

УДК 69-628.8

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВОДЯНИХ СИСТЕМ
ПРОМЕНЕВОГО ОПАЛЕННЯ**

Аспірант О. О. Синіло

IMPROVING THE EFFICIENCY OF USING WATER RADIANT HEATING SYSTEMS.

Postgraduate student O. O. Synilo

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.202.2022.273573>



Анотація. На сьогодні все більшого значення набуває питання захисту навколишнього середовища і скорочення кількості використання викопних невідновлювальних джерел енергії. Для сучасних систем опалення та кондиціонування обов'язкове скорочення викидів шкідливих речовин, особливо CO₂. Це можливо реалізувати шляхом значного скорочення використання викопних невідновлювальних видів палива та реконструкції інженерних систем до сучасного рівня енергозбереження. Щорічне зростання попиту на викопне паливо буде скорочуватися за допомогою оптимізації теплових пунктів і приладів розподілу тепла, що є необхідним кроком для розвитку промисловості та економіки країни. Тому зараз

головним завданням є підвищення енергетичної ефективності використання ресурсів і збільшення потенціалу альтернативних видів енергії в поєднанні з сучасними низькотемпературними енергоефективними системами розподілу тепла, одними з яких є променеві водяні панелі. У статті наведено результати вдосконалення методики монтажу променевих стельових приладів відносно їхньої орієнтації в просторі. Результати чисельних розрахунків вказують на ефективність монтажу обладнання під кутом 45 градусів, що збільшує ефективність на 10 % відносно орієнтації 0°.

Ключові слова: променеве опалення, енергозбереження, низькотемпературна система опалення, енергоефективність.

Abstract. Now, the issue of protecting the environment and reducing the use of fossil non-renewable energy sources is becoming increasingly important. For modern heating and air conditioning systems, it is imperative to reduce emissions of harmful substances, especially CO₂. This can be realized by significantly reducing the use of fossil non-renewable fuels and reconstructing engineering systems to the current level of energy saving. The annual growth in demand for fossil fuels will be reduced through the optimization of substations and heat distribution devices, which is a necessary step for the development of the country's industry and economy. Therefore, today the main task is to increase the energy efficiency of the use of resources and increase the potential of alternative types of energy in combination with modern low-temperature energy-efficient heat distribution systems, one of which is radiant water panels. The advantages of radiant heating are the absence of dust transfer, since the convective process of mixing air masses is remote, does not require the connection of electrical power, it is possible to work with low-temperature sources of heat supply, no maintenance is required, since there are no fans, electric motors, bearings, lubricants, filters, etc. The main advantage can be distinguished from the use of additional equipment for destratification, as there is no overheating of the upper zones of the heated building. The article presents the results of improving the method of mounting beam-ceiling fixtures with respect to their orientation in space. The results of numerical calculations indicate the efficiency of mounting the equipment at an angle of 45 degrees, which increases the efficiency by 10 % in relation to the 0° orientation. By achieving this mounting and installation option, the required capacity of the heat supply source is reduced and the amount of energy resources used is reduced.

Keywords: radiant heating, energy saving, low-temperature heating system, energy efficiency.

Вступ. Актуалізація питань покращення ефективності роботи систем розподілу тепла є ключовою в наш час. Використання низькотемпературних водяних променевих систем опалення – один з енергоефективних і сучасних варіантів.

Якщо розглядати сучасні конвекційні системи розподілу опалення в приміщеннях, можна помітити питання перегріву верхніх зон, не використовувані людиною [1]. Цей фактор призводить до витрат енергетичних ресурсів, підвищення потужності джерела тепла та зменшення його корисної дії, особливо якщо говорити про низькотемпературні джерела

теплоносія, у яких коефіцієнт перетворення теплоти (COP – Coefficient of Performance) висвітлює залежність потужності від зовнішньої температури повітря [2].

Переваги використання кліматичних променевих панелей – відсутність перегріву верхніх зон приміщень, шуму роботи, необхідності в технічному обслуговуванні (підшипники, мастило), конвекційного перенесення пилу та зниження пікового навантаження на джерело тепла, що у свою чергу зменшує витрати при визначенні потужності системи та підборі обладнання [3-5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Рациональне та обґрунтоване застосування технологій променевого опалення дає змогу зменшити кількість використання ресурсів і використовувати тепловий потік направлено (робоча зона, вхідна група тощо), де є необхідність, при цьому зменшити використання корисної площі будівлі, оскільки основне обладнання розміщується під стелею.

