

12. Редько А. О. Низькопотенційна енергетика: навчальний посібник / А. О. Редько та ін.; Під ред. академіка НАНУ А. А. Долинського. – Харків: ТОВ "Друкарня Мадрид". – 2016. – 412 с.
13. Wang E. et al. Performance prediction of a hybrid solar ground-source heat pump system // Energy and Buildings. – 2012. – V. 47. – P. 600–611.
14. Bakirci K. et al. Energy analysis of a solar-ground source heat pump system with vertical closed-loop for heating applications // Energy. – 2011. – V. 36. – №. 5. – P. 3224–3232.

Рецензент: д-р техн. наук О.Ф. Редько

УДК 697.92

Шепітчак В. Б.,

Національний університет «Львівська політехніка»

Редько А. О.,

Харківський національний університет будівництва та архітектури

Сподинюк Н. А.

Національний університет «Львівська політехніка»

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНФРАЧЕРВОНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПОВОРОТНИХ НАГРІВАЧІВ

Вступ. Проблема енергозбереження на межі тисячоліть перетворилась в одну з найважливіших загальнолюдських проблем. Раціональне та економне використання природних ресурсів, скорочення шкідливих викидів в атмосферу та ефективне використання електричної та теплової енергії набувають виключно важливого значення у сучасному суспільстві. Україна задовольняє свої потреби в природних енергоресурсах за рахунок власного їх видобутку приблизно на 45%. У більшості країн світу рівень енергетичної самозабезпеченості такий самий або нижчий. Проблема полягає в іншому - неприпустимо низькій ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів. Енергоємність валового внутрішнього продукту в Україні в 3-5 разів вища, ніж в економічно-розвинених державах. Така ситуація є наслідком деформованої структури виробництва та енергоспоживання, використання застарілих виробничих енергетичних фондів, повільного впровадження енергозберігаючих заходів та технологій, а також ряду інших причин. Необхідність підвищення рівня енергетичної безпеки є одним з головних завдань нашої держави на сучасному етапі її соціально-економічного розвитку.

В умовах значної залежності економіки України від імпорту енергоносіїв цей напрям державної економічної політики є не менш важливим, ніж збільшення обсягів власного виробництва енергетичних ресурсів. Енергозбереження є не тільки вирішальним, але й найдешевшим джерелом задоволення потреб господарського комплексу в енергоносіях, адже питомі капітальні вкладення в енергозбереження значно нижчі від витрат, пов'язаних із збільшення видобутку та виробництва енергоносіїв.

Мета і завдання дослідження.

Мета дослідження полягає у визначенні техніко-економічної ефективності системи теплозабезпечення з використанням поворотних інфрачервоних електричних нагрівачів. Проведено порівняння цієї системи з традиційною системою променевого електричного опалення виробничого приміщення.

Результати дослідження.

При використанні променевого обігріву важливим є значення густини і рівномірності поля променевої енергії у робочій зоні. Так, при радіаційному опаленні розподіл густини теплової енергії по площі є не рівномірним [1-3].

Відповідно до теорії, запропонованої *Konrad Bakowski*, площа опромінення радіаційним нагрівачем залежить від висоти його встановлення, як це показано на рис. 1. [4].

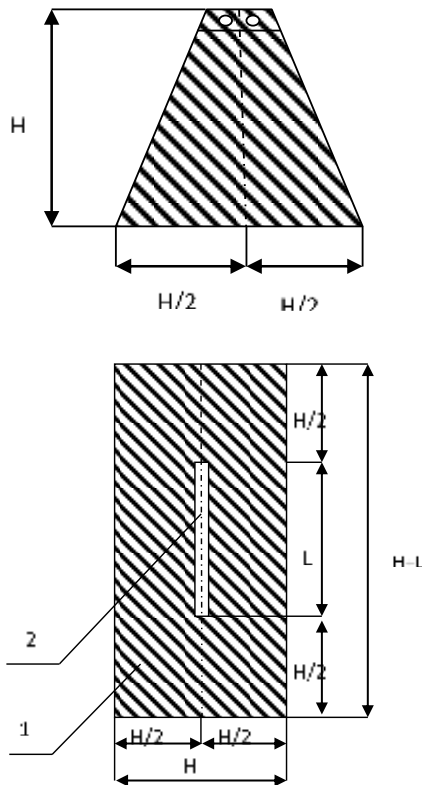


Рис. 1

Визначення площі опромінення інфрачервоним нагрівачем

Випромінювач довжиною L , м, який змонтовано на висоті H , м здійснює опромінення поверхні шириною, що рівна висоті H , м та довжиною $(H+L)$, м. Площа опромінення в такому випадку дорівнює

$$F_{\text{підл.}} = H \cdot (H + L), \text{ м}^2. \quad (1)$$

Густина променевої енергії є найбільшою в точці по вертикальній осі випромінювача і поступово зменшується в напрямку границі опромінюваної поверхні. Зі збільшенням висоти розташування випромінювача, густина променевої енергії на поверхні зменшується [5-7].

