

УДК 621.482

ГОРОДНИЧИЙ В.Е.¹, СОРОКА Д.В.¹,
БАСОК Б.И.², БЕЛЯЕВА Т.Г.², РУТЕНКО А.А.²

¹ООО «Сантехник ЛТД и Ко»

²Институт технической теплофизики НАН Украины

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ НА БАЗЕ ТЕПЛООВОГО НАСОСА МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Проведено оцінку економічної ефективності системи опалення з тепловим насосом малої потужності та її порівняння з системою опалення електричним котлом з використанням методів дисконтування грошових потоків.

Проведена оценка экономической эффективности системы отопления с тепловым насосом малой мощности и сравнение ее с системой отопления электрическим котлом с использованием методов дисконтированных денежных потоков.

We evaluate the cost-efficiency of a performance heating system with a low-power heat pump and compare it with a heating system with an electric boiler by the method of discounting of financial flows.

Введение

При проектировании зданий любого объекта возникает необходимость выбора оптимальной системы теплоснабжения, которая отвечает интересам всех участников проекта и соответствует условиям эксплуатации выбранной системы. В настоящее время существует альтернатива такого выбора. Однако при внедрении новых энергосберегающих технологий требуется оценка экономической эффективности соответствующих инвестиций с точки зрения гарантированной их окупаемости, а также необходимости получения максимальной прибыли от вложенных средств. Выбор оптимального варианта системы теплоснабжения требует учета многих факторов и условий работы системы. В условиях рыночных отношений оценка экономической эффективности того или иного решения по минимальным приведенным затратам не всегда отвечает в полной мере условиям финансирования.

В современной мировой практике для оценки экономической эффективности затрат на осуществление проектов применяется метод дисконтированного потока денежных средств, который позволяет оценить эффективность и окупаемость вложений в проект с учетом инфляции денежных средств, а также сравнить экономическую эф-

фективность капитальных вложений для различных вариантов [1].

В данной работе методы дисконтированного потока денежных средств были использованы для оценки экономической эффективности, получаемой от внедрения теплонасосной установки теплоснабжения [2] гостиничного комплекса, по сравнению с установкой теплоснабжения с помощью электрического котла.

В качестве объекта рассматривается мотель “3 Версты” (27 км автомобильной трассы Киев–Житомир). Он представляет собой комплекс зданий, включающий в себя сам мотель, 16 домиков для гостей по 200 м² каждый и спорткомплекс площадью 2200 м² с бассейном. В настоящее время введена в эксплуатацию 1-я очередь – мотель общей площадью 1200 м².

В нём расположены 27 номеров для постояльцев, конференц-зал и ресторан на 50 персон. Отапливаемая площадь составляет 1200 м², система отопления – радиаторная, также имеется принудительная система вентиляции с подогревом приточного воздуха. Максимальная тепловая нагрузка подогревателя приточного воздуха составляет 35 кВт.

Первоначально система отопления здания проектировалась под электрический котел мощностью 100 кВт с температурой подачи воды 75°С, так как ближайшая газовая магистраль на-

ходится в 2,5 км от здания мотеля. В здании, помимо системы отопления, большим потребителем электроэнергии является кухня. С электроплитами и холодильниками ее установленная мощность составляет 16 кВт. В связи с тем, что ЗАО «Киевоблэнерго» не могло обеспечить требуемой мощности (120 кВт) для мотеля по причине перегруженности существующей подстанции, было принято решение о замене электрического котла двумя тепловыми насосами IVT Greenline D 40 [3] общей тепловой мощностью 80 кВт. Был проведен перерасчет системы отопления под использование тепловых насосов с температурой подачи 55 °С. После этого была проведена оценка экономической эффективности нового варианта теплоснабжения с помощью тепловых насосов относительно базового варианта с электродкотлом.

Затраты (капитальных вложений) на установку тепловых насосов в сравнении с капитальными затратами, требующимися на установку электрического котла, приведены ниже.