Якість системи опалення значною мірою залежить від того, як тепло для неї може бути отримано та передано до споживача. Тобто необхідна можливість направити тепловий потік так, щоб його можна було використовувати там, де воно найбільш потрібне в конкретний час. Основним потенціалом енергозбереження при поверхневому опаленні є правильний вибір системи теплопередачі.

За даними досліджень, опублікованими німецькою компанією під

керівництвом Хайнц Бака [6], у 2017 році було проведено аналіз ключових розрахункових факторів променевого опалення та виділено такі, як сприйняття людиною температури, розподіл теплового потоку по висоті, час реакції системи на зміни температурних коливань ззовні та загальна керованість системою, температурний графік джерела теплопостачання.

Важливим фактором необхідно виділити те, що променеве опалення ефективно працює при температурі теплоносія від 30 °С, що у свою чергу є важливим техніко-економічним показником і дає змогу використовувати їх у комбінації з тепловими насосами. За допомогою такого комплексного підходу стає можливим реалізувати енергоефективне інженерне рішення.

Потенціал збереження теплової енергії, що включає низку факторів, наведено на рис. 1.

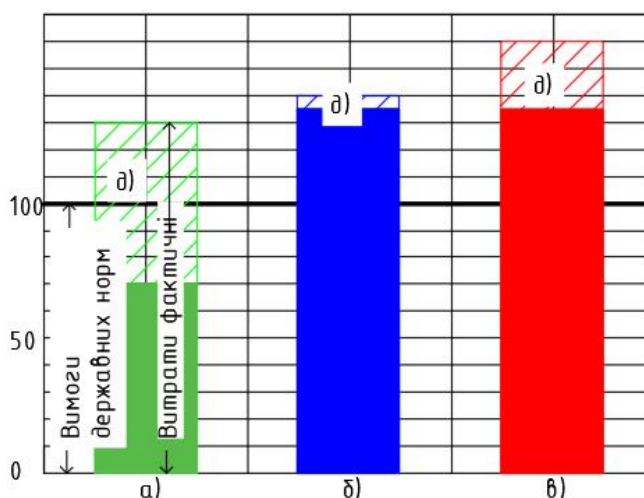


Рис. 1. Схема потенціалу збереження теплової енергії при використанні променевого опалення: а – користь використання; б – розподіл теплової енергії; в – генерація теплоносія; д – потенціал збереження

Визначення мети та завдання дослідження. Метою цієї роботи є чисельне дослідження впливу кута нахилу променевої стельової панелі на його

ефективність відносно приміщення, у яке спрямовується тепловий потік.

Основна частина дослідження. Припущено, що зміна кута нахилу відносно горизонтальної площини призводить до

перерозподілу конвекційної складової роботи променевого опалення, що складає 30 % загальної теплової потужності [7]. Нижче наведені схеми на рис. 2 можливого використання панелей. Особливу увагу потрібно приділити приміщенням аркового типу, наприклад спортивні арени, ангари і тому подібне.

Для виконання дослідження, яке б висвітлювало поведження ефективності промених панелей українського виробництва відносного кута їх нахилу, було взято три модулі довжиною 6 м,

ширина одного 0,396 м, висота 0,04 м. Усередині вбудовані чотири циркуляційні трубки з оцинкованої сталі, внутрішній діаметр яких 12 мм, над трубами розміщено ізоляційний шар мінеральної вати товщиною 40 мм, поверх якого знаходиться шар алюмінієвої відбивальної пластини [8]. Група чотирьох циркуляційних труб по подавальному та зворотному трубопроводах об'єднуються в колектори, на яких одна зовнішня нарізь діаметром 25 мм для під'єднання до джерела тепlopостачання.

