

УДК 621.482

Ляшенко Н.Е., Рутенко А.А., Недбайло А.Н.

Институт технической теплофизики НАН Украины

АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННОЙ ГЕЛИОГРУНТОВОЙ АКУМУЛЯЦИОННОЙ ТЕПЛОНАСОСНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Наведено оціночний техніко-економічний аналіз фінансових витрат при використанні комбінованої геліогрунтової акумуляційної теплонасосної системи для теплопостачання приміщення і порівняння її енергоефективності із традиційною системою теплопостачання при різних тарифах на природний газ.

Приведен оценочный технико-экономический анализ финансовых затрат при использовании комбинированной гелиогрунтовой аккумуляционной теплонасосной системы для теплоснабжения помещения и сравнение ее энергоэффективности с традиционной системой теплоснабжения при различных тарифах на природный газ.

An assessment of technical and economic analysis of costs by using combined helioground accumulation pump system for heating the buildings and comparative analysis with traditional heating system, through the use of gas in its various tariffs.

В связи с энергетическим кризисом становится всё более необходимым использование нетрадиционных энергоресурсов, и в первую очередь, солнечной энергии. В большинстве стран мира инсоляция, которая попадает на поверхность зданий, во много раз превышает количество потребляемой энергии за год в последних. Солнечные коллекторы различных типов и конструкций позволяют организовать теплоснабжение жилых, промышленных и административных зданий, а также обеспечить в них горячее водоснабжение. Актуальность использования солнечных коллекторов на сегодняшний день неоспорима.

В Институте технической теплофизики НАН Украины образован и развивается центр теплонасосных технологий, в котором проводятся исследования энергетической и экономической эффективности использования теплонасосных систем теплоснабжения, в т.ч. в составе которых применяются солнечные коллекторы. Коллективом центра разработаны принципиальная гидравлическая схема для системы теплоснабжения жилого помещения с использованием плоского солнечного коллектора [1].

Схема состоит из трех контуров (отопления, солнечного коллектора и теплового насоса), проходящих через бак-аккумулятор,

который позволяет гидравлически развязать их с осуществлением теплообмена, а также контура вертикального грунтового коллектора. В холодный период года происходит накопление теплоты в баке-аккумуляторе за счет использования теплоты инсоляции и возобновляемой теплоты грунтового массива при помощи теплового насоса. Посредством регулирования расхода теплоносителей в контурах и коммутацией последних поддерживается необходимая температура в баке-аккумуляторе и отопительном контуре. В зависимости от тепловой нагрузки отопления возможны варианты совместного или одиночного использования источников теплоты. При достижении теплоносителем возвратной в солнечный коллектор температуры значения, выходящей из него, циркуляционный насос автоматически должен выключаться. Вертикальный грунтовой сдвоенный U-образный теплообменник изготовлен из полипропиленовых труб $\text{Ø}32 \times 3,2$ мм, располагается в скважине глубиной до 30 м [1].

Авторами проведен оценочный технико-экономический анализ финансовых затрат при использовании комбинированной гелиогрунтовой аккумуляционной теплонасосной системы для теплоснабжения помещения и сравнение ее энергоэффективности с традиционной

системой теплоснабжения при различных тарифах на природный газ.

Для анализа взята система теплоснабжения условного коттеджа общей площадью 200 м² (при удельных теплопотерях помещений до 40 кВт·час/(м²·год)) с использованием плоских солнечных коллекторов производства фирмы Афрос (г. Симферополь). Апертурная площадь одного коллектора составляет 2 м². Теплопроизводительность теплового насоса производства фирмы VDE-Украина (г. Бровары) составляет около 6 кВт. В работе были рассмотрены два варианта теплоснабжения: с горячим водоснабжением и без него.

Результаты предварительных оценочных расчетов основных тепловых показателей, проведенных по методикам [2-5], представлены в табл. 1. При этом принимались среднемесячные температуры для города Киева [6] такие: январь = -4,3 °С, февраль = -3,3 °С, март = 1,3 °С, апрель = 8,9 °С, май = 15,1 °С, июнь = 18,3 °С, июль = 19,5 °С, август = 18,9 °С, сентябрь = 13,8 °С, октябрь = 7,9 °С, ноябрь = 1,8 °С, декабрь = -2,0 °С.