Капитальные затраты на установку тепловых насосов:

Стоимость тепловых насосов	310 тыс. грн.
Монтаж внутренних сетей земляного контура	43 тыс. грн.
Прокладка труб, обвязка скважин, земляной колодец	274 тыс. грн.
Бурение скважин	67 тыс. грн.
Подключение к системе отопления и обвязка баков	292 тыс. грн.
Итого:	1186 тыс. грн.

Капитальные затраты на монтаж электрического котла:

Стоимость электрического котла	28 тыс. грн.
Подключение к системе отопления и обвязка баков	292 тыс. грн.
Подключение к котлу эл. мощности 100 кВт	455 тыс. грн.
Итого:	775 тыс. грн.

Дополнительные капитальные затраты на установку тепловых насосов составили 411 тыс. грн. Эту разницу капитальных вложений можно трактовать как вложения в энергосберегающую теплонасосную технологию теплоснабжения.

Основной составляющей в эксплуатационных затратах для системы тепловых насосов по сравнению с системой электрообогрева являются затраты на электроэнергию. В табл. 1 приведено потребление электроэнергии и затраты на нее для тепловых насосов и электрического котла в течение года. Тариф на электроэнергию для потребителей ЗАО «Киевоблэнерго» взят в соответствии со 2 классом напряжения.

Экономия затрат на электроэнергию при использовании тепловых насосов составляет 84,123 тыс. грн в год.

Наиболее часто используемым критерием оценки эффективности проектов является простой срок окупаемости. Это период времени, необходимый для того, чтобы доходы проекта покрыли затраты на него.

Для предварительной оценки эффективности данного проекта определим простой срок окупаемости затрат, вложенных в энергосберегающую технологию. Для этого последовательно рассчитаем значения чистого денежного потока для каждого расчетного года эксплуатации системы. Для рассматриваемого проекта время эксплуатации тепловых насосов без капитального ремонта составляет 25 лет. Под чистым денежным потоком подразумеваем экономию эксплуатационных затрат от внедрения энергосберегающей технологии.

Результаты расчетов по годам представлены в табл. 2 и на графике (рис.1). Как видно из графика, простой срок окупаемости составляет 4,16 года, чистая текущая стоимость в этой точке становится положительной величиной, равной текущей стоимости вложений в энергосберегающую технологию.

Однако недостатком данного критерия оценки является неучет ценности денег во времени. С течением времени влияние инфляции и конкуренции изменяет покупательную способность денег: деньги, полученные в настоящее время, обладают большей ценностью, чем деньги, полученные в будущем. Для приведения в соответствие финансовых показателей для разных периодов времени к сопоставимым величинам, вводится коэффициент дисконтирования, учитывающий различные виды инфляции, изменения процентной ставки, нормы доходности и т. д. Он определяется на каждый расчетный год как

Табл. 1.

Месяц	Средняя температура наружного воздуха, °С	Тепловая нагрузка здания, кВт	Потребление эл.энергии ТН, кВт·ч	Потребление эл.энергии. электродотлом, кВт·ч
Октябрь	8	30,98	5489	19210
Ноябрь	2	46,49	7969	27893
Декабрь	-2	55,37	9808	34329
Январь	-6	64,13	11361	39764
Февраль	-4	59,84	9916	34705
Март	2	45,40	8042	28149
Апрель	8	31,32	5370	18794
За летние месяцы прогноз нагрузки ГВС		15,60	13639	47736
Общее количество			71594	250579
Тариф на электроэнергию, грн/кВт·ч			0,47	0,47
Затраты на электроэнергию, грн			33649,14	117772,00

