

2. *TEN pogruzhnoy s termoregulyatorom*. URL: <https://ten24.od.ua/catalog/trubchatye-nagrevateli-teny/>, 2020, 5 s.
3. Bolotskikh N.N. Promyshlennye keramicheskie infrakrasnye elektricheskie patronnye nagrevateli zhidkostey i gazov. *Naukoviy visnik budivnytstva*, Kharkiv: KHNUBA, KHOTV ABU, 2019. T. 97. № 3. s. 81-85.
4. Bolotskikh N.S., Bolotskikh N.N. Effektivnoe oborudovanie dlya podogreva nefteproduktov v rezervuarakh. *Naukoviy visnik budivnytstva*, Kharkiv: KHNUBA, KHOTV ABU, 2019. T. 99. № 1. s. 35-42.
5. *Sukhie TENy*. DP. "INTMAKS". URL: <http://www.elcer.com.ua/products/keramicheskie-teny/keramicheskii-ten/>, 2018. 5 s.
6. *Keramicheskie TENy*. DP. "INTMAKS". URL: <https://elcer.com.ua/products/keramicheskie-teny/>, 2019. 5 s.
7. *Resistivnye elementy*. DP. "INTMAKS". URL: <http://www.elcer.com.ua/quality-and-materials/nagrev-prov.php/>, 2018. 9 s.
8. *Tekhnicheskaya keramika*. DP. "INTMAKS". URL: [https://elcer.com.ua/products/komplektuyushie/tekhnicheskaya-ker./](https://elcer.com.ua/products/komplektuyushie/tekhnicheskaya-ker/), 2019. 5 s.
9. *Keramicheskie materialy*. DP. "INTMAKS". URL: <http://www.elcer.com.ua/quality-and-materials/ceramic-materials.php/>, 2018. 5 s.
10. *Metallicheskie trubchatye nagrevateli*. URL: <https://ten24.com.ua/catalog/eletronagrevateli-teny/>, 2020. 3 s.
11. *Trubchatye nagrevateli (TENy)*. URL: <https://ten24.od.ua/catalog/trubchatye-nagrevateli-teny/>, 2020. 5 s.
12. *Nano-trubchatyy nagrevatel anticorrosivnyy dlya kislotnykh i shelochnykh rastvorov*. URL: <https://ten24.com.ua/catalog/nano-nagrevateli/nano-trubchatyy-nagrevatel/>, 2020. 4 s.
13. *Bloki TENov dlya vody i vozdukh*. URL: <https://ten24.od.ua/catalog/trubchatye-nagrevateli-teny/>, 2020. 3 s.
14. *Blok TEN dlya vody*. URL: <https://ten24.com.ua/catalog/eletronagrevateli-teny/bloki-ten-dlya-vody/>, 2020. 2 s.

**Bolotskykh N.N., Bolotskykh N.S. NANO-TENES FOR HEATING LIQUIDS.** The article: provides an analysis of metal tubular electric heaters (TENs) used to heat various liquids; their advantages and disadvantages are indicated; the latest development in the field of heating liquids is described in detail - a tubular nano-heater (nano-heating element), which provides high energy efficiency and heating rate, has anti-corrosion properties, high acid resistance and alkali resistance, as well as durability; recommendations on its wide application for heating liquids in Ukraine are given.

**Key words:** tubular electric heater, heating part of the tube, nano-heater, heating of corrosive liquids.

doi.org/10.29295/2311-7257-2020-102-4-173-181

УДК 697.4

**Болотських О.М.<sup>1</sup>, Болотських М.М.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова  
(вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002, [orcid.org/0000-0002-1929-3013](https://orcid.org/0000-0002-1929-3013))

<sup>2</sup>Харківський національний університет будівництва й архітектури  
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, E-mail: [tgvter@gmail.com](mailto:tgvter@gmail.com); [orcid.org/0000-0003-0756-7264](https://orcid.org/0000-0003-0756-7264))

## ІНФРАЧЕРВОНІ ЕЛЕКТРИЧНІ ПЛІВКОВІ ПІДЛОГОВІ СИСТЕМИ ОБІГРІВУ ЖИТЛОВИХ І ГРОМАДСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ

Наведено сучасні інфрачервоні плівкові електричні підлогові обігрівачі, описано пристрій і дано їх технічні характеристики, наведено короткий аналіз інфрачервоних нагрівальних плівок, надано рекомендації щодо подальшого застосування плівкових підлогових електричних обігрівачів для опалення житлових та громадських приміщень в Україні з метою зниження витрат електроенергії.

