

УДК 620.98

В.І. Дешко, Н.А. Буяк, К.В. Іщенко

Національний технічний університет України
«Київський Політехнічний Інститут»

ЕКОНОМІЧНО ДОЦІЛЬНИЙ ВИБІР ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОТИ ДЛЯ ГУРТОЖИТКА

Анотація: Розглядається вибір джерела тепла за допомогою методу руху грошових коштів. Досліджена функція інтегрованих грошових коштів, яка враховує обрану систему опалення, зміну вартості в часі енергоносіїв. Проаналізовано доцільність врахування цих факторів.

В.И. Дешко, Н.А. Буяк, Ищенко Е.В.

Национальный Технический Университет Украины
«Киевский Политехнический Институт»

ЭКОНОМИЧЕСКИ ЦЕЛЕСООБРАЗНЫЙ ВЫБОР ИСТОЧНИКА ТЕПЛА ДЛЯ ОБЩЕЖИТИЯ

Аннотация: Рассматривается выбор источников тепла с помощью метода движения денежных средств. Исследована функция интегрированных денежных средств, которая учитывает избранную систему отопления, изменение стоимости во времени энергоносителей. Проанализирована целесообразность учета этих факторов.

V.I. Deshko, N.A. Buyak, K.V. Ishchenko

National Technical University of Ukraine
«Kyiv Polytechnic Institute»

ECONOMICALLY EXPEDIENT SOURCE SELECTION OF HEAT FOR BUILDING

Annotation: In this paper, we consider the heating sources employing the method of cash flow. We investigated the function of cash flow taking into account heating system, and energy resources cost change. In addition, we anticipate the discounting of cash flow and analyze the expedience of the abovementioned factors.

Вступ

Сьогодні архітектура і будівництво увійшли в новий час свого розвитку, в якому необхідність забезпечення комфортних умов обмежується вимогами енергозбереження.

Для України характерна проблема низької ефективності використання теплової енергії для забезпечення відповідного мікроклімату в будівлях. Питання теплової ефективності будівель обумовлюється вибором джерела теплоти або їх комбінації та теплозахисних властивостей огороджуючих конструкцій. Оскільки ці рішення передбачають значні початкові інвестиції, то виникає потреба в техніко-економічному аналізі різноманітних альтернатив. На даний час існують окремі роботи присвячені вибору оптимальних параметрів огороджуючих конструкцій [1,2,3,4,5] та вибору джерела теплоти [6,7].

При звичайному розрахунку оптимальної товщини теплоізоляції в праці [1] не враховується зміна вартості грошей у часі і, крім того, не конкретизується, як враховувати зміну вартості енергоносіїв. Не береться до уваги можливий вплив рівня теплового захисту будівлі не тільки на кількісні, але і на якісні показники теплопостачання.

Існують пропозиції визначати доцільність збільшення товщини теплоізоляції, розраховуючи економію енергоносіїв. При використанні автономних джерел особлива увага зосереджена на зменшенні капітальних вкладень у джерело тепла при зростанні захисних властивостей огорожувальних конструкцій[2].

Оптимальну товщину теплоізоляції можна визначати через максимум чистого

дисконтованого прибутку [3]. Такий розрахунок враховує тільки тариф на теплову енергію і не враховує вибране джерело тепла, інвестиції, пов'язані з ним, їх зменшення у зв'язку з покращенням захисних властивостей огорожувальних конструкцій. Автори методики [3] наголошують на неприпустимості використання бездисконтних методів розрахунку інвестицій (перші два проаналізовані методи дисконтування не враховують), для яких термін окупності є більшим, ніж три роки. Оскільки термін окупності енергоефективних джерел тепла, а також додаткового шару ізоляції — більший, то і врахування дисконтування є обов'язковим при виборі оптимальних значень огорожувальних конструкцій.

Постановка задачі

Оскільки питання вибору джерела тепла є актуальним, то необхідно оцінити доцільність використання різних джерел тепла, враховуючи їх енергоефективність та зміну вартості в часі енергоносіїв, застосовуючи метод руху грошових коштів (тобто визначення доцільності застосування різних джерел тепла з енергетичного та економічного боку).

