

DOI: <https://doi.org/10.15276/ict.01.2024.50>

УДК 167.7; 004.81

Альтернативні системи теплопостачання об'єктів АТ «Українська залізниця»

Мамалига Володимир Михайлович¹⁾

Канд. техніч. наук, доцент каф. Цифрових технологій в енергетиці

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5922-4066>; v.mamalyga@gmail.com. Scopus Author ID: 57195609542

Войтенко Володимир Андрійович²⁾

Канд. техніч. наук, доцент каф. Електромеханічної інженерії

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2525-6913>; voitenko@op.edu.ua. Scopus Author ID: 57344261700

Дудка Євген Іванович³⁾

Менеджер-начальник відділу енергоменеджменту та ресурсозбереження

Департаменту інновацій, технічного розвитку та менеджменту якості

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5941-6283>; dudkae@ukr.net

Череватий Андрій Олександрович¹⁾

Бакалавр каф. Цифрових технологій в енергетиці,

E-mail: andrii.cherevatii.work@gmail.com

¹⁾ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»
пр. Берестейський (Перемоги), 37, Київ, 03056, Україна

²⁾ Національний університет «Одеська політехніка», пр. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна

³⁾ Акціонерне Товариство «Українська залізниця», вул. Жилинська, 97, Київ, 01135, Україна

АНОТАЦІЯ

Військова агресія російської федерації проти України та постійні обстріли призводять до руйнувань та пошкоджень теплогенеруючих та електрогенеруючих об'єктів. Тому надзвичайно актуальним є розроблення альтернативних варіантів систем теплозабезпечення та опалення виробничих підрозділів Акціонерного товариства «Українська залізниця» (далі – АТ «Укрзалізниця»).

Ситуація ускладнюється також реальним технічним станом теплотехнічного устаткування газових котельнь, які вже відпрацювали встановлені терміни експлуатації (має місце значна, або майже повна амортизація обладнання). Зважаючи на це, розроблення та впровадження перспективних сучасних систем теплозабезпечення виробничих підрозділів АТ «Укрзалізниця» має важливе значення та є вкрай необхідним.

Дотепер під час розроблення альтернативних варіантів інвестиційних проектів, як правило, використовують метод «приведених витрат», який набув масового поширення ще за часів СРСР. Але цей метод має суттєвий недолік, оскільки він не враховує зміну вартості грошей, яка має місце впродовж часу реалізації та функціонування обладнання. Тому було запропоновано принципово новий підхід до визначення витрат на реалізацію систем опалення об'єктів АТ «Укрзалізниця», який враховує той очевидний факт, що витрати залежать від вартості грошей.

У результаті було показано, що відповідно до нинішнього рівня вартості обладнання, тарифів на електроенергію та вартість газу є більш доцільним використовувати системи опалення на базі електричних котлів, а використання методу «приведених витрат» для визначення перспективності реалізації систем опалення не є припустимим.

Ключові слова: системи теплопостачання; приведені витрати; альтернативні варіанти; електрокотли; газові котли

Актуальність. В умовах війни та постійних намагань ворога зруйнувати вітчизняну інфраструктуру особливу увагу слід приділяти розробленню альтернативних варіантів систем теплопостачання для об'єктів АТ «Укрзалізниця».

АТ «Укрзалізниця» приділяє значну увагу модернізації систем теплопостачання. Так, замість традиційних систем централізованого теплопостачання та систем на основі газових котлів аналізують доцільність використання електричних котлів. Активно ведуться роботи щодо впровадження таких систем.

Метою дослідження є розроблення методу техніко-економічного обґрунтування вибору систем централізованого теплопостачання для об'єктів АТ «Укрзалізниця».

Під час ведення аналізу доцільності використання різних типів обладнання часто використовують традиційний ще з часів СРСР метод «приведених витрат».

This is an open access article under the CC BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.uk>)

Так, для визначення «приведених витрат» використовують формулу:

$$B_n = 0.15 K + E, \quad (1)$$

де B_n – приведені витрати; K – капітальні витрати; E – експлуатаційні витрати.

Втім, цей метод не враховує той факт, що з часом вартість грошей, які можуть бути залучені для реалізації інвестиційних проектів, суттєво змінюється [1]. У роботах авторів [2–9] представлено підходи для розроблення техніко-економічного обґрунтування проектів, де окрім вартості грошей враховують інші чинники, що впливають на вибір оптимального варіанту реалізації проекту. Це дозволило запропонувати принципово новий підхід до розроблення техніко-економічного обґрунтування проектів вибору систем опалення для об'єктів АТ «Укрзалізниця».