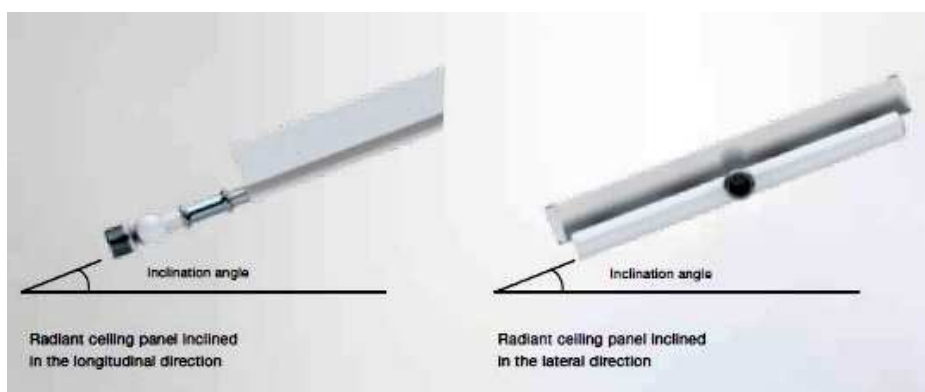


Рис. 2. Схема варіанта монтажу

Кліматичні панелі монтуються до стелі за допомогою підвісів, у складі яких були талрепи, за допомогою яких можна змінювати кут нахилу обладнання.

Потужність одного модуля з двома колекторами при розрахунковому температурному графіку системи 65/60 °C складала 1658 Вт, за паспортом обладнання. Як джерело тепlopостачання використовувався тепловий насос «Повітря-вода» модель 12 кВт [9].

Тепловтрати приміщення склалися з таких огорожувальних конструкцій: вікно однокамерне 2,8 м², зовнішні стіни – 3 шт, загальною площею 124 м² і становили 4212 Вт при зовнішній температурі повітря -12 °C [10]. Були встановлені однакові температурні вимоги до приміщення, а саме початкова температура нагріву 8 °C, час заміру – 1 год. Основним завданням

було проаналізувати витрати теплоносія за однаковий проміжок часу при різних похилих площах 0, 15, 30 та 45 ° і зафіксувати кінцеву температуру приміщення.

Стельові променеві панелі опалення розташовуються на відстані 1,5 м до стелі та 7 м від рівня чистої підлоги, датчик температури повітря встановлено на висоті 1,6 м.

Як прилади для аналізу результатів досліду використовувалися годинник, цифровий термостат з дисплеєм і датчиком температури сприйняття (середня між температурою повітря та випроміненням), дані з якого були зняті і передані на контролер, витратомір механічний.

Результати чисельних розрахунків наведено в таблиці.

Результати розрахунків

Параметр, одиниця вимірювання	Кут нахилу обладнання, град			
	0	15	30	45
Потужність обладнання, Вт	3627	3627	3627	3627
t1, °C	65	65	65	65
t2, °C	60	60	60	60
G, кг/год	156	156	156	156
Температура внутрішня початкова, °C	8,2	8,8	8,3	8,9
Початкова температура поверхонь у приміщенні, °C	8,4	8,6	8,2	8,1
Час заміру, хв	60	60	60	60
Кінцева температура поверхонь у приміщенні, °C	8,4	8,6	8,2	8,1
Кінцева температура за термостатом °C	12,3	12,7	13,1	13,8
Кінцева температура повітря приміщення, °C	11,2	11,5	11,9	12,3
Ефективність відносно кута нахилу 0°C	-	3	6,5	10

Результати проведених досліджень показують ефективність зміни кута нахилу відносно горизонтального розміщення, при якому променева панель опалення розташовується під кутом 0° відносно підлоги, різниця в остаточних результатах дослідів становить 10 %.

Кінцеві показники показали, що залежність орієнтації клімат-панелі лінійно пов'язана з ефективністю її використання.

Отриманий результат можна охарактеризувати як ефект від перенесення теплового потоку конвекційної складової опалювального обладнання до його більш віддалених частин вгору відносно нижньої відмітки підвішування та подальшого поглинання корпусом панелі. При цьому

енергія не втрачається на нагрів верхніх шарів приміщення [11].

Використання такого варіанта монтажу можливе тоді, коли випромінювачі нахилені в бічному або повздовжньому напрямку.

Нахил панелі збільшує потужність відповідно до отриманих коефіцієнтів (таблиця). Збільшення кута нахилу необхідно враховувати і при обчисленні масових витрат, що впливає на опір системи.