Вихідні положення

Для розв'язання поставленої задачі використаємо функцію, що враховує такі чинники:

- 1) енергетичну ефективність джерела тепла та термічний опір огорожувальних конструкцій;
- 2) вартість джерела тепла та енергоефективних огорожень, їх монтажу та обслуговування, термін експлуатації;
- 3) тенденції зміни цін на енергоресурси, що споживаються;
- 4) зміну вартості грошей у часі;

Характеристика обраної моделі

Для аналізу енергоефективності обираємо гуртожиток №16 НТУУ «КПІ» в м. Києві, побудований в 1973 році. Вихідні дані по гуртожитку приведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Вихідні дані по гуртожитку

№	Найменування	Умовні позначення	Одиниця виміру	Значення
1	Загальна площа зовнішніх огорожуючих конструкцій	F_{Σ}	m^2	6509
2	Площа стін	$F_{стін}$	m^2	3676
3	Площа дверей	$F_{дверей}$	m^2	6
4	Площа старих вікон	$F_{вікон}$	m^2	861
5	Площа склопакетів	$F_{склоп.}$	m^2	81
6	Площа підлоги	$F_{підлоги}$	m^2	942
7	Площа стелі	$F_{стелі}$	m^2	942
8	Опалювальний об'єм будівлі	$V_{опал}$	m^3	23417
9	Висота будівлі	$H_{буд}$	м	25
10	Кількість людей	P		872
11	Кількість поверхів	m		9
12	Розрахункова температура опалювальних приміщень	$t_{вн}$	$^{\circ}C$	20
13	Температура зовнішнього повітря	$t_{зовн}$	$^{\circ}C$	-22

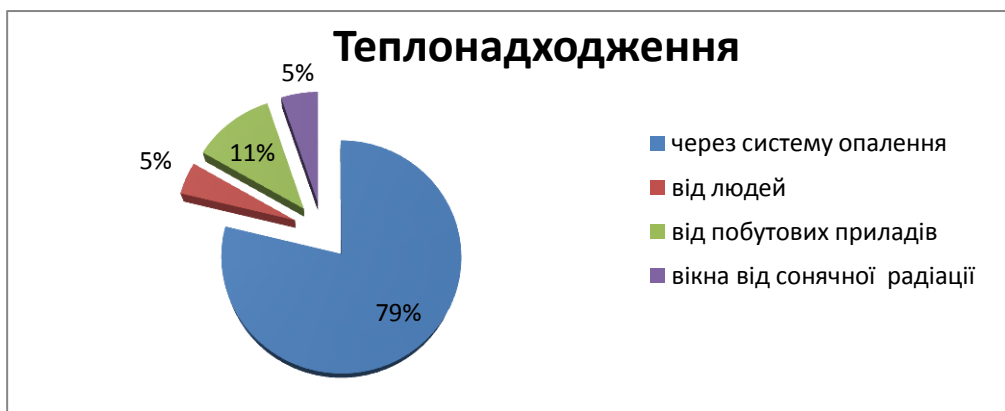
Згідно [8] були розраховані повні та питомі витрати теплової енергії на опалення будинку протягом опалювального періоду року $Q_{рік}$, $q_{буд}$ та визначений клас енергетичної ефективності гуртожитка (див. табл.2). Розрахунки проводимо для двох варіантів теплового захисту огорожуючих конструкцій: перший варіант відповідає нормам 80-х років, другий – сучасним вимогам [8]. Також наведений розрахунок для розрахункових умов гуртожитка

(див. табл. 2) Розглядаються такі джерела енергії, як: автономний газовий котел, електричний котел та централізоване тепlopостачання. Комбіноване тепlopостачання не розглядається, вважається, що необхідний мікроклімат в приміщенні забезпечується тільки одним джерелом тепла.