**Ключові слова:** інфрачервоне опалення, плівкові обігрівачі, інфрачервона плівка, тепла підлога, нагрівальні елементи.

**Вступ.** Для обігріву житлових і суспільних приміщень у світовій практиці широко використовується інфрачервоний спосіб опалення [1, 2]. Це обумовлене тим, що використовувати для його реалізації інфрачервоні обігрівачі мають ряд гідностей, у першу чергу: можливість істотного скорочення витрат електроенергії на опалення (до 45-50%);

простота монтажу й обслуговування; швидкість і надійність обігріву; можливість повної автоматизації керування; великий термін служби ( до 20 років і більш) і ін. В інфрачервоних електричних системах опалення використовуються панельні або плівкові обігрівачі [3, 4]. Для обігріву переважно невисоких ( до 3,5 м) житлових і суспільних приміщень найбільш ефективним є застосування плівкових інфрачервоних обігрівачів. Ці обігрівачі являють собою плівку, тобто тонке полотно, що випромінює теплову енергію в інфрачервоному діапазоні. Це полотно розміщають на стелях, стінах і під підлогами приміщень. У зв'язку із цим плівкові інфрачервоні електричні обігрівачі діляться на три групи: стельові, настінні й підлогові [6, 7, 8, 9].

Найбільш економічний і ефективний обігрів житлового або суспільного приміщення досягається у випадках використання підлогових плівкових інфрачервоних обігрівачів. Підлоги приміщень із підлоговими інфрачервоними плівковими обігрівачами часто в літературі й на практиці називають інфрачервоними теплими підлогами.

Ідея використання теплих підлог для обігріву приміщень відома давно. Ще в прадавньому Римі під стяжками підлоги прокладали спеціальні канали, у які подавалося нагріте повітря від джерел тепла, що перебувають у нижніх частинах будинків. На початку XX сторіччя з винаходом насосів з'явилося підлогове водяне опалення, а в середині XX сторіччя для цих цілей стали застосовувати системи підлогового електроопалення за допомогою кабельних і плівкових обігрівачів. Кабельні [5] обігрівачі за принципом роботи можливо віднести до категорії конвекторних обігрівачів, а плівкові – до інфрачервоних [1].

Нагрівальна інфрачервона плівка це новинка в області обігріву приміщень. Завдяки своїм унікальним властивостям і характеристикам вона поступово почала завойовувати світові ринки. Електричні інфрачервоні теплі підлоги використовуються в якості основної системи опалення в окремо стоячих будинках або додаткової (разом з іншими) для одержання теплового комфорту в приміщеннях.

Досвід експлуатації таких обігрівачів переконливо довів, що для опалення житлових і громадських приміщень найбільш ефективними на сьогоднішній день є теплі підлоги з підлоговими інфрачервоними плівками. Вони здатні забезпечувати швидкий, надійний і ефективний обігрів таких приміщень, створюючи в них комфортний мікроклімат. Їхнє довгохвильове інфрачервоне випромінювання благотійно впливає на організм людини. Вони прості в монтажі й експлуатації.

На жаль, цей енергоефективний спосіб обігріву ще не одержав широкого поширення в нашій країні. Тому справжня стаття присвячується узагальненню найбільш ефективних світових досягнень в області інфрачервоного електричного плівкового підлогового обігріву приміщень і розробці рекомендацій з розширення сфери їх подальшого застосування в Україні.

**Мета статті** – розширення сфери застосування інфрачервоного електричного плівкового підлогового способу обігріву житлових і громадських приміщень в Україні для скорочення витрат електроенергії на опалення.

**Основний зміст.** Плівкові підлогові інфрачервоні електричні обігрівачі відрізняються від традиційних не тільки формою, але й принципом функціонування. Системи такого обігріву містять у собі: випромінюючі підлогові полотна (плівки); терморегулятори (для автоматизації процесу обігріву, захисту від перегріву й економії електроенергії); необхідні проводи й кабелі, ізоляційні матеріали; захисні панелі, що розташовуються між випромінюючим полотном і напольним покриттям.

На Рис. 1 наведена порівняльна принципова схема обігріву приміщення з використанням плівкових підлогових електричних обігрівачів (інфрачервоної теплої підлоги) і системи конвективного опалення.

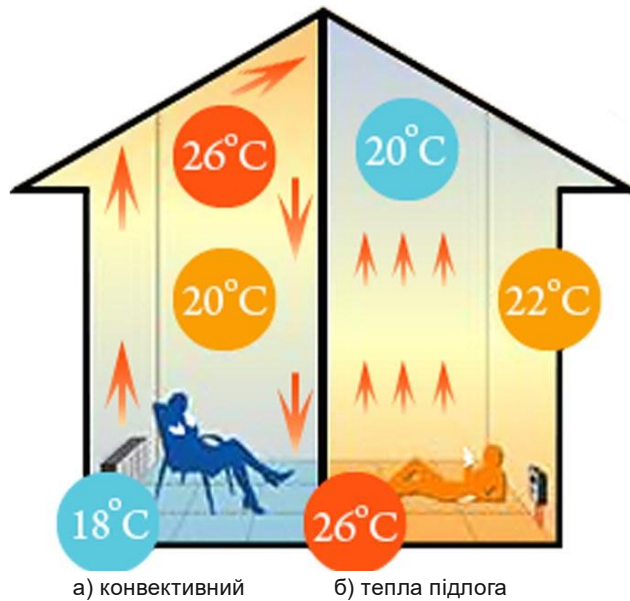


Рис. 1. Принципова схема обігріву приміщення з використанням систем опалення: а) конвективного; б) інфрачервоного електричного плівкового підлогового (теплих підлог).