Далі представлено принципово нову формулу для обчислення витрат C_e (грн.) на реалізацію системи опалення з використанням електричних котлів (витрати на електричне опалення):

$$C_e = K_e + \frac{E}{(1+i)^1} + \frac{E}{(1+i)^2} + \dots + \frac{E}{(1+i)^{10}}, \quad (2)$$

де K_e – капітальні витрати на реалізацію системи електричного опалення, грн; E – річні витрати на електроенергію, грн; i – вартість грошей, відн. од.

Аналогічно з формулою (2), витрати C_g (грн.) на реалізацію системи опалення з використанням газового котла (газове опалення) можна визначити за формулою (3):

$$C_g = K_g + \frac{G}{(1+i)^1} + \frac{G}{(1+i)^2} + \dots + \frac{G}{(1+i)^{10}}, \quad (3)$$

де G – річні витрати на газ, грн; K_g – капітальні витрати на створення системи опалення з використанням газового котла, грн; i – вартість грошей, відн. од.

Для демонстрації хибності підходів щодо використання «приведених витрат» продемонструємо результати розрахунків на прикладі чотирьох об'єктів АТ «Укрзалізниця». З урахуванням вимог безпеки не будемо наводити назву структурного підрозділу та місце розташування об'єкта.

Розрахунки виконано для випадку використання електричного котла типу BOSCH TRONIC 5000 Н 60kW ErP вартістю 80 000 грн. та газового котла типу Nova Florida Altair RTN E 60 [10] вартістю 110 000 грн.

Від АТ «Укрзалізниця» було отримано інформацію для Гуртожитку 9.

Таблиця 1. Гуртожиток 9

№ з/р	Найменування показників	Позначення	Одиниця виміру	Електро-споживання	Газо-споживання	Примітка
1	2	3	4	5	6	7
ТЕХНІЧНІ ПОКАЗНИКИ						
1.1	Площа опалювальних приміщень	S	м ²	398.2	398.2	Паспортні дані
1.2	Об'єм будівлі	V	м ³	2787	2787	Паспортні дані
1.3	Розрахункова температура оточуючого повітря	$t_{нар}$	°С	-23	-23	БДНі П-А.6-72
1.4	Розрахункова температура в середині приміщення	$t_{вн}$	°С	18	18	БДНі П-А.6-72
1.5	Розрахункові витрати на опалення на рік	Q_p	ккал	108101716	108101716	

Продовження Таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7
1.6	ККД опалювальних установок	η		0.99	0.917	Паспортні дані
1.7	Вид енергії			Електрична	Газ	
1.8	Тепловідтворна здатність					Норма
	- електроенергія	Q_c	ккал/кВт·год	860		
	- газ	Q_c	ккал/м ³		8120	
1.9	Річна потреба в паливі	$B=Q_p/(Q_c \cdot h)$				
	- електроенергія		кВт·год	125698		
	- газ		м ³		13313	
1.10	Необхідна потужність для електрообігріву	$P=B/(N \cdot \eta)$	кВт	33.25		
1.11	Кількість обслуговуючого персоналу		люд.	0	0	
2.1	Вартість обладнання та матеріалів	K	грн	50000	125000	
РІЧНІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВИТРАТИ						
3.1	Вартість одиниці виміру енерговитрат					
	- електроенергія	$З$	грн /кВт·год	3.14		
	- газ	$З_r$	грн/м ³		42.9	
3.2	Витрати згідно екологічних вимог	$З_e$	грн	–	2200	
3.3	Річна вартість енерговитрат					
	-електроспоживання	$З_p=З \cdot B$	грн	438552		
	газоспоживання				713910	
3.4	Зарплата обслуговуючого персоналу	$N_{оп}$	грн	0	0	
3.5	Оплата приєднання до електромереж	2000грн/1 кВт	грн	66500		
3.6	Оплата приєднання до газових мереж	60000 грн			60000	
3.7	Амортизаційні відрахування	$A=K \%$	грн			(на 20 років 5 %)
	- електроспоживання			2500		
	- газоспоживання				6250	
3.8	Всього експлуатаційні витрати		грн	557552	907360	
	$E=N_{оп}+ N_{тр}+ З_r+ З_e+ A$					

В Таблиці 2 наведені витрати. Приведені витрати $Z_p = 0.15 \cdot K + E$, де 0.15 нормативний коефіцієнт окупності капіталовкладень.

