

**Івахнов Андрій Віталійович**, асистент кафедри «Електричні станції», тел. (066) 029 34 22, e-mail: Andrii.Ivakhnov@khpі.edu.ua, ORCID iD: 0000-0001-8280-0033.

**Булгаков Олексій Віталійович**, асистент кафедри «Електричні станції», тел. (050) 280 24 02. e-mail: Olexii.Bulhakov@khpі.edu.ua, ORCID iD: 0000-0002-3244-420X

**Федорчук Станіслав Олегович**, к.т.н., старший викладач кафедри «Електричні станції», тел. (095) 290 16 66. e-mail: Stanislav.Fedorchuk@khpі.edu.ua, ORCID iD: 0000-0001-7676-8313

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», вул. Кирпичова, 2, Харків, Україна, 61000

## ТЕХНІЧНЕ ПОРІВНЯННЯ ІНФРАЧЕРВОНИХ ДОВГОХВИЛЬОВИХ ОБІГРІВАЧІВ

**Анотація.** В роботі проведено технічне порівняння трьох зразків довгохвильових інфрачервоних, стельових обігрівачів Українського виробництва фірм Білюкс, Теплов, Теплотема, з номінальною потужністю 600 Вт. Отримано, що обігрівач фірми Білюкс має найменші теплові втрати через корпус, і температурні режими пристрою вказують на надійну роботу при довготривалому використанні на максимальну потужність. Теплов і Білюкс можна зрівняти наступним чином: Теплов має менші втрати через корпус зверху і більші збоку, тому в балансі вони є однаковими за тепловтратами. Обігрівач фірми Теплотема є найменш надійним та з найбільшими тепловими втратами через корпус. За тепловим слідом найефективнішим є обігрівач Білюкс, а найменш ефективним - Теплов. Відповідно до розрахунку ефективності роботи, обігрівачі Білюкс є на 68% більш ефективними за обігрівачі Теплов, та на 19% більш ефективними ніж обігрівачі Теплотема.

**Ключові слова:** інфрачервоне випромінення, довгохвильові обігрівачі; інфрачервоні обігрівачі; стельові обігрівачі; тепловий слід; Білюкс; Теплов; Теплотема.

**Andrii Ivakhnov**, Assistant of the Department "Power Plants", tel. (066) 029 34 22, e-mail: Andrii.Ivakhnov@khpі.edu.ua, ORCID iD: 0000-0001-8280-0033.

**Olexii Bulhakov**, Assistant of the Department "Power Plants", tel. (050) 280 24 02. e-mail: Olexii.Bulhakov@khpі.edu.ua, ORCID iD: 0000-0002-3244-420X

**Stanislav Fedorchuk**, PhD (technical), Senior Lecturer of the Department of "Power Plants", tel. (095) 290 16 66. e-mail: Stanislav.Fedorchuk@khpі.edu.ua, ORCID iD: 0000-0001-7676-8313

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kyrpychova Str., 2, Kharkiv, Ukraine, 61000

## TECHNICAL COMPARISON OF INFRARED LONG WAVE HEATERS

**Abstract.** In the work, a technical comparison of three samples of long-wave infrared, ceiling heaters of Ukrainian production by the firms Bilux, Teplov, Teplotema, with a rated power of 600 W. It was found that the Bilux heater has the lowest heat losses due to the body, and the temperature conditions of the device indicate reliable operation during prolonged use at maximum power. Teplov and Bilux can be compared as follows: Teplov has lower losses through the housing from above and higher from the side, so in balance they are the same in terms of heat loss. The Teplotema heater is the least reliable and has the highest heat loss through the housing. According to the thermal track, the Bilux heater is the most efficient, and Teplov is the least efficient. According to the efficiency calculation, Bilux heaters are 68% more efficient than Teplov heaters, and 19% more efficient than Teplotema heaters.

**Keywords:** infrared radiation, long-wave heaters; infrared heaters; ceiling heaters; thermal footprint; Bilux; Teplov; Teplotema.

**Ивахнов Андрей Витальевич**, ассистент кафедры «Электрические станции», тел. (066) 029 34 22, e-mail: Andrii.Ivakhnov@khpі.edu.ua, ORCID iD: 0000-0001-8280-0033.