Як видно з ілюстрації, при конвективному опаленні температура повітря у підлози становить приблизно  $18^{\circ}\text{C}$ , на рівні голови –  $20^{\circ}\text{C}$  і під стелею приміщення близько  $26^{\circ}\text{C}$ . Таким чином, у робочій зоні приміщення температура повітря перебуває на рівні  $18\text{--}20^{\circ}\text{C}$ . Висока температура повітря під стелею ( $26^{\circ}\text{C}$ ) практично непотрібна. Вона мало впливає на створення необхідного комфортного мікроклімату в приміщенні. При використанні інфрачервоної теплої підлоги температура у підлози найбільш висока ( $26^{\circ}\text{C}$ ), а у стелі низька ( $20^{\circ}\text{C}$ ), тобто у ніг людини, що перебуває в приміщенні, вона має найбільш високе значення, а на рівні голови людину становить  $22^{\circ}\text{C}$ . Ці показники температури свідчать про те, що при використанні для цілей обігріву приміщень інфрачервоної теплої підлоги створюється кращий тепловий комфорт у порівнянні з конвективним способом.

Вище було вже сказано, що основою систем інфрачервоних теплих підлог є інфрачервона нагрівальна плівка. Її використання для обігріву приміщення стає усе більш популярним. Таку плівку випускає ряд закордонних компаній. Плівка, що випускається ними, може трохи відрізнятися, тому що кожний виробник бореться за ринки збуту своєї продукції й використовує у виробництві плівок свої ноу-хау. Тому інфрачервона нагрівальна плівка, що випускається різними виробниками, може трохи відрізнятися за структурою, параметрами потужності й ефективності. На рис. 2, для прикладу, наведений загальний вид інфрачервоної електричної нагрівальної плівки [10].

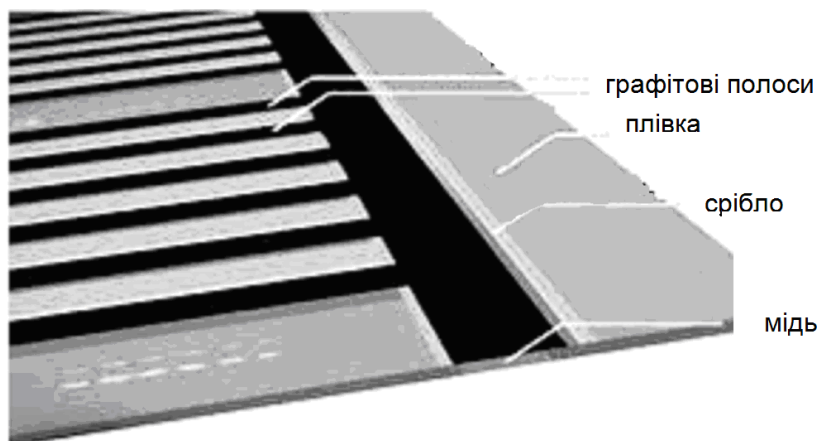


Рис. 2. Загальний вид інфрачервоної електричної нагрівальної плівки.

Інфрачервона плівка – це сучасний електричний нагрівач поверхонь, заламінований із двох сторін спеціальним полімером з підвищеними електроізоляційними й протипожежними властивостями. Усередині нього, на несучій плівці, організований контакт мідної струмопровідної фольги з вугільними (графітовими) нагрівальними елементами, склеєними негорючим матеріалом. Вугільні нагрівальні елементи по обидва боки заламіновані в спеціальний електротехнічний поліестер, що забезпечує повну водонепроникність плівки й високий захист від електричного пробоя. Плівка прекрасно проводить інфрачервоне тепло й термостійка. Карбонова (вугільна) паста наноситься на полімерну плівку з технологічною точністю менш 1 мікрона. Карбонові випромінювачі в плівках є основними нагрівальними елементами. Вони з'єднуються між собою за допомогою фольги з міді, а також покриття зі срібла, що володіє низьким електричним опором.

Укладання інфрачервоної нагрівальної плівки на підлозі приміщення (Рис. 3) є не складним і не тривалим процесом.

Для монтажу підлогового інфрачервоного плівкового обігрівача не потрібно застосування якихось особливих навичок, але основні правила потрібно враховувати: інфрачервона плівка повинна укладатися на суху рівну поверхню; розрізка плівки проводиться тільки по лініях, зазначених виробником; не можна підключати електроживлення до нагрівальної плівки в рулоні; максимальна довжина плівки повинна бути не більше 8 м, а відстань між полотнищами не повинна бути менше 5 мм; плівку не можна згинати під кутом більш ніж 90 градусів; у якості кріплення забороняється використання саморізів або цвяхів; монтаж нагрівальної плівки бажане не проводити при мінусовій температурі й підвищеній вологості.