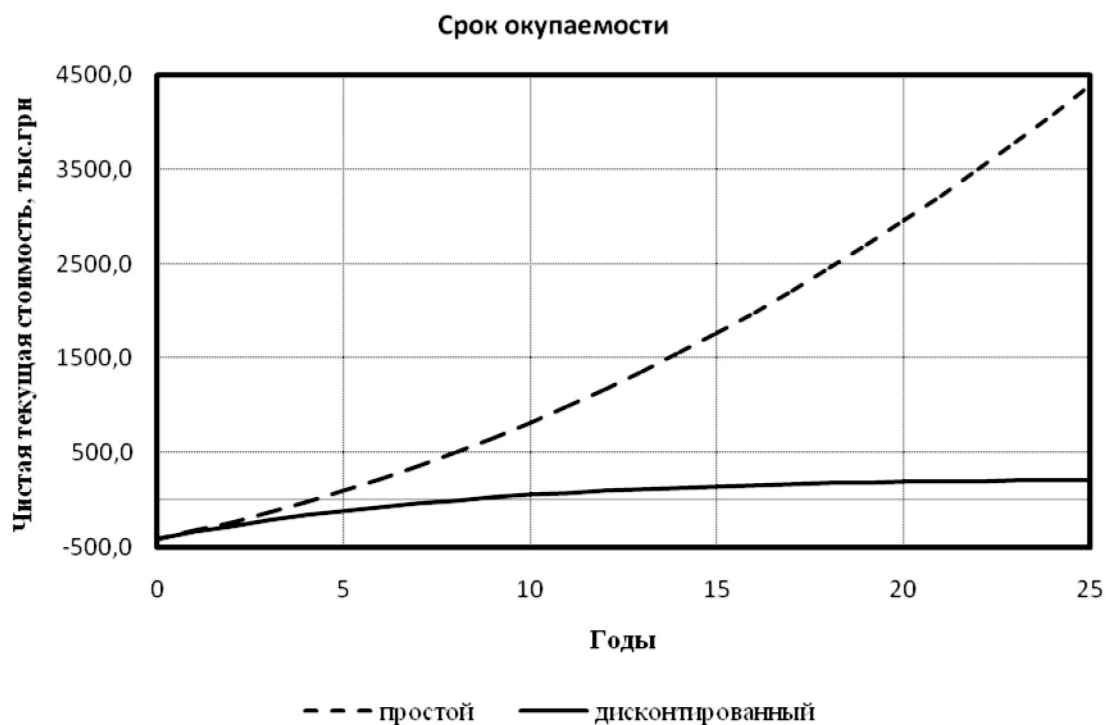


Рис. 1. График чистой текущей стоимости по расчетным годам.

Табл. 2.