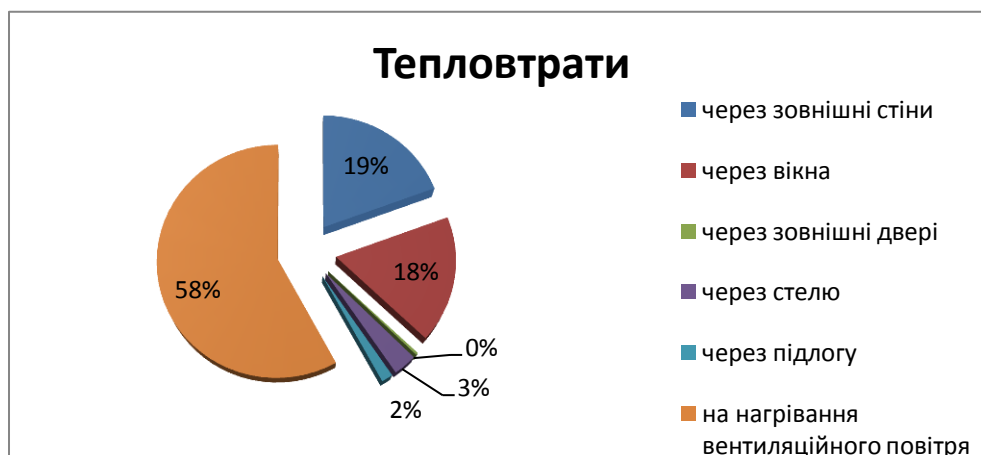
Таблиця 2 – Результати розрахунків для будівлі

Величина	Відповідно норм 80-х років	Відповідно сучасних норм	Відповідно розрахованим даним
$K_{буд}, \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	2,83	1,43	2,71
$Q_{рік}, кВт \cdot год$	$1,71 \cdot 10^6$	$7,81 \cdot 10^5$	$1,64 \cdot 10^6$
$q_{буд}, \frac{кВт \cdot год}{м^2}$	184,02	84,09	176,5
Клас енергоефективності	F	C	F

Оскільки різниця витрат теплової енергії на опалення будинку протягом опалювального періоду року за розрахунковими даними та сучасними нормами значна, то для наглядності наведемо баланси теплових надходжень та втрат гуртожитка за розрахунковими даними (див. діагр. 1-2).



Діаграма 1 – Теплонадходження до гуртожитка



Діаграма 2 – Втрати теплоти в гуртожитку

Як показано на діаграмі 2 значні втрати йдуть через вентиляцію і для їх запобігання необхідно проводити заходи з енергозбереження: заміна вікон та дверей, щоб зменшити витік повітря через щпарини; провести утилізацію теплоти витяжного повітря та інше.

Як бачимо тепловтрати через стіни та вікна також значні, тому заходи з утеплення стін та заміни вікон призведуть до зменшення втрат тепла.

Вибір джерела тепла

Вибір системи опалення можна здійснювати за різними способами. Одним із таких методів є метод аналізу руху грошових коштів. Для того щоб оцінити тенденції та зміну руху грошових коштів для різних систем опалення, проведений розрахунок для 1 кВт встановленої потужності.

Для визначення інтегральних дисконтованих питомих витрат за різні періоди часу можна запропонувати наступну формулу, яка враховує тенденції росту цін на різні види енергоносіїв:

$$B = \left(\sum_{t=0}^n \frac{B_t^{обслз}}{(1+E)^t} + \sum_{t=0}^n \frac{B_t^{енерг} (1+k)^t}{(1+E)^t} \right) + i_0 \quad (1)$$

де $B_t^{обслз}$ – питомі річні експлуатаційні затрати, $\frac{грн}{кВт \cdot рік}$;

$B_t^{енерг}$ – питомі річні затрати за спожиті енергоносії, $\frac{грн}{кВт \cdot рік}$;

Річні експлуатаційні витрати визначаються як:

$$B_t^{енерг} = \frac{Q_{рік} \cdot C}{\varepsilon} \quad (2)$$

де $Q_{рік}$ – витрати тепла за рік будівлею, $кВт \cdot год$;

C – вартість енергоносія, що споживається генератором теплоти, $\frac{грн}{кВт \cdot год}$;

ε – коефіцієнт, що враховує ефективність системи тепlopостачання

k – коефіцієнт, що враховує приріст цін на енергоносії;

i_0 – питомі капітальні затрати, $\frac{грн}{кВт}$;

t – час для якого визначаються інтегральні дисконтовані питомі витрати, роки;

E – ставка дисконтування, яку приймаємо рівною 0,1.