Виробництвом і/або поставкою сучасних інфрачервоних електричних плівок для теплих підлог займається ряд закордонних і вітчизняних заводів, компаній і корпорацій, наприклад, Heat Plus (Фінляндія), REXVA і Seggi Century (Південна Корея), Тепло-стиль (Україна) і ряд інших. Нижче дається більш докладна інформація про деяких нагрівальних плівках, які одержують усе більше застосування для устаткування теплих підлог. Зокрема, у країнах колишнього СНД для цих цілей використовуються інфрачервоні плівки марки XiCA, що випускаються компанією REXVA (Рис. 4) [11].



Рис. 3. Монтаж плівкового інфрачервоного електричного нагрівача на підлозі приміщення.



Рис. 4. Загальний вид інфрачервоної обігрівальної плівки у рулонах

На рис. 5 наведена загальна структура інфрачервоної нагрівальної плівки.

При виробництві такого нагрівача використовується полімерна плівка з поліестера, що володіє високими діелектричними характеристиками. У процесі виготовлення вугільну (карбонову) пасту наносять при температурі 140°C на полімерну плівку тонким шаром менш одного мікрона. Ламінація плівки відбувається в тих же температурних умовах, завдяки чому досягаються необхідні міцнісні характеристики нагрівальної плівки.



Основними нагрівальними елементами є карбонові випромінювачі, що з'єднуються між собою за допомогою фольги з міді, а також покриття зі срібла. При виробництві таких інфрачервоних нагрівальних плівок використовуються: високоякісні матеріали, особливе адсорбуюче вугільне напилювання й поліестерове покриття плівки. Необхідна щільність з'єднання досягається за допомогою спеціального жаростійкого клею.

Інфрачервона нагрівальна плівка марки XiCA має принципово важливу відмінність від нагрівальних плівок інших торговельних марок, що полягає в досягненні мінімально можливої товщини повітряного прошарку, який утворюється в місці контакту. Це стало можливим завдяки застосуванню поліпшеної інноваційної технології ламінації нагрівальної плівки.

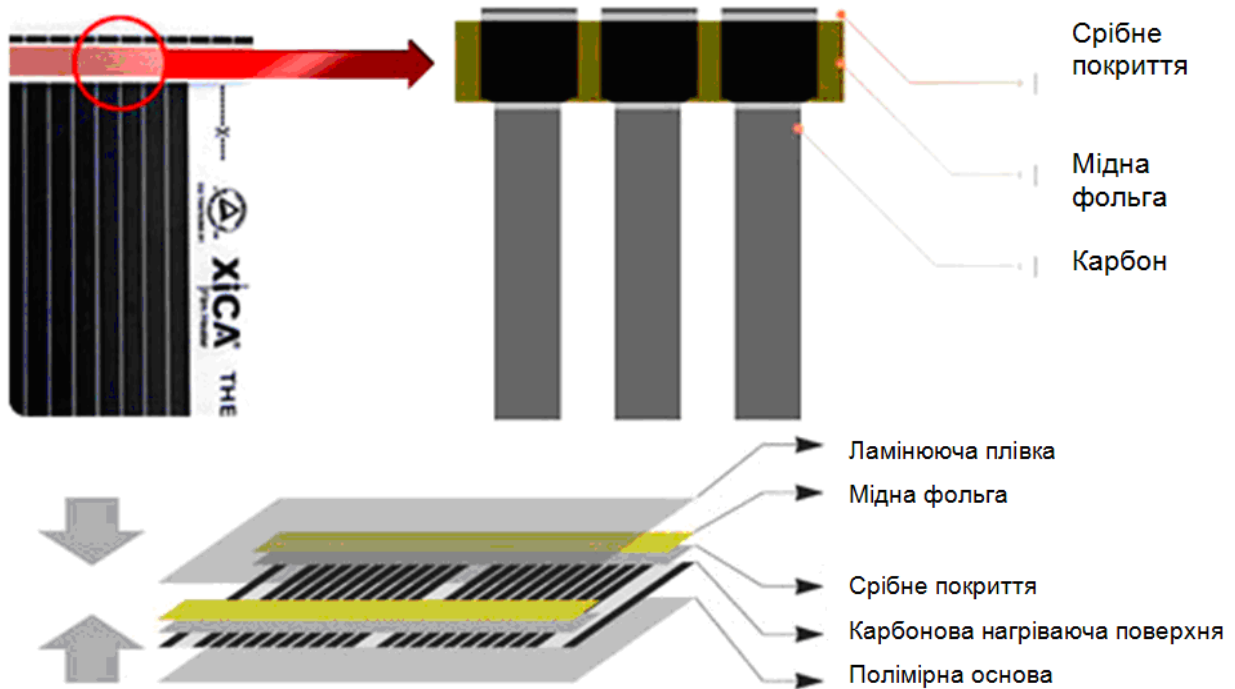


Рис. 5. Загальна структура інфрачервоної нагрівальної плівки марки XiCA

Інфрачервона нагрівальна плівка марки XiCA має наступну технічну характеристику: плівка поставляється в рулонах (довжина 100-150 пог.м, ширина плівки 500-800 мм, товщина плівки – 0,275 мм, під замовлення поставляється плівка товщиною до 0,5 мм); необхідна напруга мережі – 220-240 В, 50Hz; максимальна споживана потужність – 220 Вт/м<sup>2</sup>; температура на поверхні плівки – до 45°C; довжина хвилі випромінювання – 5-20 мкм; температура плавлення нагрівальної плівки – 265°C; повна відсутність електромагнітного поля.