Год	Кап. затраты, тыс. грн	Эксплуат. затраты теплоснабжения, тыс.грн	Эксплуат. затраты системы теплоснабжения с электр. котлом, тыс.грн	Чистый денежный поток (PI) тыс. грн	Чистая кумулятивная стоимость, тыс. грн	Коэффициент дисконтирования при ставке $i_1=20\%$	Чистый дисконтированный денежный поток (PI), тыс. грн	Чистая дисконтированная стоимость NPV_1 , тыс.грн	Коэффициент дисконтирования при ставке дисконта $i_2=40\%$	Прогноз цены на электроэнергетич. затраты, грн
0	411,0	0	0		-411	1		-411	1	
1	0	33,7	117,8	84,1	-326,9	0,83	69,8	-341,2	0,71	0,47
2	0	37,3	130,3	93,1	-233,8	0,69	64,2	-277,0	0,51	0,52
3	0	40,8	142,8	102,0	-131,8	0,58	59,2	-217,8	0,36	0,57
4	0	43,7	152,9	109,2	-22,6	0,48	52,4	-165,4	0,26	0,61
5	0	47,3	165,4	118,1	95,5	0,40	47,3	-118,1	0,19	0,66
6	0	50,8	177,9	127,1	222,6	0,34	43,2	-74,9	0,13	0,71
7	0	54,4	190,4	136,0	358,6	0,28	38,1	-36,8	0,095	0,76
8	0	58,0	203,0	145,0	503,6	0,23	33,4	-3,5	0,068	0,81
9	0	61,6	215,5	153,9	657,5	0,19	29,3	25,8	0,048	0,86
10	0	65,2	228,0	162,9	820,4	0,16	26,1	51,8	0,035	0,91
11	0	68,7	240,6	171,8	992,2	0,14	24,1	75,9	0,025	0,96
12	0	72,3	253,1	180,8	1173,0	0,11	19,9	95,8	0,018	1,01
13	0	75,9	265,6	189,7	1362,7	0,093	17,6	113,4	0,013	1,06
14	0	79,5	278,1	198,7	1561,4	0,078	15,5	128,9	0,009	1,11
15	0	83,1	290,7	207,6	1769,0	0,065	13,5	142,4	0,0064	1,16
16	0	87,4	305,7	218,4	1986,7	0,054	11,8	154,2	0,0046	1,22
17	0	90,9	318,2	227,3	2214,7	0,045	10,2	164,4	0,0033	1,27
18	0	95,2	333,3	238,1	2452,7	0,038	9,1	173,5	0,0023	1,33
19	0	98,8	345,8	247,0	2699,7	0,031	7,7	181,1	0,0017	1,38
20	0	102,4	358,3	256,0	2955,7	0,026	6,7	187,8	0,0012	1,43
21	0	106,7	373,4	266,7	3222,4	0,022	5,9	193,6	0,0009	1,49
22	0	111,0	388,4	277,4	3499,8	0,018	5,0	198,6	0,0006	1,55
23	0	114,6	401,0	286,4	3786,2	0,015	4,3	202,9	0,0004	1,60
24	0	118,9	416,0	297,1	4083,3	0,013	3,9	206,8	0,0003	1,66
25	0	123,8	431,0	307,2	4390,5	0,011	3,4	210,2	0,0002	1,72

Внутренняя норма рентабельности

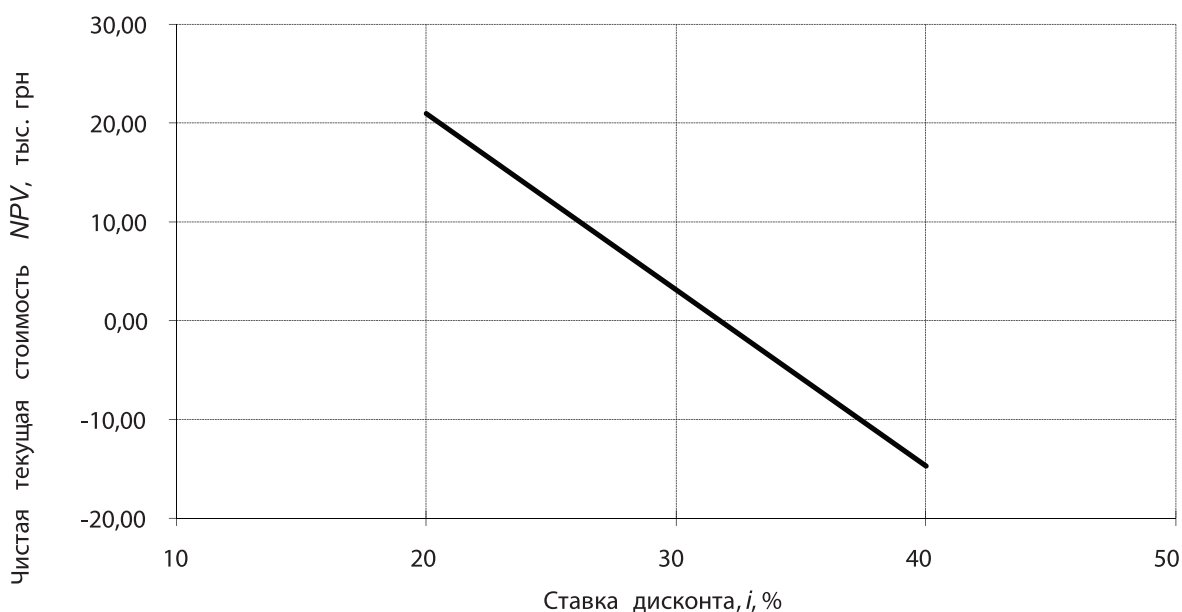


Рис. 2. График зависимости чистой текущей стоимости от ставки дисконта.