На основі отриманих даних за формулою (3) була розрахована встановлена потужність джерела тепла для електричного та газового котла.

$$P = \frac{(\chi_1 \cdot K_{бюд} \cdot F_{\Sigma} (t_{вн} - t_{зовн}))}{\varepsilon} \quad (3)$$

де P – необхідна встановлена потужність джерела тепла, $кВт$; $\chi_1 = 0,001$; $t_{зовн}$ – мінімальна температура зовнішнього повітря, $^{\circ}C$; $t_{вн}$ – розрахункова температура опалювальних приміщень, $^{\circ}C$; ε - енергоефективність джерела, F_{Σ} - опалювальна площа гуртожитка.

Знаючи встановлену потужність джерела запропоновані моделі електричного та

газового котла, а також прорахована (формула (4)) вартість одиниці встановленої потужності джерела тепла:

$$i_0 = \frac{I_0}{P} \quad (4)$$

де P – необхідна встановлена потужність джерела тепла, $кВт$; I_0 – Капітальні витрати на придбання теплогенеруючого обладнання, $грн$;

Результати розрахунку встановлена потужність та вартості одиниці встановленої потужності джерела тепла наведені в табл.3

Таблиця 3 – Результати розрахунків для джерела енергії

Величина	Відповідно норм 80-х років	Відповідно сучасних норм
Газовий котел		
$P, кВт$;	910,119	458,919
$i_0, \frac{грн}{кВт}$	161,217	247,38
Електричний котел		
$P, кВт$;	814,317	410,612
$i_0, \frac{грн}{кВт}$	79,17	82,22

Проаналізовано ринкові ціни на газові, електричні котли, визначено середню вартість установки кожного виду в розрахунку на установлений 1 кВт потужності, витрати на обслуговування, спожиті під час опалювального періоду енергоносії при середньому навантаженні (див. табл. 3). Ринкові ціни на джерела тепла, їх обслуговування та вартість енергоносіїв для населення в м. Києві взяті за станом на початок 2012 р [9].

Спожиті енергоносії визначаються на основі витрат тепла за опалювальний період (див. табл. 2) та енергоефективності опалювальної установки Енергоефективність електричного опалення беремо 0,95, централізоване тепlopостачання – 1,00, газового котла – 0,85, теплоту згоряння природного газу – 8050 ккал / м³ .

Результати вище сказаних розрахунків для першого року експлуатації представлені в табл.4

Таблиця 4 - Вартісна оцінка систем опалення

Тип системи опалення	Питомі річні експлуатаційні затрати $B_t^{обслз}$ грн/кВт·рік	Спожиті енергоносії за опалювальний період, кВт·год	Питома вартість спожитих енергоносіїв, у році t=1 $B_t^{енерг}$ грн/кВт·рік
Норми 80-х років			
Газовий котел	3,8	$2,01 \cdot 10^6$	$0,57 \cdot 10^6$
Електричний котел	2,26	$1,8 \cdot 10^6$	$0,50 \cdot 10^6$
Централізоване тепlopостачання	-	$1,71 \cdot 10^6$	$0,29 \cdot 10^6$