Інфрачервона нагрівальна плівка марки XiCA рекомендується для монтажу під легковисхідні підлогові покриття, серед яких: ламінат, лінолеум, паркетна дошка, ковролін і подібні їх покриття. Крім того, ця плівка може бути вмонтована й під керамічні й кам'яні покриття, хоча для виконання таких робіт будуть потрібні певні навички. На рис. 6 наведена схема розміщення інфрачервоної плівки при її монтажі.

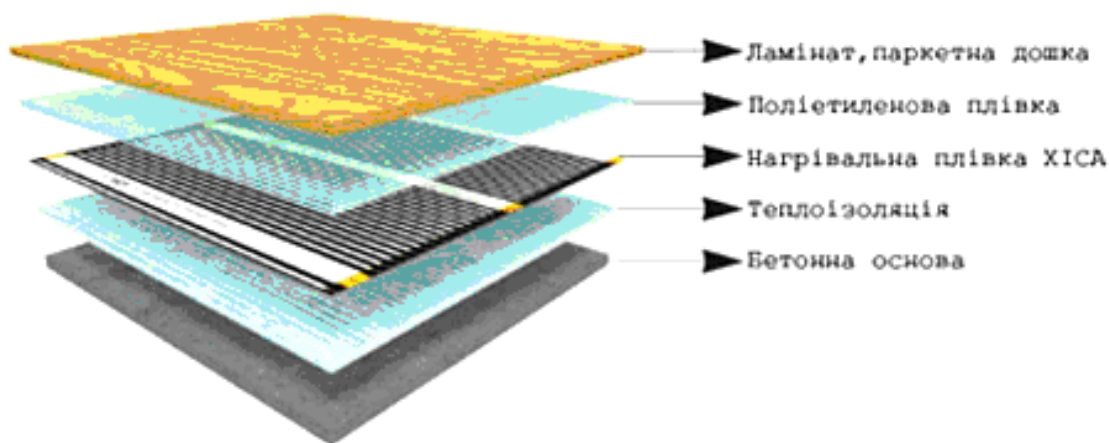


Рис. 6. Схема розміщення інфрачервоної нагрівальної плівки марки XiCA при її монтажі

При експлуатації нагрівальної плівки марки XiCA споживання електроенергії в середньому, у добу, становить від 30 до 50 Вт на метр квадратний у тих приміщеннях, де рівень теплоізоляції відповідає нормам. За рахунок застосування нагрівальної плівки досягається наступний ефект: передача тепла шляхом інфрачервоного довгохвильового випромінювання далекого спектра (швидкість, рівномірність і надійність нагрівання приміщень); простий і швидкий монтаж системи обігріву з мінімальними працезатратами; високий ступінь надійності інфрачервоної плівки (висока міцність, простота конструкції, захист від дрібних ушкоджень, витримує серйозні механічні навантаження на поверхню фінішного підлогового покриття, наприклад, у спортзалах); нагрівання без вогню (відсутність токсичних газів, безпека застосування у приміщеннях, де живуть люди похилого віку або діти); екологічна безпека й безшумність при роботі (підтримка екологічно чистої атмосфери приміщення за рахунок виділення при їхній роботі іонів); економія електроенергії (до 30% у порівнянні з іншими системами електрообігрівання); можливість автоматизації за допомогою централізованої системи керування домашнім опаленням «Розумний будинок».

На ринках України присутні також інфрачервоні плівкові нагрівачі для теплих підлог, що виготовляються компанією Seggi Sentury [12]. Їхня нагрівальна плівка має найвищі КПД і показники енергоефективності в порівнянні з іншими плівками, що випускаються у світі. На їхні суцільні нагрівальні плівки карбонова паста наноситься на 98% її підстави, а на смугасті – на 70%.

Компанія для створення теплих підлог випускає надміцні, стійкі до механічних ушкоджень і сверхгнбкие інфрачервоні нагрівальні плівки наступних марок: Енергія EP-305 і Hi-heat (Рис. 7).

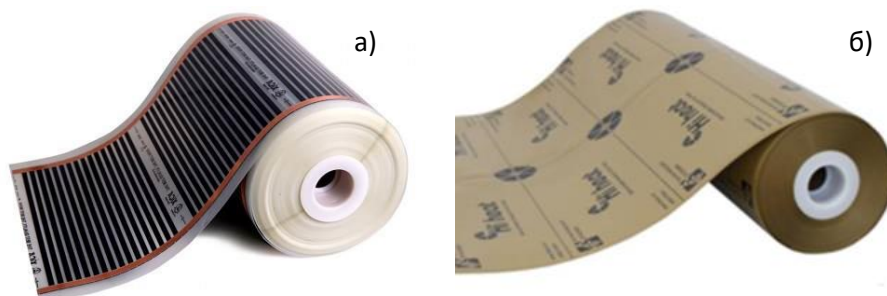


Рис. 7. Загальні види інфрачервоних електричних нагрівальних підлогових плівок марок: а) Енергія EP-305 і б) Hi-heat.

