

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ІНФРАЧЕРВОНОГО ВИПРОМІНЮВАЧА ДЛЯ СУШІННЯ САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНОГО ПАПЕРУ

Новохат О.А., ст. викл., Татарчук О.О., магістрант

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ

В роботі приведені результати дослідження роботи електричного інфрачервоного випромінювача, що застосовується для сушіння санітарно-гігієнічного паперу.

Results of investigation of electric infrared emitter used for drying hygienic paper are presented in this article.

Ключові слова: Сушіння, санітарно-гігієнічний папір, інфрачервоне випромінювання, вологовміст.

Целюлозно-паперове виробництво є одним з найбільш енергоємних в Україні. При цьому найбільші енергетичні витрати виникають при подрібненні сировини та сушінні паперового полотна. Останнє вимагає застосування великої кількості пари, при виробництві якої, зазвичай, використовують природний газ. В зв'язку з подорожчанням світових цін на газ стає актуальним застосування альтернативних джерел енергії при сушінні, в тому числі і паперового полотна.

В Україні для сушіння паперу зазвичай застосовують контактний метод сушіння на сушильних циліндрах. Відомо, що період прогріву при сушінні паперового полотна обмежується теплопровідністю вологого матеріалу [1]. В свою чергу, це зумовлює збільшення часу прогріву і, відповідно, збільшення загальної кількості сушильних циліндрів та витрати пари.

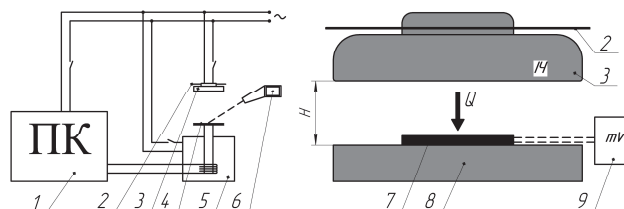
Аналіз літературних джерел показав, що інфрачервоне випромінювання має здатність проникати в увесь об'єм матеріалу, прогриваючи як верхні, так і нижні шари паперу одночасно [2]. Це зумовлює більш швидкий прогрів та зменшення загального часу сушіння.

Інфрачервоні випромінювачі, що застосовуються у виробництві, бувають двох типів: газові та електричні. Останні за рахунок більшої температури робочої поверхні дають змогу отримати більшу щільність теплового потоку [2].

До недоліків електричних інфрачервоних випромінювачів можна віднести підвищені вимоги до заходів протипожежної безпеки та вимоги до техніки безпеки при роботі з ними. Це пов'язано з високою температурою робочої поверхні інфрачервоного випромінювача.

Для визначення роботи електричного інфрачервоного випромінювача розроблена дослідна установка, зображена на рис.1. Зліва зображена варіація установки для визначення зміни маси та температури паперу, а справа – для визначення щільності теплового потоку.

При проведенні дослідів використано електричний керамічний інфрачервоний випромінювач типу ЕСР4, нагрівальним елементом якого є реостатна проволочка, що залита в керамічний корпус. Потужність випромінювача становить 1 кВт з розмірами робочої поверхні 120 на 120 мм. Щільність теплового потоку регулюється за допомогою зміни відстані між випромінювачем та папером, що розміщений на вагах. Останні підключені до персонального комп'ютера. Це дозволяє отримувати по два-три значень показань маси зразка вологого санітарно-гігієнічного паперу за секунду. Температура поверхні вимірюється за допомогою пірометра. В якості зразків використано туалетний папір з масою квадратного метра 32 г/м². Площа поверхні випромінювача повністю покриває поверхню паперу. Паровідведення відбувалося за рахунок вільної конвекції.



1 – персональний комп'ютер; 2 – рефлектор; 3 – електричний інфрачервоний випромінювач; 4 – папір; 5 – ваги; 6 – пірометр; 7 – датчик; 8 – тепловідвідна пластина; 9 – мілівольтметр

**Рис. 1 – Дослідна установка сушіння санітарно-гігієнічного паперу (зліва)
та визначення щільності теплового потоку (справа)**

Щільність теплового потоку зазвичай визначається за допомогою значень температури поверхонь випромінювача та матеріалу, на який потрапляє енергія від інфрачервоного випромінювання. Проте в зв'язку з особливістю конструкцій електричного випромінювача температура його поверхні в різних точках різна. Тому для визначення щільності теплового потоку розроблено дослідну установку (рис. 1, справа). Так, при проходженні теплового потоку через датчик ПТП-04т в ньому виникає електрорушійна сила (ЕРС), що фіксується мілівольтметром. За значення ЕРС за відомим перевідним коефіцієнтом визначається щільність теплового потоку в Вт/м². Результати вимірювань зображено на рисунку 2.