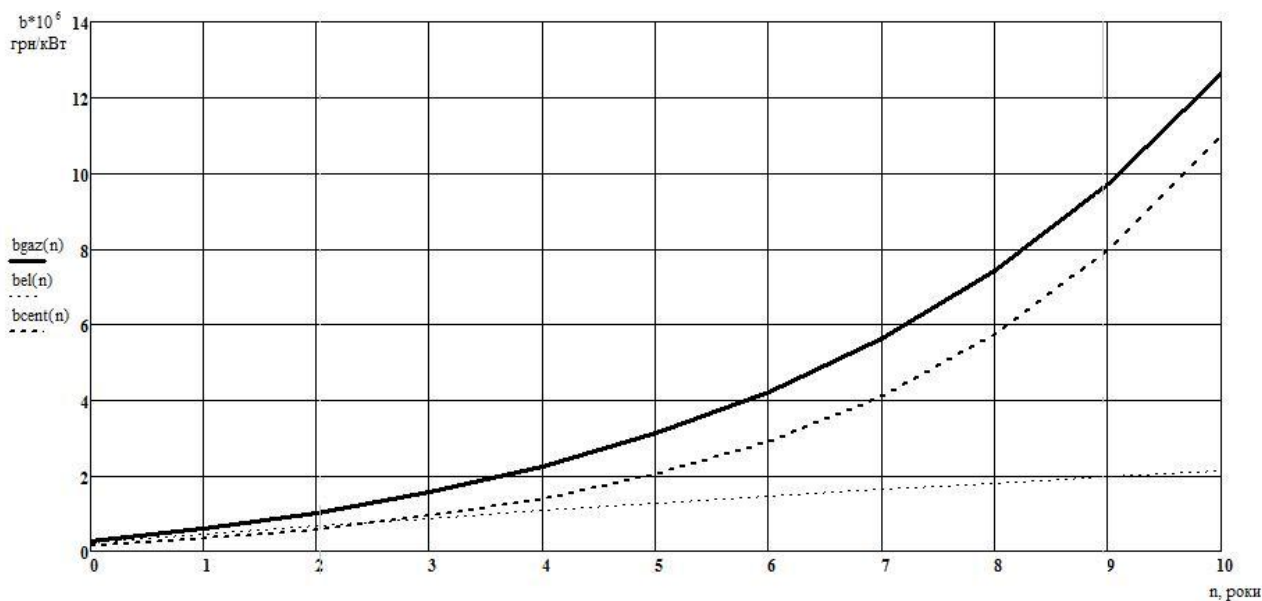
Сучасні норми			
Газовий котел	7,6	$0,92 \cdot 10^6$	$0,26 \cdot 10^6$
Електричний котел	16,89	$0,82 \cdot 10^6$	$0,23 \cdot 10^6$
Централізоване теплопостачання	-	$0,78 \cdot 10^6$	$0,14 \cdot 10^6$

Аналіз руху грошових коштів

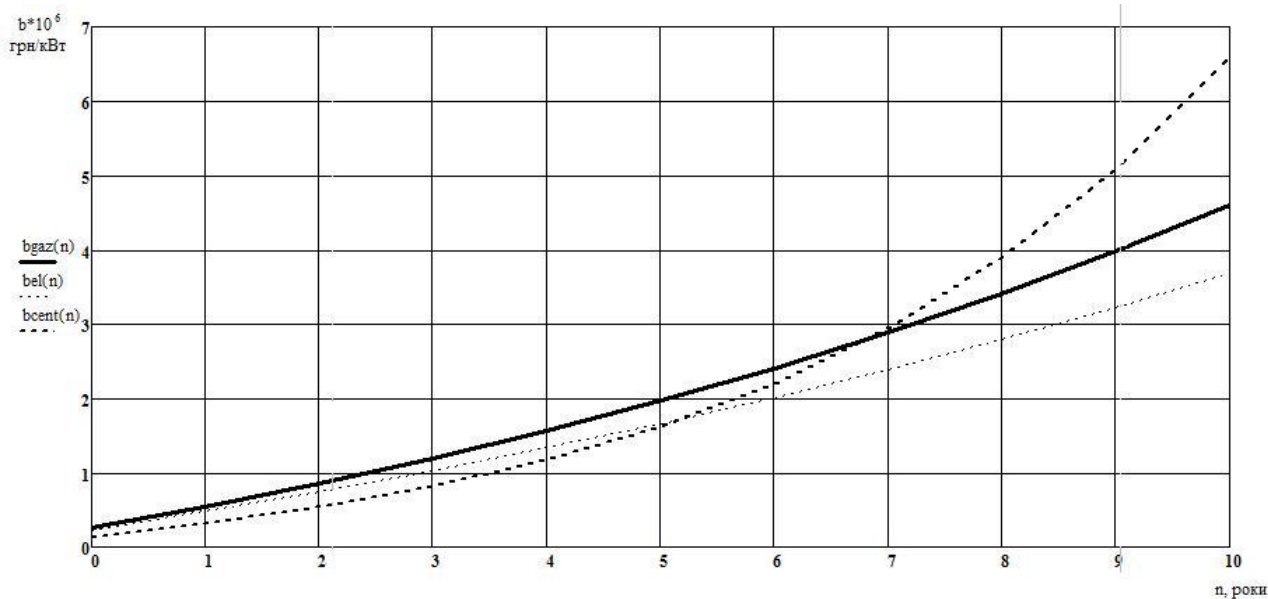
Одним з головних чинників, що впливає на результат розрахунку це коефіцієнт, що враховує приріст цін на енергоресурс. Достовірний довготривалий (10 років) прогноз цін на енергоресурси зробити дуже важко, оскільки на ціну впливають такі фактори як, вартість імпортованого газу, політична ситуація в країні, природні катаклізми та інше. Тому в роботі представлені три варіанти коефіцієнтів, що враховують приріст цін та паливо:

1. Дані за прогнозами Житлово-комунального господарства України [10] (див. рис. 1а), а саме: газ $k_r=40\%$, електрика $k_e=6\%$, централізоване теплопостачання $k_t=50\%$
2. Спираючись на тарифи енергоресурсів за останні три роки нами були з прогнозовані коефіцієнти приросту цін методом подвійного змінного середнього (див рис. 1б). Отримали наступні значення: $k_r=20\%$, $k_e=18\%$, $k_t=40\%$
3. Приймаємо, що приріст зростання цін у всіх однаковий, $k_r=k_e=k_t=18\%$ (див. рис. 1в)

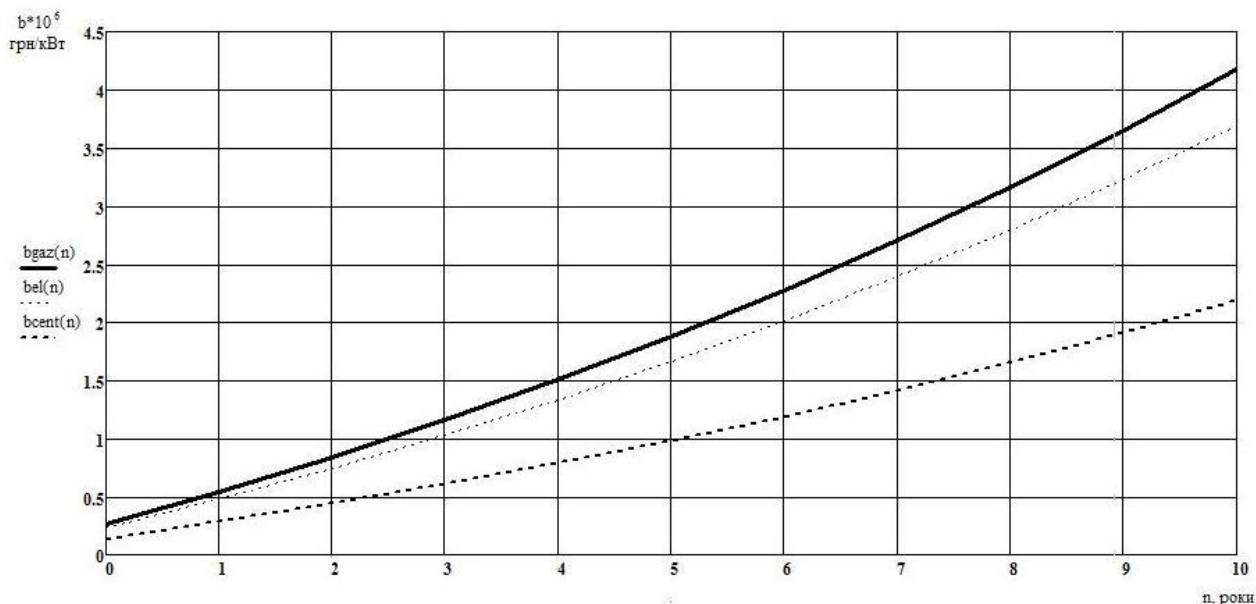
Провівши розрахунки для кожного із запропонованих варіантів на термін 10 років, отримали графіки представлений на рис. 1.



а)



б)



в)

Рисунок 1 - Графіки руху грошових коштів: b_{gaz} (-----), b_{el} (·····), b_{cent} (- - -) — інтегральні дисконтовані питомі витрати із застосуванням відповідно газового опалення, електроопалення, централізованого теплопостачання, грн/кВт. Значення k_r , k_e , k_t відповідно: а) 40%, 6%, 50%; б) 20%, 18%, 40%; в) 18%, 18%, 18%

Оскільки характер ліній для норм 80-х та сучасних років буде однаковий, то результати розрахунку інтегрованих дисконтованих витрат представимо лише для сучасних норм при коефіцієнтах, що враховують різний приріст цін на енергоносії.