Беручи до уваги вище наведену залежність та використовуючи теорему Піфагора, можна також встановити, що інфрачервоний нагрівач у нерухомому положенні здійснює опромінення поверхні під кутом 27° .

Якщо з метою збільшення площі опромінення, використовувати поворотний ін-

фрачервоний нагрівач, який здійснює обертати навколо своєї осі на 30° , то кут опромінення поверхні збільшується до 57° , а площа буде становити:

$$F_{\text{підл.}}^{\text{пук}} = 3,08 \cdot H \cdot (H + L), \text{ м}^2 \quad (2)$$

Таким чином, використання поворотних інфрачервоних джерел опалення, при куті обертання навколо осі 30° , дає можливість збільшити площу опромінення до 3-х разів.

Для визначення техніко-економічної ефективності запропонованої системи інфрачервоного опалення з використанням поворотних інфрачервоних нагрівачів було взято за основу виробниче приміщення площею 35 м^2 (рис. 2). В приміщенні розміром $5,0 \times 7,0$ м, висотою 3 м розміщуються інфрачервоні нагрівачі на висоті $H=1,6$ м, кількістю 10 шт. Площа зони опромінення інфрачервоного нагрівача становить $F=3,68 \text{ м}^2$. Температура на поверхні підлоги підтримується на рівні $t_{\text{підл.}}=26,8^\circ\text{C}$. Як альтернатива, запропонована система теплозабезпечення виробничого приміщення на базі поворотних інфрачервоних нагрівачів (рис. 3). В приміщенні розміщувалися поворотні нагрівачі кількістю 3 шт. на висоті $H=1,6$ м. Площа зони опромінення інфрачервоного нагрівача становить $F=11,33 \text{ м}^2$. Температура на поверхні підлоги підтримується на рівні $t_{\text{підл.}}=22,4^\circ\text{C}$.

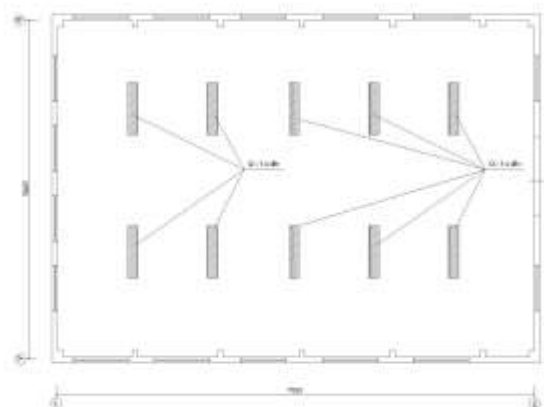


Рис. 2. Виробниче приміщення з нерухомими інфрачервоними нагрівачами

Співвідношення економії від зменшення вартості спожитої електроенергії та обладнання визначає економічну ефекти-

вність заходів з переобладнання виробничого приміщення на енерго-ефективну систему інфрачервоного опалення.

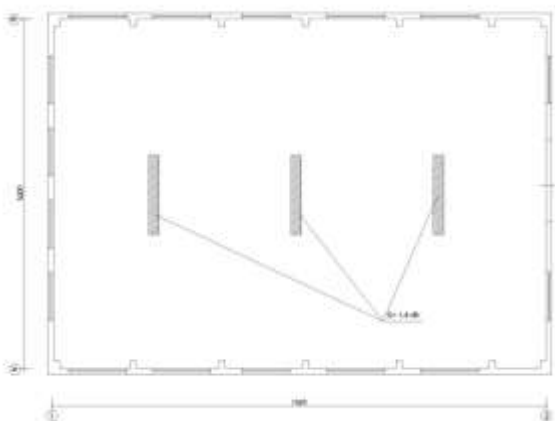


Рис. 3. Виробниче приміщення з поворотними інфрачервоними нагрівачами

При оцінюванні економічної ефективності запропонованих в роботі заходів враховувались: необхідність витрат на переобладнання системи опалення, вартість витрат на експлуатацію та вартість будівельно-монтажних робіт.

Розрахунок економічної ефективності виконаний за чинною методикою [8-9]. Економічна ефективність визначалась за виразом:

$$E_e = \Pi_1 - \Pi_2, \quad (3)$$

де Π_1 , Π_2 – приведені витрати відповідно базового і нового варіантів (традиційної системи інфрачервоного опалення та запропонованої енергоефективної системи опалення).

Загальні приведені витрати традиційної та альтернативної систем опалення визначались із залежності:

$$\Pi = E_e + C, \quad (4)$$

де E_e – щорічна сума експлуатаційних витрат упродовж роботи системи опалення, грн./рік; C – сума необхідних капітальних вкладень, грн.

Капітальні вкладення – частина інвестицій, спрямована на відтворення основних засобів виробничого і невиробничого призначення, на створення нових, реконструкцію і розвиток наявних основних засобів, включаючи об'єкти соціальної сфери. Це витрати на придбання довгострокових активів, які функціонують протягом тривалого періоду, з поступовою амортизацією ціни.