Інфрачервона нагрівальна плівка марки Енергія EP-305 – сучасна нагрівальна плівка, виготовлена зі смуг вуглецевої тканини на ПЕТОснове, які з'єднані між собою за

допомогою мідних шин зі срібним покриттям. Спеціальна сітка на основі срібла виключає можливість появи іскріння в з'єднаннях карбонової нагрівальної пасти з мідною шиною. Завдяки такій сітці плівка марки Enerpia EP-305 більш надійна й безпечна в порівнянні з іншими аналогами. Споживана потужність цієї плівки становить  $220 \text{ W/m}^2 (\pm 10\%)$ , а температура поверхні –  $45^\circ\text{C}$ . Її теплостійкість становить  $60^\circ\text{C}$ . Плівка випускається шириною 50, 80 і 100 см, її товщина становить 0,34 мм.

Інфрачервона нагрівальна плівка для теплої підлоги марки Hi-heat компанією була розроблена в 2011 році. Нагрівальний елемент цієї плівки складається з карбону-графіту, мідної шини, а також армованих електродів. Ця плівка має суцільний карбоно-графітовий шар, що гріє. Вона ізолювана декількома шарами захисних покриттів: негорючий 2-слойний матеріал підвищеної міцності; негорючий водовідштовхувальний шар з поліетилестерофталата; шар еластичного армованого ламіната; прошарок аніона, що сприяє іонізації повітря. Це дозволяє використовувати нагрівальну плівку на підлогах сирих приміщень, лоджій і балконів. Плівка випускається шириною 0,5 і 1 м. Її товщина становить 0,8 мм. Споживана потужність плівки –  $220 \text{ W/m}^2 (\pm 10\%)$ , а температура нагрівання –  $45^\circ\text{C}$ . Енергоспоживання плівки становить 20-60 Вт/годину на  $1 \text{ m}^2$ . Тепла підлога на базі плівки Hi-heat стійка до ушкоджень при різних навантаженнях. Відомі випадки використання такої плівки при розташуванні її під брущаткою. Плівкова тепла підлога з використанням плівки Hi-heat із суцільним шаром, що гріє, виділяє в три рази більше теплової енергії ніж зі смугастими й в 2 рази більше аналогів інших виробників [12].

При використанні в приміщеннях теплих підлог на базі інфрачервоних плівок, що гріють, марок Enerpia EP-305 і Hi-heat швидкості їх прогріву становлять від 5 до 40 хвилин. Довжина хвилі Ік-спектра при включенні в роботу плівкових теплих підлог перебуває в межах від 5 до 22 мкм. Таке довгохвильове випромінювання позитивно сприймається людиною й приносить у ряді випадків оздоровчу користь. При використанні в приміщенні таких плівкових теплих підлог утворюються, так звані, негативно заряджені іони, користь яких для організму людини давно доведена. Інфрачервона плівка не пересушує повітря, знищує грибкові бактерії.

Принципово новою для ринку України є інфрачервона нагрівальна плівка марки ALSON для підлогового використання, яка випускається фінською компанією Heat Plus [13, 14]. Ця плівка складається із двох шарів лавсану, між якими розташована алюмінієва резистивна фольга. Принцип роботи такої плівки дуже простий: електричний струм, що протікає через фольгу, збільшує температуру плівки до  $39-45^\circ\text{C}$ , а та у свою чергу нагріває поверхню підлоги. Інфрачервона плівка, що гріє, марки ALSON – це готовий до установки обігрівач із вбудованими на підприємстві-виготовлювачі «холодними» проводами живлення (приєднання). Ця плівка не ріжеться в розмір. Великий асортимент плівок з різною шириною й довжиною дозволяє оптимально підібрати необхідні для підлоги модулі, що гріють. Відсутність пайки або клепок з'єднань плівки з живильними проводами робить таку систему опалення надійною й безпечною. Вона розрахована на підтримку комфортної температури в приміщеннях у межах  $20-23^\circ\text{C}$ . Плівка марки ALSON має непогану перспективу подальшого розширення області її застосування для обігріву житлових і громадських приміщень.

Таким чином, наведені вище відомості показують, що теплі підлоги на базі інфрачервоних нагрівальних плівок у цей час є одними з найефективніших, економічних і екологічних способів обігріву житлових і громадських приміщень. Тепла підлога комфортна в експлуатації. При включенні в роботу плівкового нагрівача забезпечується рівномірний обігрів покриття пола, а також швидке нагрівання повітря в приміщенні до потрібної температури. Сучасні моделі інфрачервоних плівок вологостійкі. На працездатність системи обігріву не впливають перепади температур (наприклад, зниження температури нижче нуля). При виході з ладу якої-небудь ділянки плівкового покриття підлоги інші його

частини будуть безупинно продовжувати свою роботу. Усі ці й інші гідності сприяють розширенню області застосування такого способу обігріву житлових і громадських приміщень.