В первом варианте была рассмотрена

система теплоснабжения без горячего водоснабжения (ГВС). Необходимая при этом площадь коллекторов составила 26 м² [2, 3].

В таблице представлены следующие значения:

Q_0 – тепловые потери помещений общей площадью 200 м² по календарным месяцам. Так как отопительный период с 15 апреля по 15 октября, то на протяжении периода с мая по сентябрь включительно, тепловые потери здания принимаем равными нулю.

$Q_{\text{кол}}$ – среднемесячное поступление теплоты от солнечного коллектора в систему отопления.

ΔQ – разность между общими тепловыми потерями помещений Q_0 и среднемесячными поступлениями теплоты от солнечного коллектора $Q_{\text{кол}}$. Величина ΔQ с положительным знаком показывает, какое количество теплоты возможно аккумулировать для дальнейшего извлечения, а ΔQ с отрицательным знаком – какое количество тепловых потерь необходимо покрыть с помощью теплового насоса и аккумулированной теплоты.

Таким образом сумма потерь, которые не покрываются коллектором, составляет

Табл. 1. Результаты расчета основных тепловых показателей системы без ГВС

Месяц года	Q_0 , $\frac{\text{кВт} \cdot \text{час}}{\text{месяц}}$	$Q_{\text{кол}}$, $\frac{\text{кВт} \cdot \text{час}}{\text{месяц}}$	ΔQ , $\frac{\text{кВт} \cdot \text{час}}{\text{месяц}}$
Январь	6175,20	676,26	-5498,94
Февраль	5349,12	1230,84	-4118,28
Март	4754,16	2860,52	-1893,64
Апрель	1364,40	3699,80	2335,40
Май	0	5152,68	5152,68
Июнь	0	4798,82	4798,82
Июль	0	5318,82	5318,82
Август	0	4798,82	4798,82
Сентябрь	0	2868,08	2868,08
Октябрь	1490,40	1629,68	139,28
Ноябрь	4478,40	640,38	-3838,02
Декабрь	5594,80	501,80	-5093,00

20441,9 кВт·час/месяц, а сумма среднемесячного поступления теплоты от солнечного коллектора в систему отопления с апреля по октябрь, с учетом коэффициента аккумулярования, который принят равным 0,8, составляет 20443,89 кВт·час/месяц. В результате расчетов приходим к выводу, что 13 коллекторов достаточно для покрытия полностью тепловых потерь помещений площадью 200 м² на протяжении отопительного периода.

$$B = \frac{(\sum Q_{\text{кол}}) \cdot 3600}{Q_{\text{н}}^p \cdot \eta_{\text{к}}} = \frac{31683,17 \cdot 3600}{35000 \cdot 0,9} = 3620,9 \text{ м}_n^3/\text{от. период},$$

где $Q_{\text{н}}^p$ – теплота сгорания 1 м³ природного газа;

$\eta_{\text{к}}$ – коэффициент полезного действия котла (принятый).

Ниже рассчитан срок окупаемости капитальных затрат на геологическую теплонасосную систему при различных ценах на газ за 1000 м³ $C_{\text{газ}} = 2000$ грн.; 2500 грн.; 3000 грн.

$$\tau = \frac{C_{\text{об}}}{B \cdot C_{\text{газ}}} \quad (1)$$

Подсчитаем суммарные затраты на оборудование и срок окупаемости такой системы. Суммарные капитальные затраты на оборудование, с учетом монтажных работ, составляют $C_{\text{об}} = 94380$ грн. (в ценах на 01.02.2011 года).

Экономия органического топлива при комбинированном использовании солнечных коллекторов и теплового насоса рассчитывается как [7]

Результаты расчетов показаны на рис. 1. Очевидно, что с увеличением тарифов на газ срок окупаемости системы существенно уменьшается.

Во втором случае рассмотрена система теплоснабжения с учетом ГВС. Ее основные тепловые показатели приведены в табл. 2. В расчетах принималось, что в коттедже проживают 4 взрослых человека, и расход горячей воды на каждого составляет 100 л в день.