Таблиця 2. Визначення приведених витрат

№ з/р	Показники, грн.	Електроспоживання	Газоспоживання
1	Капітальні вкладення	7500	18750
2	Експлуатаційні витрати	557552	907360
3	Приведені витрати	565052	926110

Далі наведена інформація щодо інших об'єктів, яка була отримана від АТ «Укрзалізниця».

Адміністративна будівля 11

Площа: 355.3 квадратних метрів.

Об'єм приміщення: 2523 м³.

Розрахункові потреби в опаленні на рік: 105.39 Гкал.

Обсяги річного споживання енергоресурсів:

Електроенергія: 122550 кВт·год.

Газ: 12979 м³.

Річні обсяги витрат на енергоресурси:

Електроенергія: 332100 грн.

Газ: 549840 грн.

Приведені витрати:

Електроенергія: 344100 грн.

Газ: 566340 грн.

Адміністративна будівля 12

Площа: 1025 м².

Об'єм: 3786 м³.

Розрахункові потреби в опаленні на рік: 356.89 Гкал.

Обсяги річного споживання енергоресурсів:

Електроенергія: 415000 кВт·год.

Газ: 43952 м³.

Річні обсяги витрат на енергоресурси:

Електроенергія: 1128800 грн.

Газ: 1245349 грн.

Приведені витрати:

Електроенергія: 1140800 грн.

Газ: 1261848 грн.

Адміністративна будівля 14

Площа: 430 м².

Об'єм: 1290 м³.

Розрахункові потреби в опаленні на рік: 44.27 Гкал.

Обсяги річного споживання енергоресурсів:

Електроенергія: 51461 кВт·год.

Газ: 5451 м³.

Річні обсяги витрат на енергоресурси:

Електроенергія: 49257 грн.

Газ: 11497 грн.

Приведені витрати:

Електроенергія: 78857 грн.

Газ: 114979 грн.

На Рис. 1 наведено результати розрахунку витрат на реалізацію альтернативних проєктів модернізації систем опалення гуртожитку 9.

Розрахунки проводили за формулами (1), (2) та (3).

Аналіз залежностей, наведених на Рис. 1, показав, що приведені витрати у разі використання електродіалів та газових котлів дають хибний результат. Так, для електродіалів приведені витрати будуть суттєво меншими для вартості грошей, менших 27%, які використовують для реалізації проєкту опалення гуртожитку 9. Аналогічна ситуація має місце для системи опалення, що передбачає використання газового котла, тільки у цьому випадку приведені витрати будуть меншими для вартості грошей, меншої 33%. Таким чином, використання методів розрахунку на основі приведених витрат є не просто недоцільним, а помилковим.

На Рис. 2 наведено результати розрахунків витрат на реалізацію системи опалення для адміністративної будівлі 11 з використанням електродіалів та газових котлів.

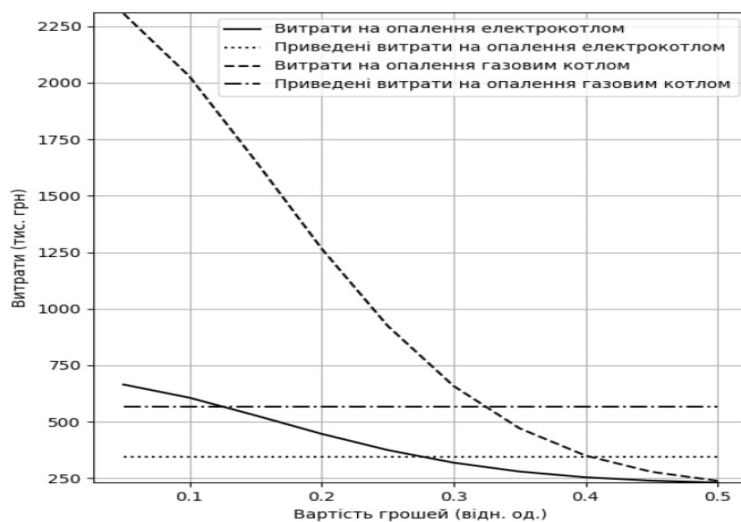


Рис. 1. Результати розрахунку витрат на реалізацію альтернативних проєктів модернізації систем опалення гуртожитку 9