**Булгаков Алексей Віталійович**, ассистент кафедры «Электрические станции», тел. (050) 280 24 02. e-mail: Olexii.Bulhakov@khpі.edu.ua, ORCID iD: 0000-0002-3244-420X

**Федорчук Станіслав Олегович**, к.т.н., старший преподаватель кафедры «Электрические станции», тел. (095) 290 16 66. e-mail: Stanislav.Fedorchuk@khpі.edu.ua, ORCID iD: 0000-0001-7676-8313

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», ул. Кирпичева, 2, Харьков, 61000, Украина

## ТЕХНИЧЕСКОЕ СРАВНЕНИЕ ИНФРАКРАСНЫХ ДЛИННОВОЛНОВЫХ ОБОГРЕВАТЕЛЕЙ

**Аннотация.** В работе проведено техническое сравнение трех образцов длинноволновых инфракрасных, потолочных обогревателей Украинского производства фирм Билюкс, Теплов, Теплотема, с номинальной мощностью 600 Вт. Получено, что обогреватель фирмы Билюкс имеет наименьшие тепловые потери из-за корпуса, и температурные режимы устройства указывают на надежную работу при длительном использовании на максимальную мощность. Теплов и Билюкс можно сравнить следующим образом: Теплов имеет меньшие потери через корпус сверху и большие сбоку, поэтому в балансе они одинаковы по теплотерям. Обогреватель фирмы Теплотема наименее надежный и с наибольшими тепловыми потерями через корпус.

*По тепловому следу наиболее эффективным является обогреватель Билюкс, а наименее эффективным – Теплов. Согласно расчету эффективности работы, обогреватели Билюкс на 68% эффективнее обогревателей Теплов, и на 19% эффективнее обогревателей Теплотема.*

**Ключевые слова:** *инфракрасное излучение, длинноволновые обогреватели; инфракрасные обогреватели; потолочные обогреватели; тепловой след; Билюкс; Теплов; Теплотема.*

**Вступ.** З огляду на ситуацію паливно-господарчого сектору, постає питання пошуку альтернативних шляхів опалення виробничо-технологічних, господарських та інших типів приміщень при модернізації системи опалення або проектуванні нової. Однією з таких альтернатив є інфрачервоні стельові обігрівачі з довгохвильовим випроміненням.

Такий принцип опалення називається променевим, і використовувався з давніх часів. Наприклад в Римській імперії в спеціальних повітроводах в якості теплоносія використовувалися димові гази з кухні, а пізніше спеціально нагріте повітря. Після технічної революції види опалення також змінилися. Так в 1985 році венгеський вчений, професор Мачкаши запропонував ідею використовувати в якості теплоносія повітря, що рухається в замкнутій системі і віддавати тепло випромінювачам в місцях де це є необхідним [1].

Так променеве випромінювання знову стали використовувати лише 40-50 років тому. Променева передача енергії при інших рівних умовах більш ефективна, за конвективну, так як при променевому обігріві енергія безперешкодно переноситься на більші дистанції в об'ємі приміщення, тому прибори опалення можна розмістити під стелею і в конструкціях огороження [1,2].

Для ясності необхідно пояснити що нагрів відбувається за рахунок конвективного теплообміну, і променеві обігрівачі обігрівають також за рахунок конвекції. Тоді чому вони можуть бути кращими? Все просто – конвективний теплообмін променевих обігрівачів відбувається за рахунок випромінення і нагрівання поверхні навпроти обігрівача. На прикладі стельових обігрівачів, можна представити процес обігріву як нагрів всіх об'єктів що знаходяться під ним, (підлога, стіл, стільці тощо) які в свою чергу віддають тепло конвективним способом в навколишній простір. В той час як у традиційних конвективних обігрівачів тепловіддача відбувається за рахунок конвекції в навколишній простір з площею обігріву обмеженою фізичними розмірами обігрівача (наприклад радіаторна батарея). Саме завдяки цьому принципу, інфрачервоні обігрівачі є більш ефективними, і викликають в останній час підвищений інтерес.

Визначившись що саме інфрачервоні обігрівачі найкращий вибір для встановлення (дома, на підприємстві, в теплиці тощо), виникає потреба у технічному порівнянні схожих технологічних рішень, на прикладі обігрівачів різних виробників.

**Метою статті** є проведення технічного порівняння трьох зразків довгохвильових інфрачервоних, стельових обігрівачів Українського виробництва фірм Білюкс, Теплов, Теплотема, з номінальною потужністю 600 Вт.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Перед початком було проаналізовано вже існуючі приміри дослідження променевих обігрівачів [1–11], а також було проаналізовано санітарні норми України щодо мікроклімату у приміщенні [12] для попереднього аналізу доцільності використання променевих обігрівачів з точки зору впливу на людину. Відповідно до санітарних норм мікроклімату інфрачервоні довгохвильові обігрівачі можна використовувати для обігріву місць знаходження людини (дім, виробничі приміщення тощо).

Аналіз літератури виявив що основними параметрами за якими можна вибрати інфрачервоний обігрівач є тепловий слід і енергоспоживання. На основі цих двох параметрів можна визначити остаточну ефективність.

Тепловий слід буде найвпливовішим фактором. Він буде впливати на інвестиції, на метод установки, так як від розміру теплового сліду залежить ефективне розташування обігрівачів і відповідно мінімально необхідна кількість обігрівачів на певну опалювану площу. На рис.1 показано схему рівномірного розподілу випромінення від інфрачервоних обігрівачів.