Експлуатаційні затрати – це витрати виробництва, пов'язані з підтриманням у працездатному стані використовуваних систем, машин та устаткування.

Капітальні вкладення систем опалення визначались за кошторисною вартістю. Система опалення виробничого приміщення вважається економічно доцільною, коли за заданого теплового ефекту сума експлуатаційних витрат за цим способом обігрівання буде знижена порівняно з прогресивними існуючими рішеннями.

Експлуатаційні витрати для систем теплозабезпечення виробничого приміщення включають щорічні витрати на електроенергію:

$$E = E_{ел}, \text{ грн.} \quad (6)$$

Витрати на електроенергію розраховувались за формулою:

$$E_{ел} = N_p \cdot V_e, \text{ грн.} \quad (7)$$

де N_p – річна витрата електричної енергії, кВт·год/рік; V_e – вартість електроенергії за 1 кВт·год електроенергії, грн.; $V_e = 1,77$ грн./кВт·год (квітня 2017 р.).

Розрахунок техніко-економічних показників традиційної системи інфрачервоного опалення та системи променевого опалення з поворотними нагрівачами, зокрема капітальних затрат та витрат на електричну енергію за варіантами зведено в табл. 1.

Вартість монтажних робіт визначена за допомогою складання кошторису для кожного варіанта встановлення. Для цього використано програмний комплекс АВК-5 (редакція 2.8.1), вартість розхідних матеріалів, експлуатація машин та механізмів та вартість монтажних робіт прийнята згідно з даними, внесеними в базу даних програмного комплексу.

Як видно з табл. 1, застосування електричної системи променевого опалення з поворотними інфрачервоними нагрівачами є ефективнішим варіантом. Економічний ефект від впровадження системи інфрачервоного опалення з поворотними нагрівачами складає 84676 грн. за перший рік експлуатації. Наступні роки дають можливість здійснення економії витрат електричної енергії у грошовому еквіваленті 63313 грн./рік.

Таблиця 1 - Розрахунок техніко-економічних показників порівнюваних систем опалення

№ п/п	Параметр	Тип системи опалення	
		Традиційна система інфрачервоного опалення	Енергоефективна система інфрачервоного опалення
1	Вартість обладнання і матеріалів, грн.	40286	18923
2	Вартість будівельно-монтажних робіт, грн.	5788	2673
3	Капітальні затрати, грн.	46074	21596
4	Річна витрата електричної енергії, кВт·год./рік	51100	15330
5	Витрати на електроенергію, грн./рік	90447	27134
6	Економічний ефект, грн./рік	87791	

Висновок

На підставі техніко-економічних розрахунків обґрунтована доцільність застосування запропонованої енергоефективної системи інфрачервоного опалення з поворотними променевими електричними нагрівачами у виробничих приміщеннях. Здійснено розрахунок економічної ефективності такої системи опалення. Застосування електричної системи променевого опалення з поворотними інфрачервоними нагрівачами є ефективнішим варіантом. Економічний ефект становить 87791 грн.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Болотских Н.Н. Совершенствование метода экспериментального исследования

распределения температур в помещении с лучевыми обогревателями /Н.Н. Болотских, Ю.В. Журавлев, В.Е. Корсун// Научный вестник строительства. Вып.43.- Харьков: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2007.- с.276-279.

2. Шепітчак В.Б. Енергоощадні системи опалення виробничих приміщень /В.М. Желих, В.Б. Шепітчак // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: науково-технічний збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ - Вінниця. – 2012. – №2(13). – С.157-161.

3. Zhelykh V., Shepitchak V. Експериментальні дослідження температурного режиму зони опромінення поворотними інфрачервоними обігрівачами. / The collection of proceeding Kiev National University of Building and Architecture «Energy-efficiency in civil engineering and architecture». – Kyiv 2013. – Issue No 4.

4. Konrad Bakowski. Sieci i instalacje gazowa. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne. Polska.

5. Shepitchak V. Analysis of the processes of heat exchange on infrared heater surface. / V. Zhelyh, M. Ulewicz, N. Spodyniuk, S. Shapoval, V. Shepitchak. // Diagnostyka. – 2016. – 17 (3). – P. 81-85.

6. Shepitchak V. The study of temperature fields exposure zone of the rotary infrared heaters. / V.Shepitchak, V. Zhelyh // – Poland. Czestochowa. – 2015.

7. Shepitchak V. The study of the intensity of infrared heating systems radiation. / V. Zhelyh, V. Shepitchak, N. Spodyniuk // Scientific Journal of Building Physics in Theory and Practice. – 2016. – Vol. VIII, – No. 3. – P. 29-32.

8. Богуславский Л.Д. Экономика теплогазоснабжения и вентиляции: учеб. [для вузов] / Богуславский Л. Д. – М.: Стройиздат, 1988. – 351 с.

9. Богуславский Л. Д. Экономия теплоты в жилых зданиях / Богуславский Л. Д. – М.: Стройиздат, 1990. – 119 с.

Рецензент: д-р техн. наук О.М. Тарадай