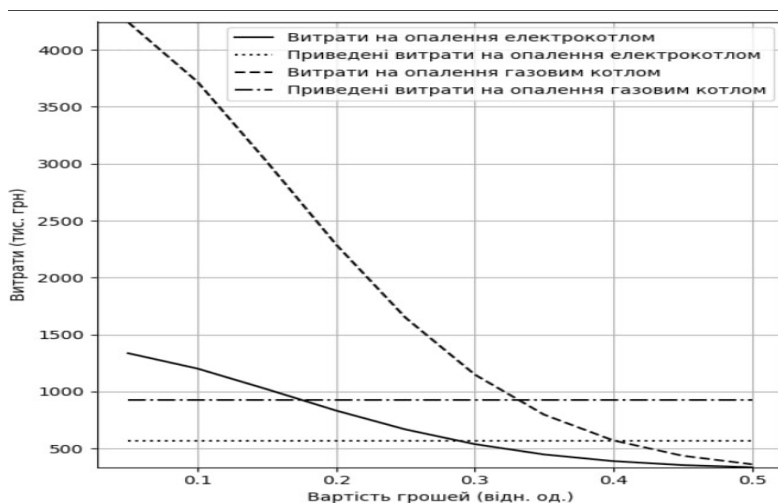


Рис. 2. Результати розрахунку витрат на реалізацію альтернативних проєктів модернізації систем опалення адміністративної будівлі 11

Аналогічно з випадком, представленим на Рис. 1 для гуртожитку 9, аналіз залежностей, наведених на Рис. 2, показав, що приведені витрати у разі використання електрокотлів та газових котлів дають різні результати. Так, для електрокотлів приведені витрати будуть меншими для вартості грошей, менших 28 %, які використовують для реалізації проекту опалення адміністративної будівлі 11. Для системи опалення, що передбачає використання газового котла, тільки у цьому випадку приведені витрати будуть меншими для вартості грошей, меншої 34 %. Таким чином, недоцільним є використання методів розрахунку на основі приведених витрат.

Цікаво, що для гуртожитку 9 і для адміністративної будівлі 11 приведені витрати і витрати на реалізацію систем опалення для газових котлів, а також для електрокотлів за вартості грошей понад 34 % дають аналогічний результат – більш вигідним є використання електрокотлів.

На Рис. 3 наведено результати розрахунків витрат на реалізацію системи опалення для адміністративної будівлі 12 з використанням електрокотлів та газових котлів.

Для адміністративної будівлі 12 приведені витрати (формула (1)) для систем опалення на основі електрокотлів будуть меншими для вартості грошей до 24 %, порівняно з підходами, що передбачають ведення розрахунків за формулами (2) і (3). Для системи опалення, що передбачає використання газового котла, тільки у цьому випадку приведені витрати будуть меншими для вартості грошей, менших 27 %. Цікаво, що для адміністративної будівлі 12 приведені витрати (див. формулу (1)) та розрахунки за формулами (2) і (3) дозволяють зробити однаковий висновок – більш вигідним є використання електрокотлів за будь-якої вартості грошей.

На Рис. 4 наведено результати розрахунків витрат на реалізацію системи опалення для адміністративної будівлі 14 з використанням електрокотлів та газових котлів.

Аналіз графіків, наведених на Рис. 4, показав, що для адміністративної будівлі 14 за аналогією з попередніми випадками (див. Рис. 1, Рис.2 та Рис.3) приведені витрати на реалізацію системи електроопалення менші, ніж для систем опалення на основі газових котлів. Цікаво, що для вартості грошей, меншої 45 %, більш доцільним є використання електрокотлів, а для більш дорогих грошей перевагу мають газові котли.