Для дослідження було придбано три обігрівача:



Рис. 1. Схема рівномірного розподілу випромінювання від інфрачервоних обігрівачів

- Білюкс **Б600**
- Теплотема **Номе 600**
- Теплов **ВЕ 600**

Було проаналізовано сайти представлених виробників [13–15], всі виробники мають сертифікати відповідності, проте тільки Білюкс і Теплов мають європейські сертифікати відповідності і санітарні висновки про безпечність впливу для людей, і лише Білюкс має висновок про пожежну безпеку.

Також попередньо було оглянуто технічне компонування обігрівачів (рис.2 - 4).

З огляду на наявні сертифікати та висновки фахівців санітарно-технічного огляду і вогнебезпечності, а також на компонування – зроблено висновок що деякі виробники копіюють своїх конкурентів, а саме Теплотема є копією Білюкс.

#### **Виклад основного матеріалу**

##### *База проведення дослідження*

Технічне порівняння проведено в лабораторному приміщенні Електрокорпусу НТУ «ХПІ», кафедри «Електричні станції».

##### *Інструментарій дослідження:*

- 1) Тепловізор DALI LT7-P – зйомка теплового сліду;
- 2) Цифровий технічний термометр testo925 – визначення температури підлоги, для визначення початкових умов дослідження, замір температури приміщення для введення поправочних коефіцієнтів в тепловізор;
- 3) Ватметр Etech PM300 (Energy Meter) – визначення енергоспоживання обігрівачів;
- 4) Вимірювальний інструмент (Рулетка) – застосовується для вимірювання розміру теплового сліду, та висоти встановлення зразків.

Параметри приміщення – цокольне приміщення з бетонною підлогою на 2 метри глибше рівня землі, з високою стелею (4 м) та великою площею (80 м<sup>2</sup>), що свідчить про те що теплове навантаження приміщення значно перевищує потужність одного обігрівача (600 Вт) та його робота на протязі 1 години ніяк не змінить температуру внутрішнього повітря. Температура повітря приміщення на протязі всього експерименту 18,5 градусів за Цельсієм.

Висота встановлення обігрівача показана на рис.5.

##### *Тепловий слід*

Найголовніша характеристика теплового сліду є його розміри та середня температура.

Розмір теплового сліду можна виміряти лише після закінчення перехідного процесу, коли тепловий слід не збільшується в розмірах. Експериментально було досліджено що виходячи з параметрів приміщення тепловий перехідний процес закінчується через годину після включення обігрівача. Схема теплового сліду показана на рис. 5. Також вирішено враховувати «реальний» тепловий слід – без впливу випромінювання обігрівача, а саме через 10 хвилин після відключення і зняття обігрівача зі стенду. За цей час тепловий слід не втрачає своєї інтенсивності, проте вплив випромінювання обігрівача відсутній.

Ще однією особливістю є поділ теплового сліду на ефективний та слід від розсіювання, як це показано на рис.5, і через це є необхідність правильно розташовувати обігрівачі по площі як показано на рис.1.

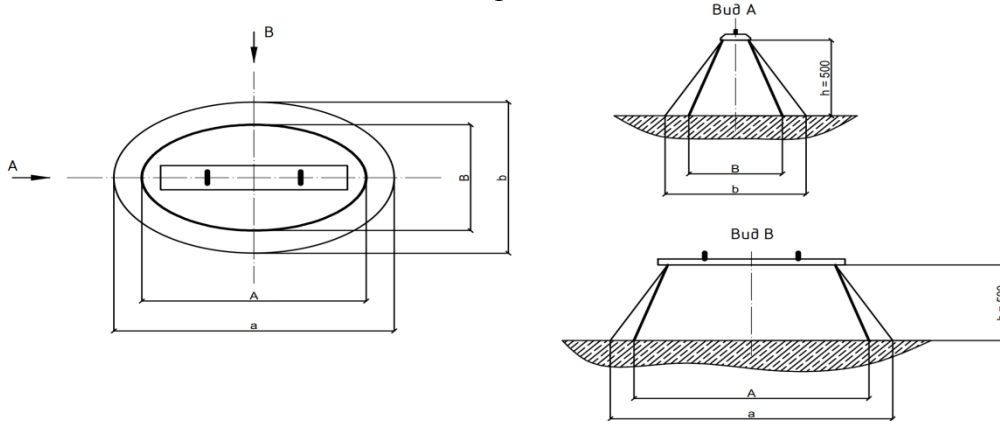
На рис. 5 показано термограми реального теплового сліду обігрівачів.



Рис. 2. Профіль поперечного перерізу (Білюкс і Теплотема – усічена трапеція, Теплов – прямокутник)



Рис. 3. Клемне підключення, підключення випромінюючої пластини та теплоізоляція корпусу



$A \times B$  – тепловий слід ефективного обігріву;  $a \times b$  – тепловий слід розсіювання хвиль.