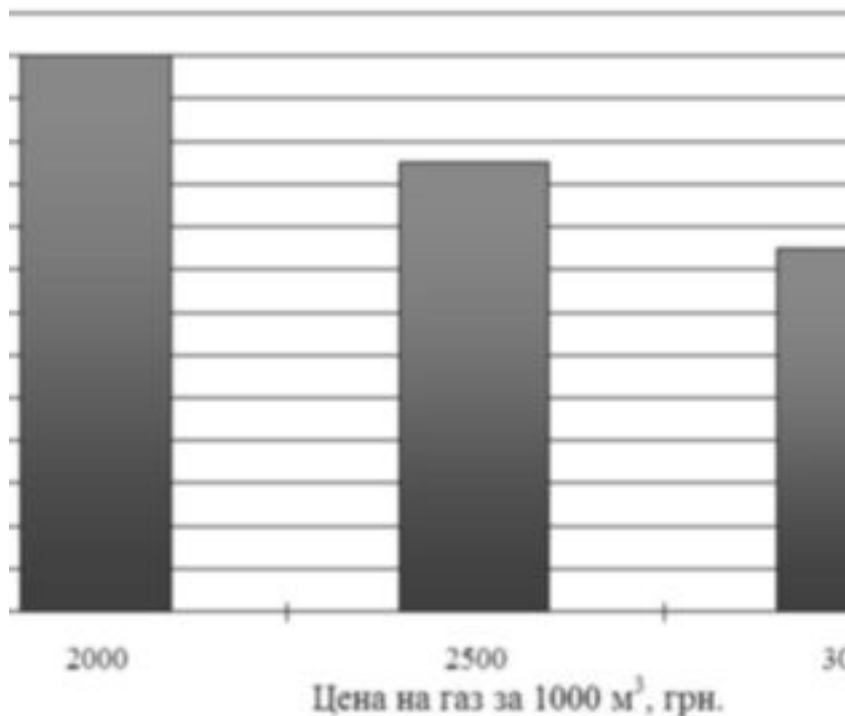


Рис. 1. Зависимость срока окупаемости системы без ГВС от тарифов на газ.

Табл. 2. Результаты расчета основных тепловых показателей системы с ГВС

Месяц года	$Q_0, \frac{\text{кВт} \cdot \text{час}}{\text{месяц}}$	$Q_{\text{кол}}, \frac{\text{кВт} \cdot \text{час}}{\text{месяц}}$	$Q_{\text{ГВП}}, \frac{\text{кВт} \cdot \text{час}}{\text{месяц}}$	$\Delta Q, \frac{\text{кВт} \cdot \text{час}}{\text{месяц}}$
Январь	6175,20	936,36	864,90	-4373,94
Февраль	5349,12	1704,20	781,20	-2863,72
Март	4754,16	3960,72	864,90	-71,46
Апрель	1364,40	5122,80	837,00	2921,40
Май	0	7134,48	864,90	6269,58
Июнь	0	6644,52	837,00	5807,52
Июль	0	7364,52	864,90	6499,62
Август	0	6652,08	864,90	5787,18
Сентябрь	0	3971,16	837,00	3134,16
Октябрь	1490,40	2256,48	864,90	98,82
Ноябрь	4478,40	886,68	837,00	-2754,72
Декабрь	5594,80	694,80	864,90	-4035,10

Необходимая площадь коллекторов при этом составила 36 м² [2, 3].

В таблице представлены следующие, отличные от предыдущей таблицы, значения:

$Q_{\text{ГВП}}$ – количество теплоты на ГВС по месяцам;

ΔQ – разность между суммарной тепловой нагрузкой $Q_0 + Q_{\text{ГВП}}$ и среднемесячными по-

туплениями теплоты от солнечного коллектора $Q_{\text{кол}}$.

При таком варианте системы сумма затрат на оборудование составит $C_{\text{об}} = 110000$ грн. (в ценах на 01.02.2011 года).

Экономия природного газа при комбинированном использовании солнечных коллекторов и теплового насоса [7] равна

$$B = \frac{(\sum \bar{Q}_0^M) \cdot 3600}{Q_n^p \cdot \eta_k} = \frac{47328 \cdot 6000}{35000 \cdot 0,9} = 9014,8 \text{ м}_n^3 / \text{от. период.}$$

На рис. 2 показана зависимость срока окупаемости гелиогеотермальной теплонасосной системы с ГВС при тех же ценах на газ, что и в первом случае. Расчет проводился также по формуле (1) [7].