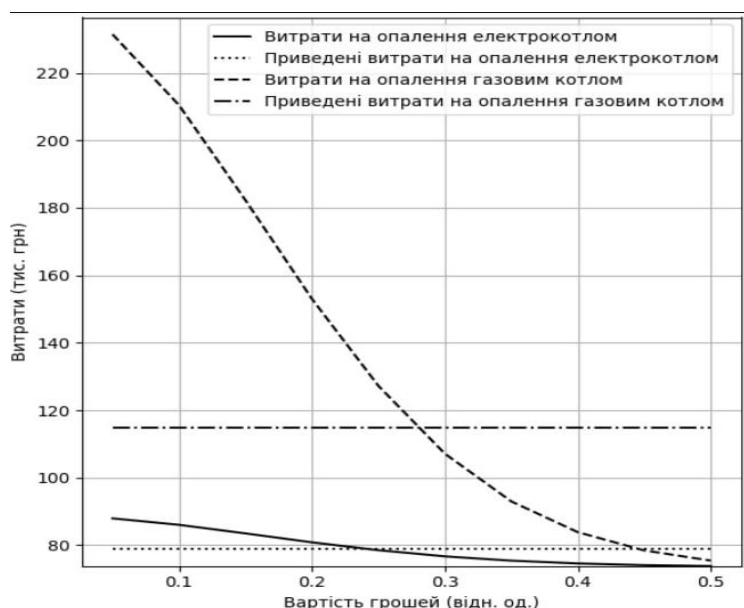


Рис. 3. Результати розрахунку витрат на реалізацію альтернативних проєктів модернізації систем опалення адміністративної будівлі 12

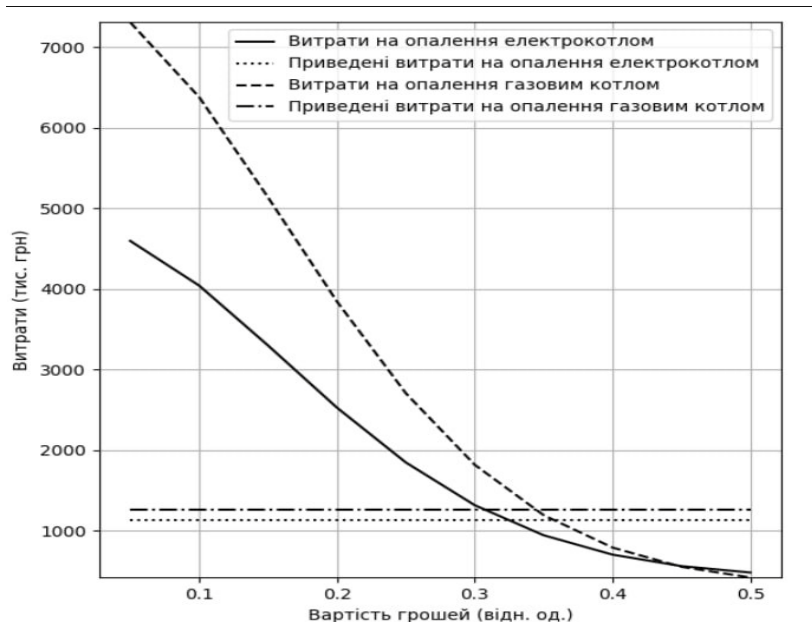


Рис. 4. Результати розрахунку витрат на реалізацію альтернативних проєктів модернізації систем опалення адміністративної будівлі 14

Висновки. В умовах постійного намагання ракетно-бомбових атак надзвичайно актуальним стало розроблення альтернативних варіантів систем опалення об'єктів АТ «Укрзалізниця». Більше того, на деяких об'єктах, обладнаних газовими котельнями має місце повна, або часткова амортизація обладнання. Тому актуальним є розроблення перспективних варіантів систем опалення. Перш за все це можуть бути не тільки газові котли, але й електричні котли. Інколи під час розроблення альтернативних варіантів інвестиційних проєктів використовують метод «приведених витрат», який набув масового поширення ще за часів СРСР. Але, на жаль, цей метод не враховує зміну вартості грошей, яка має місце за час реалізації та функціонування обладнання. Тому було запропоновано новий підхід для визначення витрат на реалізацію систем опалення об'єктів АТ «Укрзалізниця», який враховує той факт, що насправді витрати залежать ще і від вартості грошей.