Рис. 4. Схема розподілу хвиль інфрачервоного обігрівача

Зеленим виділено ізотерму холодної підлоги заміряної перед проведенням експерименту, для визначення границь теплового сліду. Розміри теплового сліду визначалися методом поміщення гарячого предмету і далі замірянням розмірів за допомогою рулетки. Заміри розмірів представлено в табл. 1.

Площа форми сліду виміряна в програмному комплексі AutoCAD після повнорозмірної візуалізації.

Під час роботи обігрівача, за допомогою ватметра, проводилося вимірювання енергоспоживання. На рис.6 показано результати замірів, з яких видно що енергоспоживання обігрівачами Теплов та Теплотема є на 10% вище номінально заявлених.

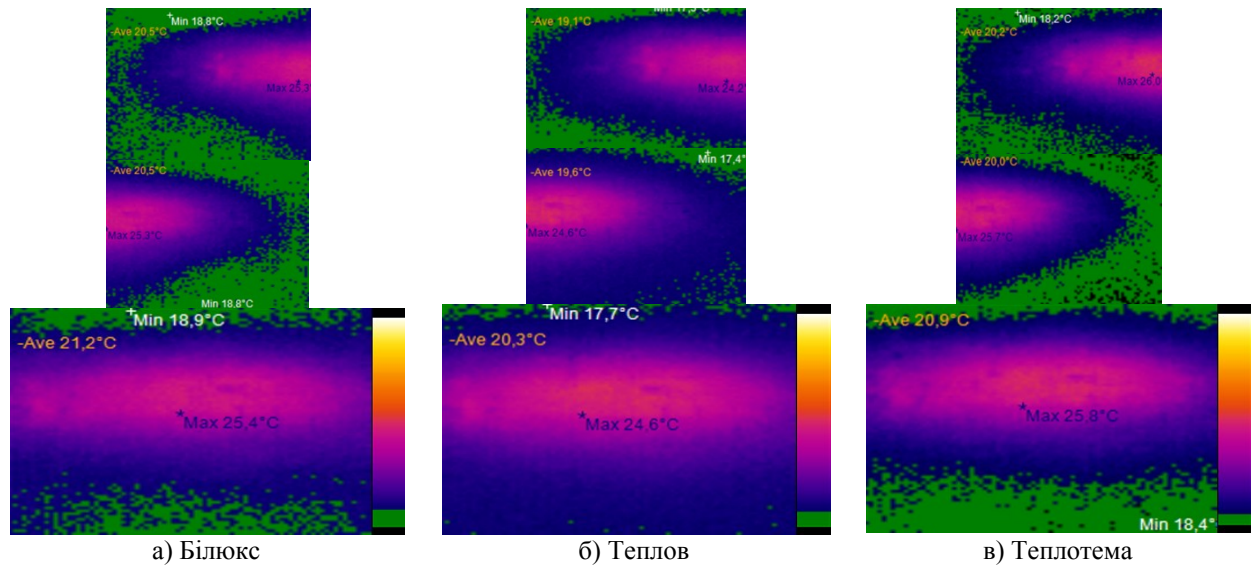


Рис. 5. Тепловий слід обігрівачів

Таблиця 1

Розміри теплового сліду

	Білюкс	Теплов	Теплотема
A, мм	1400	1100	1200
a, мм	1800	1200	1700
B, мм	1300	1000	1100
b, мм	1400	1100	1300
Форма сліду	Овал $a \times b = 1,98\text{м}^2$ $A \times B = 1,43\text{м}^2$	Овал $a \times b = 1,04\text{м}^2$ $A \times B = 0,86\text{м}^2$	Овал $a \times b = 1,74\text{м}^2$ $A \times B = 1,04\text{м}^2$

Причинами надмірного енергоспоживання можуть бути тепловтрати через корпус. Як видно з рис. 2 кожен зі зразків має різну теплоізоляцію. Так Білюкс має пред усім тепло відбиваючу пластину обтікаємої форми що є ефективним так яка енергію яка може бути втрачена через корпус направляється в направленні ефективного обігріву. Теплотема та Теплов мають лише теплоізоляційний матеріал в верхній частині корпусу.

Як видно з термограми, температура корпусу є не високою, і безпечною для встановлення під стелею з застосуванням будь-якого облицювання. Температура збоку обігрівача є однаковою з верхньою частиною, що говорить про те, що температура розповсюджується по корпусу рівномірно, що в свою чергу свідчить про правильність облаштування теплоізоляції корпусу з мінімально можливими втратами.