Выводы

При сохранении тенденции повышения цен на органические энергоносители переход к комбинированным системам теплоснабжения с использованием альтернативных источников теплоты представляется безальтернативным. Результаты проведенных расчетов показывают,

что использование ГВС в составе системы теплоснабжения типового коттеджа с применением солнечных коллекторов и теплового насоса снижает срок окупаемости капитальных затрат в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Недбайло А.Н. Использование солнечного коллектора для отопления помещения / А.Н. Недбайло, Н.Е. Ляшенко // Пром. теплотехника, 2010. – Т. 32, № 5. – С. 66 – 70.
2. Пуховой И.И. Разработка и тепловые расчеты систем солнечного отопления. К.:

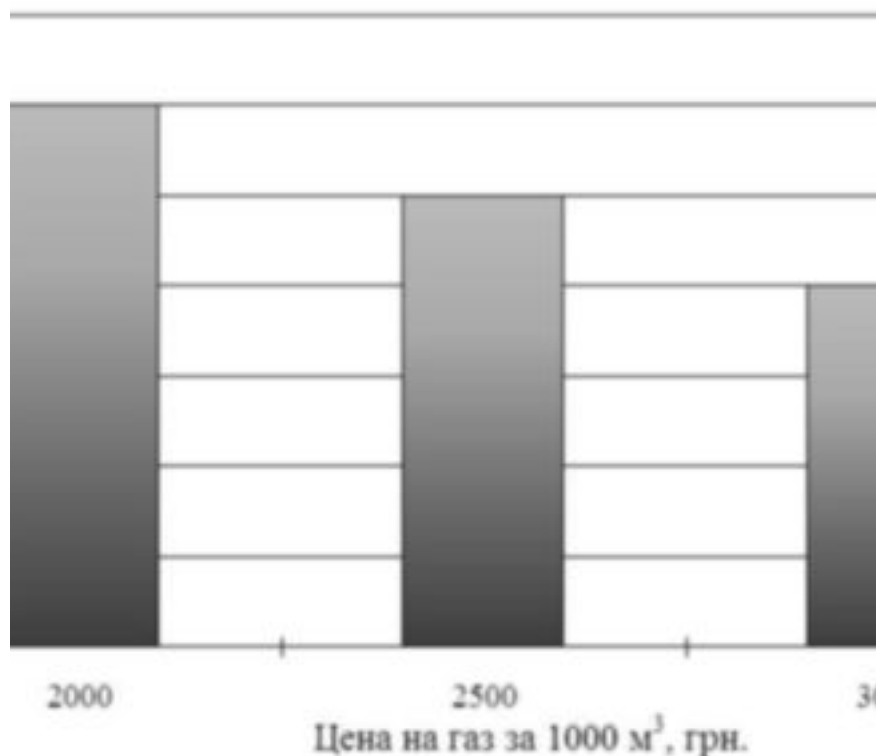


Рис. 2. Зависимость срока окупаемости системы с ГВС от тарифов на газ.

Политехника, 1992. – 24 с.

3. *Chateauminois M.* Calcul d'installations solaires a eau. – Marseille, EDISUD, 1998 / Rus. edition. – 205 p.

4. *Боженко М.Ф., Сало В.П.* Джерела тепlopостачання та споживачі теплоти. К.: Політехніка, 2004. – 94 с.

5. *Накорчевский А.И.* Расчет тепловоспринимающей способности солнечных коллекторов / А.И. Накорчевский // Пром. теплотехника,

2009. – Т. 31, № 2. – С. 70 – 75.

6. *Центральна геофізична обсерваторія*, м. Київ. <http://www.cgo.kiev.ua/index.php?fn=fac&f=facilities&p=1> – Кліматичний кадастр України. Стандартні кліматичні норми за період 1961 – 1990 рр.

7. *Задоя А.О.* Мікроекономіка. Навч. посіб. – К.: "Знання", КОО, 2000. – 176 с.

Получено 22.04.2011 г.