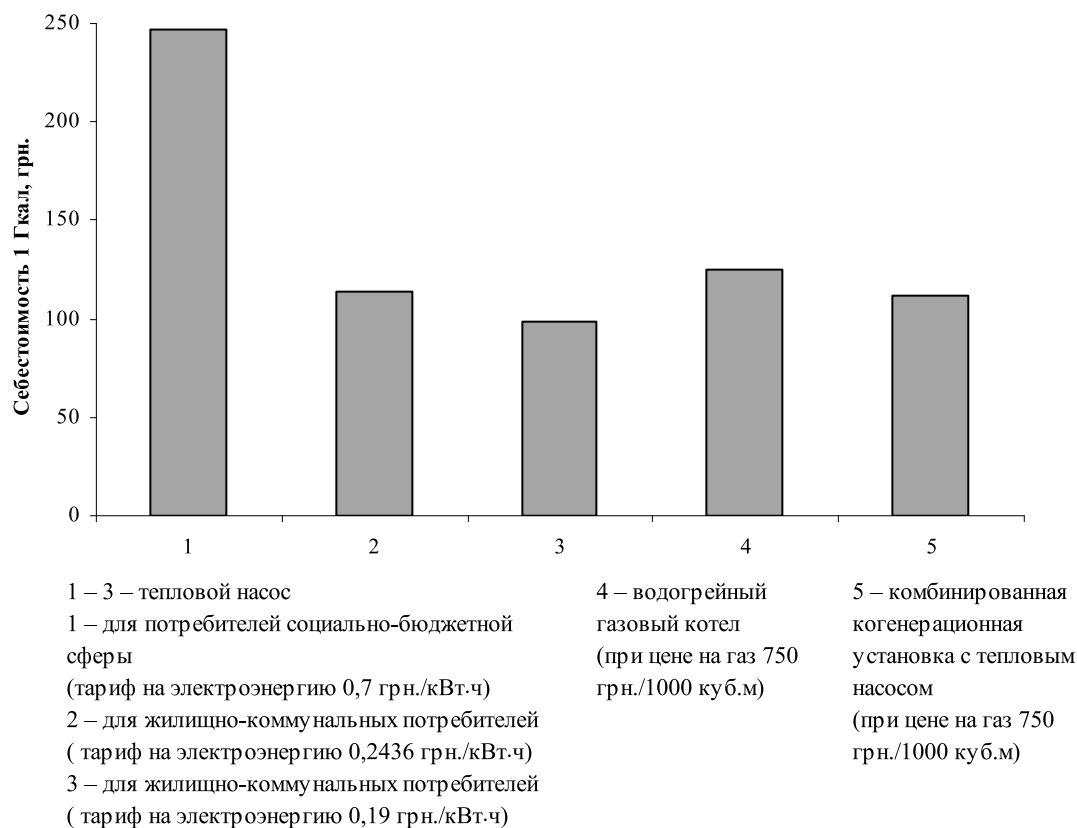


Рис. 3. Зависимость себестоимости 1 Гкал от системы теплоснабжения.

Выводы

Таким образом, использование тепловых насосов для коммунального теплоснабжения Украины в настоящее время имеет не только технические и экологические преимущества по сравнению с традиционными системами теплоснабжения, но и для ряда потребителей является экономически выгодным при существующих на сегодня тарифах и ценах на энергоносители. В частности:

1. Для потребителей социально-бюджетной сферы, где цена на газ близка к рыночной и составляет 2500...2700 грн. за 1000 м³.

2. Для индивидуальных потребителей, для которых цена на электроэнергию составляет 0,25 грн. за 1 кВт·ч.

3. Для потребителей жилищно-коммунального сектора при теплоснабжении высотных домов и целых микрорайонов, в особенности для потребителей высотных домов с электрическими плитами, где тариф на электроэнергию составляет 0,19 грн./кВт·ч.

4. Энергетически и экономически целесообразной также является система теплоснабжения, осуществляемая тепловым насосом в сочетании с газопоршневой когенерационной установкой, выработанная электроэнергия которой питает привод компрессора теплового насоса.

Отметим также, что в промышленной теплоэнергетике, где цена на газ является рыночной, применение теплонасосных схем (особенно на водооборотных циклах со сбросной теплотой) [3] экономически также оправдано.

ЛИТЕРАТУРА

1. Басок Б.И., Беляева Т.Г., Рутенко А.А., Лунина А.А. Анализ экономической эффективности при реализации теплонасосных систем для теплоснабжения // Промышленная теплотехника. – 2008. – Т.30, № 4. – С. 56 – 63.
2. Городничий В. Е., Сорока Д. В., Басок Б.И., Беляева Т.Г., Рутенко А.А. Экономическая эффективность системы отопления на базе теплового насоса малой мощности // Промышленная теплотехника. – 2008. – Т. 30, №6. – С. 89 – 94.
3. Никифорович Є.І., Литвинюк Ю.М. Перспективи використання теплових насосів для утилізації низькопотенційного тепла на прикладі ТЕЦ – 5 м. Києва // Нова тема. – 2008. – № 4. – С. 13 – 16.

Получено 16.07.2009 г.