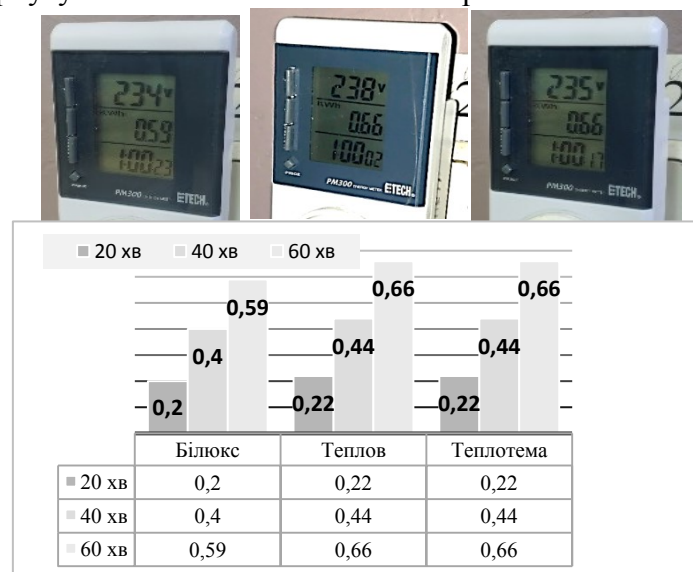


Рис. 6. Показання ватметру, та діаграма енергоспоживання на основі показань

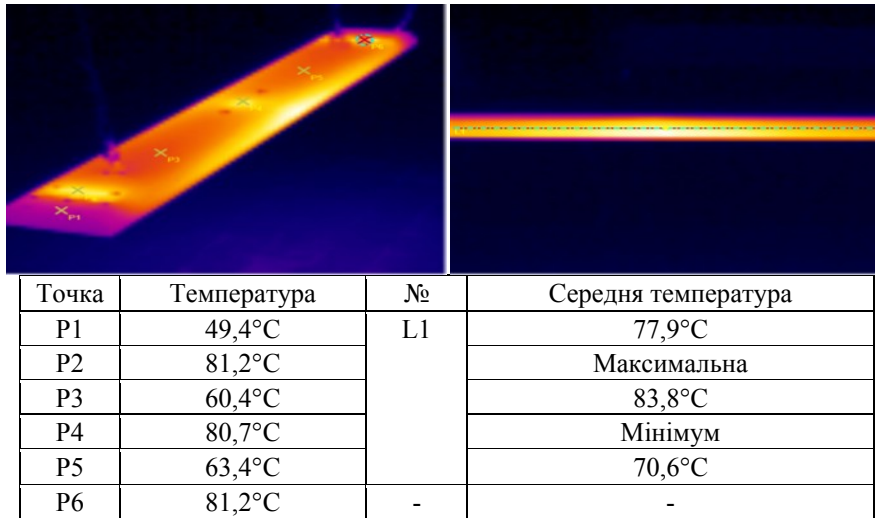


Рис. 7. Термограма корпусу обігрівача Білюкс зверху по точкам, та збоку за лінією

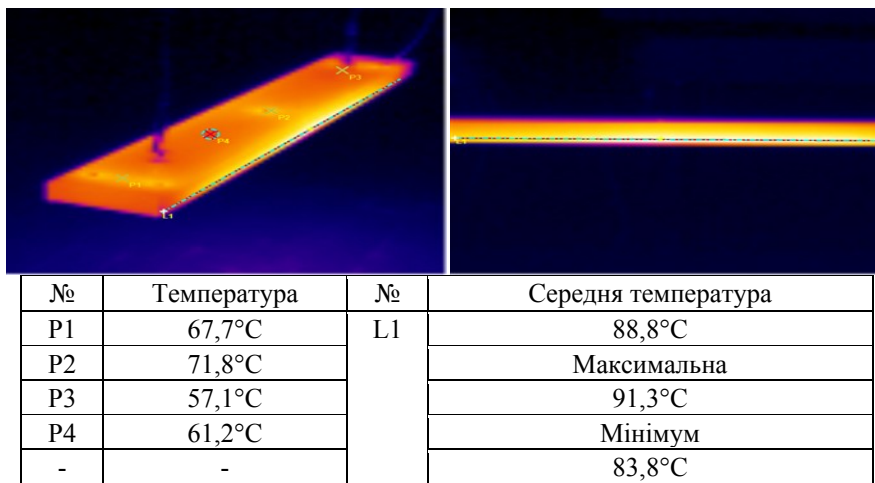


Рис.8. Термограма корпусу обігрівача Теплов зверху по точкам, та збоку за лінією

Як видно з термограми, верх корпусу має меншу температуру за Білюкс, проте збоку температура значно підвищена, це обумовлено не рівномірною теплоізоляцією та формою корпусу обігрівача Теплов. Температури вказують на вогнебезпечність обігрівача. Однак варто зауважити що корпус зверху не має вентиляційних отворів, і така сильна теплоізоляція без отворів вентиляції може мати негативний вплив на довго строковість роботи обігрівача в випадку необхідності постійно працювати на максимум (без терморегулятора).