**Висновки.** Закордонний і вітчизняний досвід інфрачервоного електричного опалення за допомогою плівкових обігрівачів переконливо довів, що для обігріву житлових і громадських приміщень найбільш ефективним, економічним і екологічним способом є використання підлогових інфрачервоних нагрівальних плівок. Оснащені такими плівками теплі підлоги забезпечують надійний, швидкий і рівномірний прогрів приміщення, створюють комфортний і корисний для здоров'я людини мікроклімат. Такі системи обігріву прості в монтажі й експлуатації. Результативність обігріву, технологічність і рівень автоматизації інфрачервоних підлогових плівкових обігрівачів значно перевищують за своїми показниками традиційні кабельні, а особливо, водяні системи підігріву підлог. Для встаткування теплих підлог у цей час ефективно використовуються інфрачервоні плівки марок: XiCA, Enerpia EP-305, Hi-heat, ALSON. Для зниження витрат електроенергії на опалення житлових і громадських приміщень в Україні доцільно розширювати сферу застосування теплих підлог, оснащених цими сучасними інфрачервоними нагрівальними плівками.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. *Инфракрасная система отопления дома.* URL: <https://sistema-otopleniya.ru/infrakrasnoe-otoplenie/infrakrasnaya-sistema-otopleniya-doma.htm>, 2020. 17 с.
2. Болотских Н.Н. Энергосбережение при инфракрасном отоплении помещений. *Науковий вісник будівництва*, 2016. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, вип. 84. с. 343-349.
3. *Инфракрасная пленка для отопления.* URL: <https://sistema-otopleniya.ru/infrakrasnoe-otoplenie/infrakrasnaya-plenka-dlja-otopleniya-cena>, 2017. 21 с.
4. *Обогрев теплиц зимой.* URL: <http://agrovktor.com/art>, 950. 2015. 3 с.
5. Савйовский В.В., Болотских О.Н. *Ремонт и реконструкция гражданских зданий.* Харьков: И.Д. «Ватерпас», 1999. 288 с.
6. *ЗЕБРА – нагреватель пленочный потолочный.* URL: <http://greemvas.ru/page/princip-deystviya-plenochnyh-obogrevateley-zebra>, 2017. 3 с.
7. Болотских Н.Н. Инфракрасное отопление теплиц с помощью пленочных электронагревателей. *Енергетика. Енергосбереження. Енергоаудит*, 2015. № 9 (140). с. 43-52.
8. Болотских Н.С. Зарубежные технологии инфракрасного обогрева теплиц. *Науковий вісник будівництва*, Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. вип. 1 (79). с. 150-158.
9. Отопление теплиц с подогревом почвы. Украина: «Теплодарець, віддам тепло в добрі руки». URL: <http://teplodarets.com.ua>, 2015. 7 с.
10. *Потолочный ПЛЕН. Основное отопление.* URL: <http://miass-rost.ru/produkt/potolochnyi-plen/>, 2017. 5 с.
11. *Отопление и ремонт. Инфракрасное отопление.* URL: <https://sistema-otopleniya.ru/>

<https://sistema-otopleniya.ru/infrakrasnoe-otoplenie-infrakrasnaya-sistema-otopleniya-doma.htm>, 2020. 11 с.

12. *Инфракрасная нагревательная пленка.* URL: <https://tepliy-pol.com.ua/infrakrasnaya-nagrevatel'naya-plyenka>, 2020. 5 с.
13. *Пленочный потолочный обогрев.* URL: <http://klimat-v.in.ua/greyushchaya-plenka/>, 2017. 7 с.
14. *Отопление и ремонт. Инфракрасное отопление.* URL: <https://sistema-otopleniya.ru/infrakrasnoe-otoplenie/infrakrasnaya-plenka-dlja-otopleniya-cena>, 2020. 19 с.

#### REFERENCES:

1. *Infrakrasnaya sistema otopleniya doma.* URL: <https://sistema-otopleniya.ru/infrakrasnoe-otoplenie/infrakrasnaya-sistema-otopleniya-doma>, 2020. 17 с.
2. Bolotskih N.N. Energoberezhenie pri infrakrasnom otoplenii pomeshenij. *Naukovij visnik budivnictva*, Harkiv: HNUBA, HOTV ABU, 2016. vip. 84. s. 343-349.
3. *Infrakrasnaya plenka dlya otopleniya.* URL: <https://sistema-otopleniya.ru/infrakrasnoe-otoplenie/infrakrasnaya-plenka-dlja-otopleniya-cena>, 2017. 21 с.
4. *Obogrev teplic zimoy.* URL: <http://agrovktor.com/art>, 2015. 950. 3 с.
5. Savjovskij V.V., Bolotskih O.N. *Remont i rekonstrukciya grazhdanskih zdaniy.* Harkov, I.D. «Vaterpas», 1999. 288 s.
6. *ZEBRA – nagrevatel plenochnyj potolochnyj.* URL: <http://greemvas.ru/page/princip-deystviya-plenochnyh-obogrevateley-zebra>, 2017. 3 s.
7. Bolotskih N.N. Infrakrasnoe otoplenie teplic s pomoshyu plenochnyh elektronagrevatelej. *Energetika. Energoberezhenie. Energoaudit*, 2015. № 9 (140). s. 43-52.
8. Bolotskih N.S. Zarubezhnye tehnologii infrakrasnogo obogreva teplic. *Naukovij visnik*