$r = 1/(1 + i)^t$, (1)
 где i – ставка дисконта, включающая сумму банковской ставки, уровень инфляции и риска проекта. Допустим, безрисковая ставка – 10%, компенсация рисков по проекту составляет 10%, тогда ставка дисконтирования составляет 20%, t – порядковый номер расчетного года.

С учетом коэффициента дисконтирования определим основные динамические показатели эффективности проекта: чистую дисконтированную стоимость (NPV); динамический срок окупаемости с учетом дисконтирования потоков дохода; внутреннюю норму рентабельности (IRR).

Чистая дисконтированная стоимость определяется как

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{PV_t - K_t}{(1+i)^t}, \quad (2)$$

где PV_t – денежный поток по каждому расчетному году, K_t – капитальные затраты.

Проект эффективен при любом положительном значении NPV . Если $NPV = 0$, то доходы от проекта только окупят вложенные средства; если

$NPV < 0$ – проект убыточный. Результаты расчета представлены в табл. 2.

Чистая дисконтированная стоимость проекта составит 210 тыс. грн. Дисконтированный (динамический) срок окупаемости составляет 8,08 лет (рис. 1).

Внутренняя норма рентабельности (IRR) представляет собой ту ставку дисконта, при которой суммарное значение дисконтированных доходов равно суммарному значению дисконтированных капитальных вложений.

$$\sum_{t=1}^n \frac{PV_t - K_t}{(1+i)^t} = 0. \quad (3)$$

За рубежом расчет нормы рентабельности часто используется для первоначального отбора проектов. После определения нормы рентабельности для дальнейшего анализа выбираются проекты с нормой рентабельности не ниже 15...20%. Значение нормы рентабельности более наглядно можно получить графически (рис. 2) из зависимости чистой текущей стоимости от величины ставки дисконта. Для этого рассчитываются зна-

чения чистой текущей стоимости NPV при двух любых значениях i . При $i = 20\%$ $NPV_1 = 210$ тыс. грн, при $i = 40\%$ $NPV_2 = -147$ тыс. грн. Искомое значение получается в точке пересечения графика с осью абсцисс, т.е. $IRR = i$ при $NPV = 0$.

Выводы

1. Проведенная оценка экономической эффективности системы теплоснабжения с помощью тепловых насосов для гостиничного комплекса с использованием методов чистой дисконтированной стоимости, дисконтированного срока окупаемости и внутренней рентабельности показала, что теплонасосная система теплоснабжения действительно является реальной альтернативой электроотоплению. При одинаковой выработке теплоты расход электроэнергии в 3,5 раза меньше, чем для электроотопительной установки.

2. Дополнительные капитальные затраты на создание теплонасосной системы теплоснабжения окупятся за счет экономии электрической энергии в период 4...8 лет, в зависимости от инф-

ляции и других рисков вложений. Значение чистой дисконтированной текущей стоимости проекта 210 тыс. грн при ставке дисконта 20% и значении внутренней нормы рентабельности 31% говорят об экономической эффективности и выгоды рассмотренного проекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Рекомендации по оценке экономической эффективности инвестиционного проекта теплоснабжения: общие положения.* — М.: «Авок-Пресс», 2006. — 24 с.

2. *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.

3. *Тепловые насосы IVT Greenline.* Руководство по установке, вводу в эксплуатацию и обслуживанию. IVT, 2006. — 72 с.

Получено 01.09.2008 г.