Отже, нині найефективніше використовувати централізоване опалення, оскільки питомі дисконтовані витрати для нього на період часу $t = 1$ є найменшими, проте з огляду на ріст цін найоптимальнішим, із представлених джерел енергії, є електричний котел.

На прикладі електричного котла проведено аналіз впливу врахування дисконтування (E) і зміни ціни на енергоносії (k) порівняно з результатами розрахунків, коли ці фактори

враховані (рис. 1а) та представимо результати на рис. 2 та табл. 5. Врахування дисконтування є обов'язковим, коли розрахунок проводиться на термін, більший, ніж три роки. Неврахування дисконтування дає більшу зміну витрат, ніж неврахування зміни вартості енергоносіїв (у даному випадку енергоносієм є електрична енергія, тенденції зміни ціни на яку є незначними).

Таблиця 5 -Зміна витрат при використанні електричного котла в системах опалення, %

Умови розрахунку	Прогнозований термін, роки		
	3	5	10
Без врахування E	17	31	80
Без врахування k	22	33	55
Без врахування E і k	10	17	31

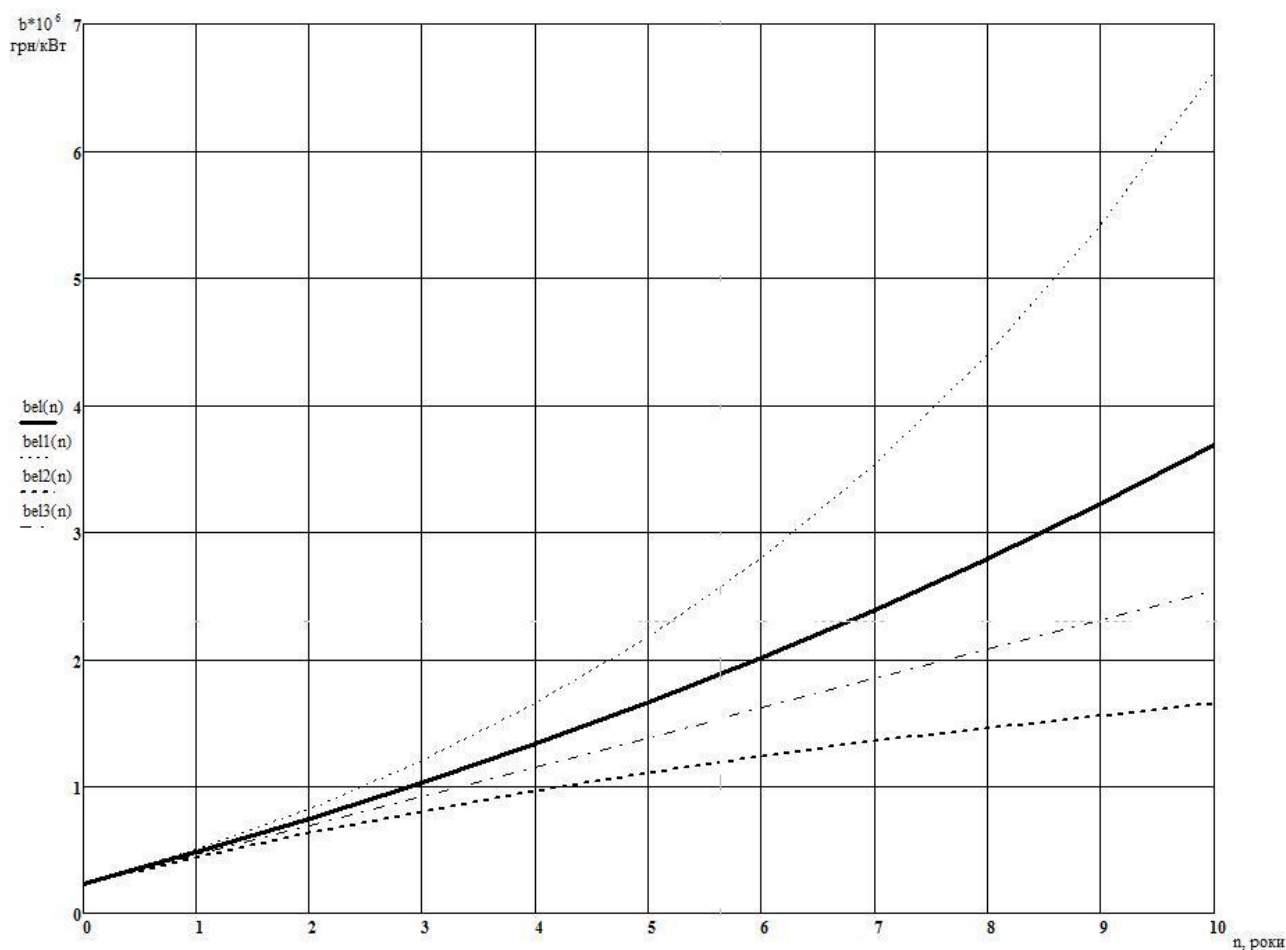


Рисунок 2 - Графіки руху грошових коштів: b_{el} (-----), b_{el1} (·····), b_{el2} (- - -), b_{el3} (- · - ·) — інтегральні питомі витрати при використанні електричного котла відповідно: з врахуванням дисконтування і зміни вартості в часі електроносіїв, без врахування зміни вартості в часі електроносіїв, без врахування дисконтування, без врахування ні дисконтування, ні зміни вартості в часі енергоносіїв, грн/кВт

Без врахування обох факторів при терміні окупності п'ять років (який є найпривабливішим для інвесторів) зміна витрат становить 17 % і при збільшенні терміну також збільшується.

Таким чином, на прикладі електричного котла показано, що врахування k і E є доцільним, оскільки термін окупності електричного котла є близьким 5 років.

Висновки

Досліджена функція інтегральних дисконтованих питомих витрат за різні періоди часу та вплив врахування дисконтування (E) і зміни ціни на енергоносії (k) на дану функцію.