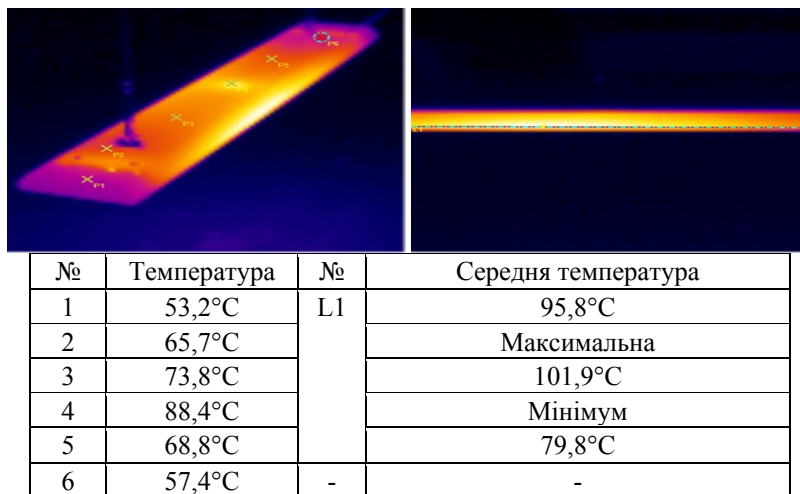


Рис. 9. Термограма корпусу обігрівача Теплотема зверху по точкам, та збоку за лінією

З термограми видно що незважаючи на схожість форми і влаштування обігрівача Білюкс, Теплотема допустила помилку з використанням лише теплоізоляційного матеріалу і його нерівномірним розміщенням. Видно що зверху в торцях температура підвищена, що створює додаткове навантаження на клемне підключення і відповідно на безпечність експлуатації. Також видно що через бокову поверхню випромінюються високі тепловтрати.

*Енергоефективність*

Визначивши основні показники – тепловий слід (а саме його розміри) та енергоспоживання, вже можна попередньо зробити висновок про те який з обігрівачів є кращим для застосування.

Проте будь-який висновок потрібно підтверджувати математичними розрахунками.

Для порівняльного аналізу питомої енергоефективності обігрівачів, для термограм отриманих через 10 хвилин після відключення приладу (реального теплового сліду), для кожної моделі була визначена максимальна різниця температур по полю (кадра тепловізора) нагрітої поверхні підлоги, та розрахована тепловіддача за законом Стефана-Больцмана [1].

Кількість теплоти що віддається випромінюючою поверхнею за законом Стефана-Больцмана, наведено в формулі 1:

$$Q = C_{\text{прив}} \cdot \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \cdot t \cdot F \quad (1)$$

де  $C_{\text{прив}}$  – приведений коефіцієнт випромінювання,  $C_{\text{прив}} = 5,77 \cdot 0,9 = 5,193$ , Вт/м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>;  $T_1$  – температура випромінюючої поверхні, середня температура теплового сліду, К;  $T_2$  – температура навколишнього середовища, К;  $t$  – час, год;  $F$  – площа випромінюючої поверхні (тепловий слід), м<sup>2</sup>.

$$Q_{\text{Білюкс}} = 5,193 \cdot \left[ \left( \frac{(22+273)}{100} \right)^4 - \left( \frac{(18,5+273)}{100} \right)^4 \right] \cdot 1 \cdot 1,98 = 36,3658 \text{ Вт,}$$

$$Q_{\text{Теплов}} = 5,193 \cdot \left[ \left( \frac{(20,9+273)}{100} \right)^4 - \left( \frac{(18,5+273)}{100} \right)^4 \right] \cdot 1 \cdot 1,04 = 13,0242 \text{ Вт,}$$

$$Q_{\text{Теплотема}} = 5,193 \cdot \left[ \left( \frac{(22,1+273)}{100} \right)^4 - \left( \frac{(18,5+273)}{100} \right)^4 \right] \cdot 1 \cdot 1,74 = 32,8878 \text{ Вт.}$$

Далі визначаємо коефіцієнт ефективності затрачуваної електричної енергії для отримання теплоти що віддається випромінюючою поверхнею, відповідно до формули 2. Тобто скільки ватт електричної енергії витрачається для отримання одного вату теплової:

$$E = W/Q \quad (2)$$

де  $W$  – електрична енергія спожита обігрівачем за годину.

$$E_{\text{Білюкс}} = \frac{590}{36,3658} = 16,2241 \text{ Вт,}$$

$$E_{\text{Теплов}} = \frac{660}{13,0242} = 50,6750 \text{ Вт,}$$

$$E_{\text{Теплотема}} = \frac{660}{32,8878} = 20,0683 \text{ Вт.}$$

Для показовості результатів виразимо у відсотковому співвідношенні, прийнявши показання коефіцієнту ефективності обігрівача Білюкс за 100%, тоді:

- ефективність обігрівача Теплов =  $\frac{16,2241}{50,6750} \% = 32\%$ ;
- ефективність обігрівача Теплотема =  $\frac{16,2241}{20,0683} \% = 81\%$ ;

З розрахунку видно очевидну перевагу ефективності обігрівача Білюкс.