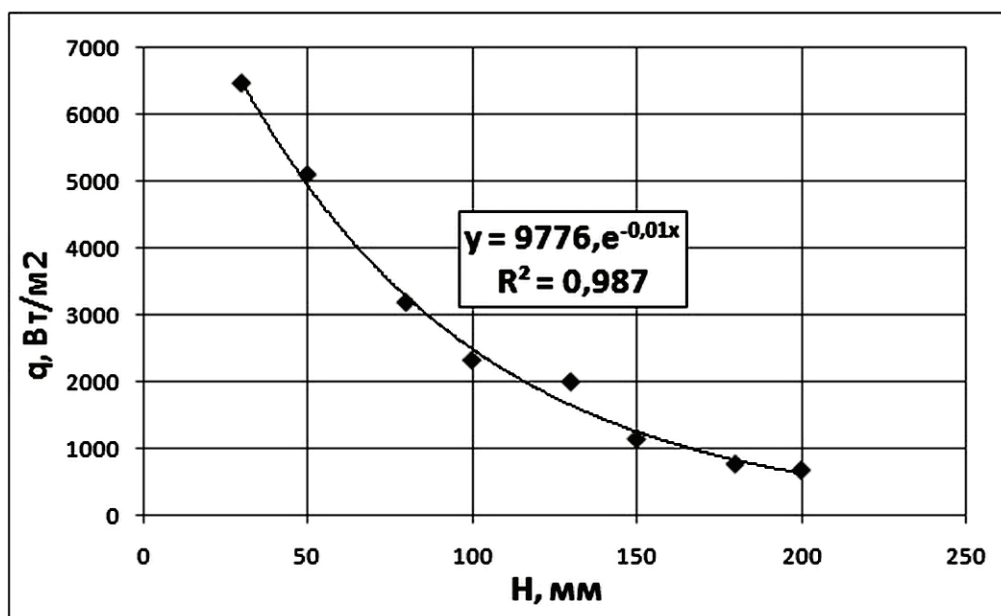


Рис. 2 – Залежність відстані Н, мм від щільності теплового потоку q, Вт/м²

Як видно з рисунку 2, залежність щільності теплового потоку від відстані між папером та робочою поверхнею інфрачервоного випромінювача описується експоненціальним рівнянням:

$$y=9776e^{-0,014x}$$

Величина щільності теплового потоку в залежності від відстані Н, мм представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Визначення щільності теплового потоку

Н, мм	30	50	80	100	110	130	150	180	200
Q, Вт/м ²	6423	4855	3190	2411	2096	1584	1197	787	594

Зміну маси вологого санітарно-гігієнічного паперу (криві сушіння) при різній щільності теплового потоку зображено на рисунку 3.

При цьому зміна температури поверхні вологого санітарно-гігієнічного паперу, що сушиться, зображено на рисунку 4.

Як вже було сказано, недоліком електричних інфрачервоних випромінювачів є висока температура поверхні, що може викликати займання паперового полотна при його обриві. Для визначення інерційності випромінювача в разі екстреного відключення визначено час його охолодження. Також визначено час розігріву, тобто час виходу на стаціонарний режим. Результати досліджень зображено на рисунку 5.

Аналізуючи вище наведені графіки, можна зробити такі висновки:

- при зменшенні відстані між робочою поверхнею електричного інфрачервоного випромінювача та поверхнею, на яку падає тепловий потік, щільність теплового потоку збільшується по експоненційному закону;
- зі збільшення теплового потоку швидкість сушіння зростає, а час сушіння зменшується;
- періоди сушіння зменшуються зі збільшення щільності теплового потоку;
- перший і другий періоди сушіння мають лінійний характер;
- швидкість в першому періоді найбільша;
- при великих значеннях щільності теплового потоку папір висушується вже в першому періоді;
- продовження зменшення маси паперу при досягненні маси абсолютно сухого відповідного зразку паперу до його зволоження свідчить про явище деструкції;

- при високій щільності теплового потоку можливе явище деструкції та займання паперу при досягненні відповідної температури;
- доцільно використовувати високі щільності теплового потоку в періоди прогріву та на початку першого періоду для мінімізації явища деструкції;
- електричний інфрачервоний випромінювач інертний - досить повільно нагрівається до максимуму та досить повільно охолоджується. Останнє вимагає створювати допоміжні засоби протипожежної безпеки.