- budivnictva, Harkiv: HNUBA, HOTV ABU, 2015. vip. 1 (79). s. 150-158.
9. *Otoplenie teplic s podogrevom pochvy. Ukraina: «Teplodarec, viddam teplo v dobri ruki».* URL: <http://teplodarets.com.ua>, 2015. 7 s.
  10. *Potolochnyj PLEN. Osnovnoe otoplenie.* URL: <http://miass-rost.ru/produkt/potolochnyi-plen/>, 2017. 5 s.
  11. *Otoplenie i remont. Infrazasnoe otoplenie.* URL: <https://sistema-otopleniya.ru/stati/infrazasnoe-potolochnoe-otoplenie-zagorodno-go>, 2020. 11 c.
  12. *Infrazasnaya nagrevatel'naya plenka.* URL: <https://teplyi-pol.com.ua/infrazasnaya-nagrevatel'naya-plyenka>, 2020. 5 c.
  13. *Plenochnyj potolochnyj obogrev.* URL: <http://klimat-v.in.ua/greyushchaya-plenka/>, 2017. 7 s.
  14. *Otoplenie i remont. Infrazasnoe otoplenie.* URL: <https://sistema-otopleniya.ru/infrazasnoe-otoplenie/infrazasnaya-plenka-dlja-otopleniya-cena>, 2020. 19 c.

**Bolotskikh O.N., Bolotskikh N.S. INFRARED ELECTRIC FILM UNDERFLOOR HEATING SYSTEMS FOR RESIDENTIAL AND PUBLIC AREAS.** Modern infrared electric film floor heaters are presented, the device is described, and their technological characteristics are given, a brief analysis of infrared heating films is given, recommendations are given on the further use of electric film floor heaters for heating residential and public premises in Ukraine in order to reduce energy consumption.

**Key words:** infrared heating, film heater, infrared film, warm floor, heating elements.

doi.org/10.29295/2311-7257-2020-102-4-181-189

УДК 621.162

**Фідровська Н.М.<sup>1</sup>, Слепужніков Є.Д.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет  
(вул. Ярослава Мудрого, 25, Харків, 61002, Україна; E-mail: [nfidrovskaya@ukr.net](mailto:nfidrovskaya@ukr.net);  
orcid.org/0000-0002-5248-273X)

<sup>2</sup>Національний університет цивільного захисту України  
(вул. Чернишевська, 94, Харків, 61023, Україна; E-mail: [slepuzhnikov@nuczu.edu.ua](mailto:slepuzhnikov@nuczu.edu.ua);  
orcid.org/0000-0002-5449-3512)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВІБРАЦІЙНИХ ОЗНАК У ВЕРТИКАЛЬНОМУ НАПРЯМІ НА ШТАТНИХ ХОДОВИХ КОЛЕСАХ ВАНТАЖНОГО ВІЗКА МОСТОВОГО КРАНА

В статті розглянуто експериментальні дослідження формування віброприскорень у вертикальному напрямі в осі з штатними ходовими колесами. Дослідження формувань віброприскорень проводилось під час пересування вантажного візка мостового крана. Найбільш швидко зношуваний елемент крана, це кранові колеса. Зменшення часу їх роботи приводить до збільшення витрат на ремонтні роботи. Тому, підвищення терміну експлуатації кранових ходових коліс за рахунок їхньої модернізації, досить актуальна задача для сучасного кранобудування. Сучасні конструкції кранових ходових коліс досить жорсткі та не сприймають перекося і поштовхи, які виникають при відхиленні рейкового шляху від рекомендованих значень. Це приводить до значного зносу рейок та реборд ходових коліс.

Для перевірки теоретичних даних, які були отримані раніше, був проведений експеримент на мостовому крані вантажопідйомністю 5 т., прогоном 22,5 м., висотою підйому 8 м., режимом роботи 7 К. Дослідження формування вібраційних ознак у вертикальному напрямі було проведене на осі веденого штатного ходового колеса вантажного візка мостового крана.

Також проведений аналіз закономірності формування вібраційних ознак під час руху вантажного візка мостового крана на різних швидкостях, а також на різних його робочих режимах.

**Ключові слова:** колесо ходове, вібрація, вантажний візок, мостовий кран.

**Вступ.** Мостові крани знаходять велике застосування в різних галузях народного господарства для внутрішньоскладських та внутрішньоцехових вантажно-розвантажувальних робіт. Тому забезпечення їх надійної і безперебійної роботи являється досить актуальною задачею [1, 2]. Безперебійна тривалість роботи мостового крана в більшій мірі залежить від довговічності його металоконструкції [3, 4]. Металоконструкція крана сприймає досить значні змінні навантаження [5, 6]. Циклічність в роботі мостового крана викликає швидкозмінні процеси навантажень не тільки в часі, але і з величини [7, 8]. Це потребує