**Висновки.** В ході технічного порівняння трьох зразків довгохвильових інфрачервоних обігрівачів було проведено фізичний огляд усіх зразків, виконано тепловізійну зйомку теплового сліду кожного зі зразків, тепловізійну зйомку безпосередньо кожного зразка, проведено аналіз отриманих термограм.

На основі вище переліченого можна зробити наступні висновки:

1) За термограмами пристроїв обігрівач фірми Білюкс має найменші теплові втрати через корпус, і температурні режими пристрою вказують на надійну роботу при довготривалому використанні на максимальну потужність;

2) За термограмами пристроїв обігрівач фірми Теплов займає друге місце за надійністю роботи, за тепловими втратами обігрівачі Теплов і Білюкс можна зрівняти так як Теплов має менші втрати через корпус зверху і більші збоку, тому в балансі вони є однаковими за тепловтратами;

3) За термограмами пристроїв обігрівач фірми Теплотема є найменш надійним та з найбільшими тепловими втратами через корпус;

4) За тепловим слідом найефективнішим є обігрівач Білюкс, а найменш ефективним є Теплов;

5) Конструктивно обігрівач Білюкс має найкращу конструкцію – практичну форму корпусу, та правильні зазори. Теплов має гарну теплоізоляцію, проте не достатню збоку і прямокутна форма є недоліком для надійної роботи. Теплотема при аналізі показує що є копією Білюкс, проте не якісною, і помилки при копіюванні внесли ряд недоліків що робить його не надійним і не ефективним.

6) Відповідно до розрахунку ефективності роботи, обігрівачі Білюкс є на 68% більш ефективними за обігрівачі Теплов, та на 19% більш ефективними ніж обігрівачі Теплотема.

З представлених зразків найкращим варіантом є продукція фірми Білюкс. Проте дане порівняння є неповним з огляду на те що протестовані лише 3 зразки, При виборі з більшого переліку необхідно проводити представлене порівняння і для обігрівачів інших фірм.

Підбиваючи підсумки, можна додати що якісний обігрівач можна придбати лише після звернення до виробника з побажанням надати повні дані про обігрівачі – тепловізійну зйомку теплового сліду, перевірені дані по енергоспоживанню, дані про температури корпусу. Ці дані дають інформацію про реальну економічність та обігрівачу спроможність.

#### Список використаної літератури:

1. Мачкаши А. Б. Л. Лучистое отопление. Москва: Стройиздат, 1985. – 464 р.
2. Panchenko V. Air-radiant heating on the basis of a two-flow heat generator with infrared emitters. Urban Constr. Archit. 2018. Vol. 8. P. 40–43.
3. Зональный инфракрасный электрический обогрев на открытых и полуоткрытых площадках. URL: [https://scholar.google.com.ua/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=ru&user=YCzeHnIAAAAJ&sortby=pubdate&citation\\_for\\_view=YCzeHnIAAAAJ:3fE2CSJlrl8C](https://scholar.google.com.ua/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=YCzeHnIAAAAJ&sortby=pubdate&citation_for_view=YCzeHnIAAAAJ:3fE2CSJlrl8C) (accessed: 30.11.2021).
4. Инфракрасное отопление как экономичный и эффективный вид отопления. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/infrakrasnoe-otoplenie-kak-ekonomichnyy-i-effektivnyy-vid-otopleniya/viewer> (accessed: 11.11.2021).
5. Инфракрасные электрические длинноволновые панельные обогреватели для отопления и оформления интерьера помещений. URL: [https://scholar.google.com.ua/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=ru&user=YCzeHnIAAAAJ&sortby=pubdate&citation\\_for\\_view=YCzeHnIAAAAJ:Zph67rFs4hoC](https://scholar.google.com.ua/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=YCzeHnIAAAAJ&sortby=pubdate&citation_for_view=YCzeHnIAAAAJ:Zph67rFs4hoC) (accessed: 30.11.2021).
6. Инфракрасный обогрев теплиц с помощью электрических длинноволновых нагревательных панелей. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/infrakrasnyy-obogrev-teplits-s-pomoschyu-elektricheskikh-dlinnovolnovykh-nagrevatelnyh-paneley/viewer> (accessed: 11.11.2021).
7. Исследование эффективности использования различных типов обогревателей и бытовых систем отопления. 2014. URL: <http://www.topclimat.ru/images/files/issledovanie-r.pdf>.



8. Болотских Н. Н. Керамические инфракрасные электрические панельные обогреватели помещений. *Науковий Вісник Будівництва. Харківський національний технічний університет будівництва та архітектури*, 2019. № 95, № 1. Р. 211–220.