В результаті було показано, що за нинішнього рівня вартості обладнання, тарифів на електроенергію та газ більш доцільним є використання систем опалення на базі електричних котлів, а використання методу «приведених витрат» для визначення перспективності реалізації систем опалення не є припустимим.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. «Збірник типових енергоощадних заходів у теплоенергетиці». Державна адміністрація залізничного транспорту України «Укрзалізниця». Затверджено та надано чинності Наказом Укрзалізниці № 628-Ц від 26.12.2007.
2. «Збірник типових енергоощадних заходів в електроенергетиці». Державна адміністрація залізничного транспорту України «Укрзалізниця». Затверджено та надано чинності Наказом Укрзалізниці № 475-Ц від 05.10.2007.
3. ДСТУ 3886-99 «Енергозбереження. Системи електроприводу. Метод аналізу та вибору». Держспоживстандарт. 2000.
4. Mamalyga, V. "Saving Energy – Politics or Business?" *Strategic Planning for Energy and the Environment*. 2017; 37 (2): p. 58–67. DOI: <https://doi.org/10.1080/10485236.2017.11907882>.
5. Mamalyga V. "LED lamps – are they inexpensive and effective?". *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*. 2022; 25 (3): 133–150. DOI: <https://doi.org/10.33223/epj/152591>.

6. Mamalyga V., Malai T. “Energy saving: Political and economic aspects in the context”. *Advances in Energy Research and Development. New energy and future energy systems*. 2022; 1: 96–104. DOI: <https://doi.org/10.3233/AERD220013>.

7. Мамалига В. М., Малай Т. В. «Техніко-економічне обґрунтування вибору систем освітлення вулиць та приміщень з використанням ламп різних типів для країн Євросоюзу (Німеччина, Данія, Польща) та України». *Наукові вісті Дніпровського університету*. 2022; 23: 42–52. DOI: <https://doi.org/10.33216/2222-3428-2022-23-1>.

8. “Innovation-More pragmatic and rational approach”. *International Journal of Strategic Energy and Environmental Planning*. 2022; 5 (3): 35–51.

9. Mamalyga V., Roosa S. “Remote (virtual) energy audit”. *International Journal of Strategic Energy and Environmental Planning*. 2024; 6 (2): 22–42.

10. «Електричний котел BOSCH TRONIC 5000 Н 60kW ErP». Доступно з: <https://teplovik.net/ua/product/10076/bosch-tronic-5000-h-60kw-erp>.

DOI: <https://doi.org/10.15276/ict.01.2024.50>

UDC 167.7; 004.81

Alternative heat supply systems of JSC “Ukrzaliznytsia” facilities

Volodymyr M. Mamalyga¹

PhD, Associate Professor, Department of Digital Technologies in Energy

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5922-4066>; v.mamalyga@gmail.com. Scopus Author ID: 57195609542

Volodymyr A. Voytenko²

Ph D, Associate Professor, Department of Electromechanical Engineering

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2525-6913>; voitenko@op.edu.ua. Scopus Author ID: 57344261700

Yevhen I. Dudka³

Manager-head, Department of Energy Management and Resource Saving

Department of Innovations, Technical Development and Quality Management

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5941-6283>; dudkae@ukr.net

Andrii O. Cherevatii¹

Bachelor, Department of Electromechanical Engineering

E-mail: andrii.cherevatii.work@gmail.com

¹ National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky”, 37, Beresteyskyi (Peremohy) Ave. Kyiv, 03056, Ukraine

² Odesa Polytechnic National University, 1, Shevchenko Ave. Odesa, 65044, Ukraine

³ JSC “Ukrzaliznytsia”, 97, Str. Zhilyanska. Kyiv, 01135, Ukraine

ABSTRACT

In the conditions of constant attempts of rocket and bomb attacks, the development of alternative options for heating systems of objects of joint-stock company (JSC) “Ukrzaliznytsia” has become extremely urgent. Moreover, at some objects equipped with gas boilers, full or partial depreciation of the equipment takes place. Therefore, it is urgent to develop promising options for heating systems. First of all, it can be not only gas, but also electric boilers. Sometimes, during the development of alternative options for investment projects, the method of “reduced costs” is used, which became widespread even in the times of the USSR. But this method does not take into account the change in the value of money during the implementation and operation of the equipment. Therefore, an approach was proposed to determine the costs of implementing heating systems of Joint-stock company (JSC) “Ukrzaliznytsia” facilities, which takes into account the fact that costs depend on the value of money.

As a result, it was shown that at the current level of equipment costs and electricity tariffs and gas prices, it is more appropriate to use heating systems based on electric boilers, and the use of the “reduced costs” method to determine the feasibility of implementing heating systems is not unacceptable.

Keywords: Heat supply systems; stated costs; alternative options; electric boilers; gas boilers