Максимально допустимий кут нахилу залежить від технології підвішування та геометричних параметрів приміщення [12].

Ефект перенесення конвекційного теплового потоку показано на рис. 3, що висвітлює процес, який відбувається при активній опалювальній фазі.

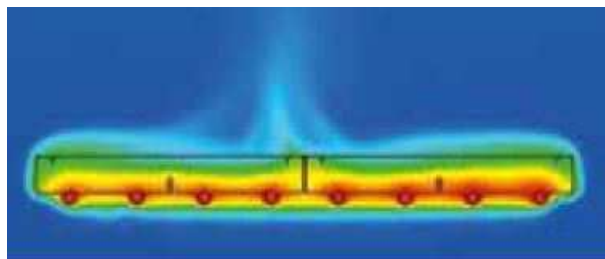


Рис. 3. Процес опалення променевим опаленням на динамічному тепловізорі

Отже, було зменшено втрати від конвекційної складової на 10 % і підвищено загальну ефективність використання теплової енергії.

Висновки. Результати розрахунків і замірів показують, що використання промислового опалення в бічному або повздовжньому напрямку під різними кутами дозволяють значно зменшити затрати енергетичних ресурсів на опалення при низькотемпературному режимі та при цьому не

втратити швидкодію на зміну зовнішніх температурних параметрів. Найбільш ефективним з проведених варіантів дослідів виявився варіант підвішування під кутом 45 °, при якому було виявлено збільшення ефективності на 10 % за кінцевими температурами, що у свою чергу дає змогу зменшити використання теплової енергії та кількість необхідного обладнання при проєктних розрахунках. При цьому труднощів монтажу виявлено не було.

Список використаних джерел

1. Миссенар Ф. А. Лучистое отопление и охлаждение. Москва: Гостройиздат, 1961. С. 266–293.
2. Heat Pumps. International energy agency. URL: <https://www.iea.org/reports/heat-pumps> (last access : 11.03.2022).
3. Holst S. Simmonds P. Kühlkonzepation am Beispiel Flughafen. 21st International Velta-Kongres. Bangkok, St.Christoph/Tirol. 1999. 2 p.
4. ISO 7730:2005. Ergonomics of the thermal environment, analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. URL: <https://www.iso.org/ru/standard/39155.html> (last access: 17.09.2022).
5. Simmonds P., Gaw W., Holst S., Reuss S. Using Radiant Cooled Floors to Condition Large Spaces and Maintain Comfort Conditions. *Flack+Kurtz Consulting Engineers*. San Francisco, CA (US), 2000. 929 p.
6. Zehnder Group Germany GmbH. URL: <https://www.zehnder-systems.de/> (last access : 11.03.2022).
7. Богословский В. Н. Строительная теплофизика теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Москва: Высш. шк., 1982. С. 415–416.
8. EFFI Company. Water climate panels. URL: <https://effi.com.ua/> (last access : 11.03.2022).
9. Nibe Company Sweden. Heat pumps technical documentation. URL: <https://nibe.ua/> (last access : 17.03.2022).
10. Захаревич А. Э. Особенности формирования микроклимата отапливаемых помещений. *Сборник статей репозиторий БНТУ*. 2018. С. 24–28.
11. Bjarne P. Using building mass to heat and cool. *ASHRAE Journal*. 2012. P. 44–46. URL: <https://orbit.dtu.dk/files/7757908/F5901d01.pdf>.
12. DIN 1946 :1994 Raumluftechnik Teil 2. Berlin: Deutsches Institut für Normung. URL: <https://www.beuth.de/de/norm/din-1946-2/2204739> (last access : 19.09.2022).

Синіло Олег Олександрович, аспірант кафедри теплогазопостачання, вентиляції і використання теплових вторинних енергоресурсів, Харківський Національний університет будівництва та архітектури. ORCID iD: 0000-0002-1281-3477. Тел.: +38 (063) 418-42-74. E-mail: trapacana@gmail.com.

Synilo Oleh, postgraduate student, department of Heat and Gas Supply, Ventilation and Use of Thermal Secondary Energy Resources, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture. ORCID iD: 0000-0002-1281-3477. Tel.: +38 (063) 418-42-74. E-mail: trapacana@gmail.com.

Статтю прийнято 12.12.2022 р.