Головними критеріями, що впливають на економічно вигідний вибір джерела теплопостачання являються коефіцієнти, що враховують приріст цін на енергоносії та ставку дисконту. Наприклад показано, що при варіації їх змін в прогнозованих межах можливе збільшення або зменшення витрат за 10 років на 80% або 55%. Саме від них залежить характер руху грошових коштів.

При уточненні розрахунків в подальшому слід враховувати можливість зонного обліку енергоносіїв, регульовану зміну температури в приміщенні, а також проводити оптимізацію роботи системи на основі економічного критерію при використанні кількох джерел теплоти.

Список використаних посилань

1. Мхитарян Н.М. Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строительстве. — К.: Наук. думка, 2000. — 420 с.
2. Гершкович В.Ф. Энергосберегающие системы жилых зданий: Пособие по проектированию // СОК. — 2006. — № 7. — С. 54–62.
3. Бегдай С.Н., Амерханов Р.А. Методы оптимизации энергосберегающих мероприятий для зданий // Энергосберегающие технологии, оборудование и источники электропитания для АПК: Сб. науч. тр. — Краснодар: КубГАУ, 2005. — С. 141—147.
4. Бродач М.М., Шилкин Н.В. Оптимизация тепловой эффективности зданий // Сборник докладов восьмой научно-практической конференции (академические чтения) «Стены и фасады. Актуальные проблемы теплофизики». — М, НИИСФ, 2003. — С. 191 – 196
5. Семенов Б.А., Щербаков В.В., Гордеев А.Г. Выбор установленной мощности автономных теплоисточников на основе системной оптимизации теплопотребления здания // Актуальные вопросы промышленной теплотехники и энергосбережения. Межвуз. научн. сб., Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2004. — С. 212 – 223.
6. Качан Ю.Г., Баташова Н.А.. Об оценке экономической эффективности комбинированной системы отопления. // Энергетика: економіка, технології, екологія. — Київ: НТУУ «КПІ», 2007 №1. — С. 92 – 97.
7. Гершкович В.Ф. Энергосберегающие системы жилых зданий. Пособие по проектированию// СОК. — 2006. — №7. — С. 54–62.
8. ДБН В.2.6-31: 2006. Теплова ізоляція будівель. — К.: Міністерство будівництва, архітектури та житловокомунального господарства України, 2006. — 72 с.
9. Сайт Київенерго: <http://kyivenergo.ua/ua/for-consumers/2312-2009-04-10>
10. Інтернет ресурс: <http://www.ekoterm.kiev.ua/>