9. Основы выбора и расчета систем инфракрасного обогрева помещений. URL: [https://scholar.google.com.ua/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=ru&user=YCzeHnIAAAAJ&sortby=pubdate&citation\\_for\\_view=YCzeHnIAAAAJ:r0BpntZqJG4C](https://scholar.google.com.ua/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=YCzeHnIAAAAJ&sortby=pubdate&citation_for_view=YCzeHnIAAAAJ:r0BpntZqJG4C) (accessed: 30.11.2021).

10. Brown K. J. et al. Energy efficiency of electrical infrared heating elements. *Appl. Energy*. 2016. Vol. 162. P. 581–588.

11. Немировський І. А., Булгаков О. В. Аналіз сучасного стану будівель та заходів з підвищення їх енергоефективності. 2019.

12. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99. Офіційний вебпортал парламенту України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/va042282-99> (accessed: 24.10.2021).

13. Инфракрасное отопление «Билукс». Купить систему потолочного отопления для магазина, офиса, производства, кафе и дома. URL: <https://bilux.ua/> (accessed: 30.11.2021).

14. “Теплотема” — инфракрасное экономичное отопление. Обогрев дома, промышленных помещений, зональный обогрев. URL: <https://teplotema.com.ua/ua/> (accessed: 30.11.2021).

15. Инфракрасные обогреватели. Купить инфракрасный обогреватель в Украине от производителя | Цены | Teplov. URL: <https://teplov.com.ua/> (accessed: 30.11.2021).

#### References:

1. Machkashi A. Radiant heating. Moscow: Stroyizdat, 1985. 464 p.
2. Panchenko V. Air-radiant heating on the basis of a two-flow heat generator with infrared emitters. *Urban Constr. Archit.* 2018. Vol. 8. P. 40–43.
3. Zonal infrared electric heating in open and semi-open areas. Available at: [https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=en&user=YCzeHnIAAAAJ&sortby=pubdate&citation\\_for\\_view=YCzeHnIAAAAJ:3fE2CSJrl8C](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=YCzeHnIAAAAJ&sortby=pubdate&citation_for_view=YCzeHnIAAAAJ:3fE2CSJrl8C) (accessed: 30.11.2021).
4. Infrared heating as an economical and efficient type of heating. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/infekrasnoe-otoplenie-kak-ekonomichnyy-i-effektivnyy-vid-otopleniya/viewer> (accessed: 11.11.2021).
5. Infrared electric long-wave panel heaters for heating and interior design. Available at: [https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=en&user=YCzeHnIAAAAJ&sortby=pubdate&citation\\_for\\_view=YCzeHnIAAAAJ:Zph67rFs4hoC](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=YCzeHnIAAAAJ&sortby=pubdate&citation_for_view=YCzeHnIAAAAJ:Zph67rFs4hoC) (accessed: 30.11.2021).
6. Infrared heating of greenhouses by means of electric long-wave heating panels. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/infekrasnyy-obogrev-teplits-s-pomoschyu-elektricheskikh-dlinnovolnovyhnagrevatelnyh-paneley/viewer> (accessed: 11.11.2021).
7. Study of the efficiency of using different types of heaters and domestic heating systems. 2014. Available at: <http://www.topclimat.ru/images/files/issledovanie-r.pdf>.
8. Bolotskikh NN Ceramic infrared electric panel space heaters. *Scientific Bulletin of Construction. Kharkiv National Technical University of Construction and Architecture*, 2019. № 95, 1. P. 211–220.
9. Basics of selection and calculation of infrared heating systems. Available at: [https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=en&user=YCzeHnIAAAAJ&sortby=pubdate&citation\\_for\\_view=YCzeHnIAAAAJ:r0BpntZqJG4C](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=YCzeHnIAAAAJ&sortby=pubdate&citation_for_view=YCzeHnIAAAAJ:r0BpntZqJG4C) (accessed: 30.11.2021).
10. Brown K. J. et al. Energy efficiency of electrical infrared heating elements. *Appl. Energy*. 2016. Vol. 162. P. 581–588.
11. Nemirovsky I. A., Bulgakov O. V. Analysis of the current state of buildings and measures to improve their energy efficiency. 2019.
12. Sanitary norms of microclimate of production facilities of LTO 3.3.6.042-99. Official web portal of the Parliament of Ukraine. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/go/va042282-99> (accessed: 24.10.2021).
13. Infrared heating "Bilux". Buy system of ceiling heating for shop, office, production, cafe and the house. Available at: <https://bilux.ua/> (accessed: 30.11.2021).
14. "Heat theme" - infrared economical heating. Heating of the house, industrial premises, zonal heating. Available at: <https://teplotema.com.ua/ua/> (accessed: 30.11.2021).
15. Infrared heaters. Buy infrared heater in Ukraine from the producer Prices | Teplov. Available at: <https://teplov.com.ua/> (accessed: 30.11.2021).

Надійшла до редакції 27.09.2021