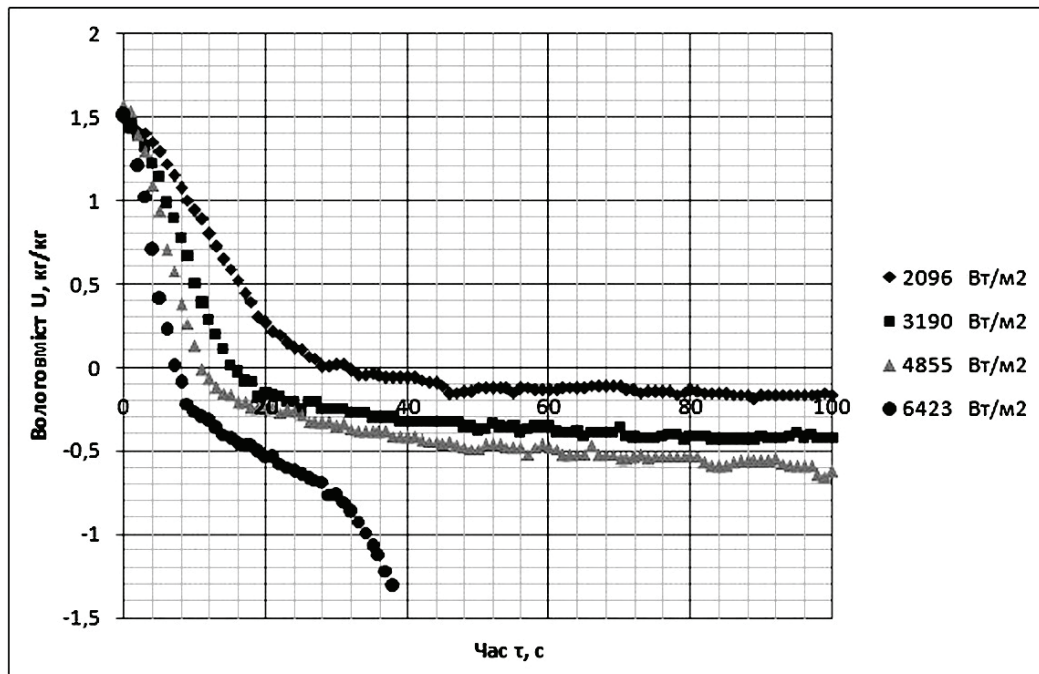


Рис. 3 – Криві сушіння санітарно-гігієнічного паперу

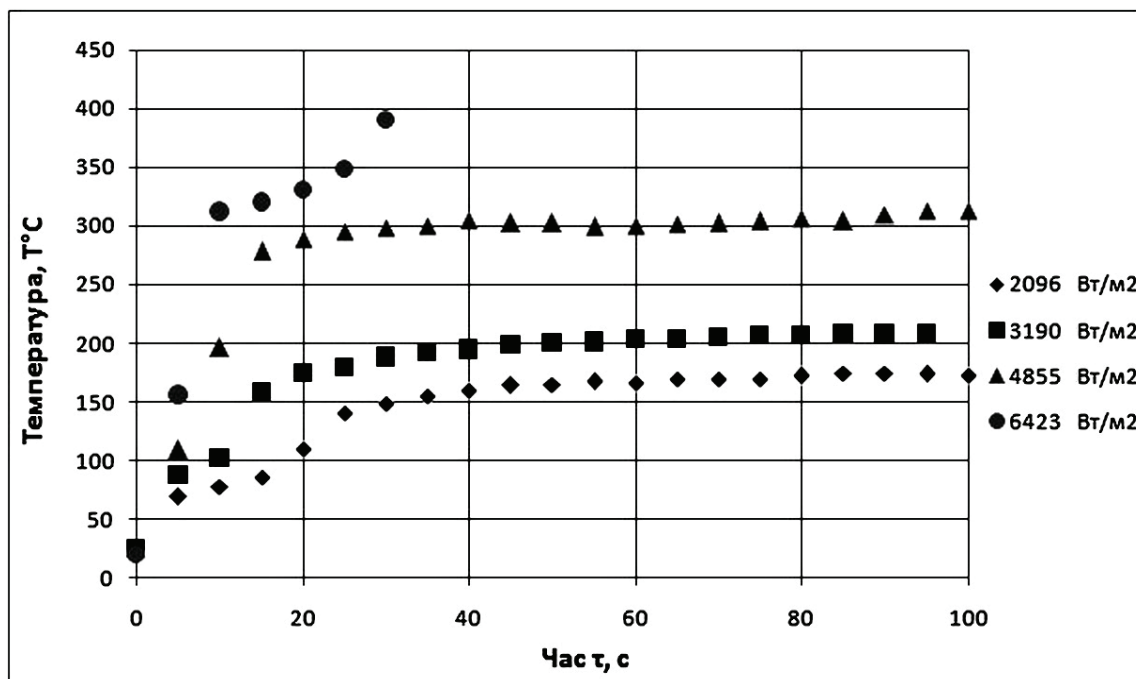


Рис. 4 – Зміна температура поверхні паперу

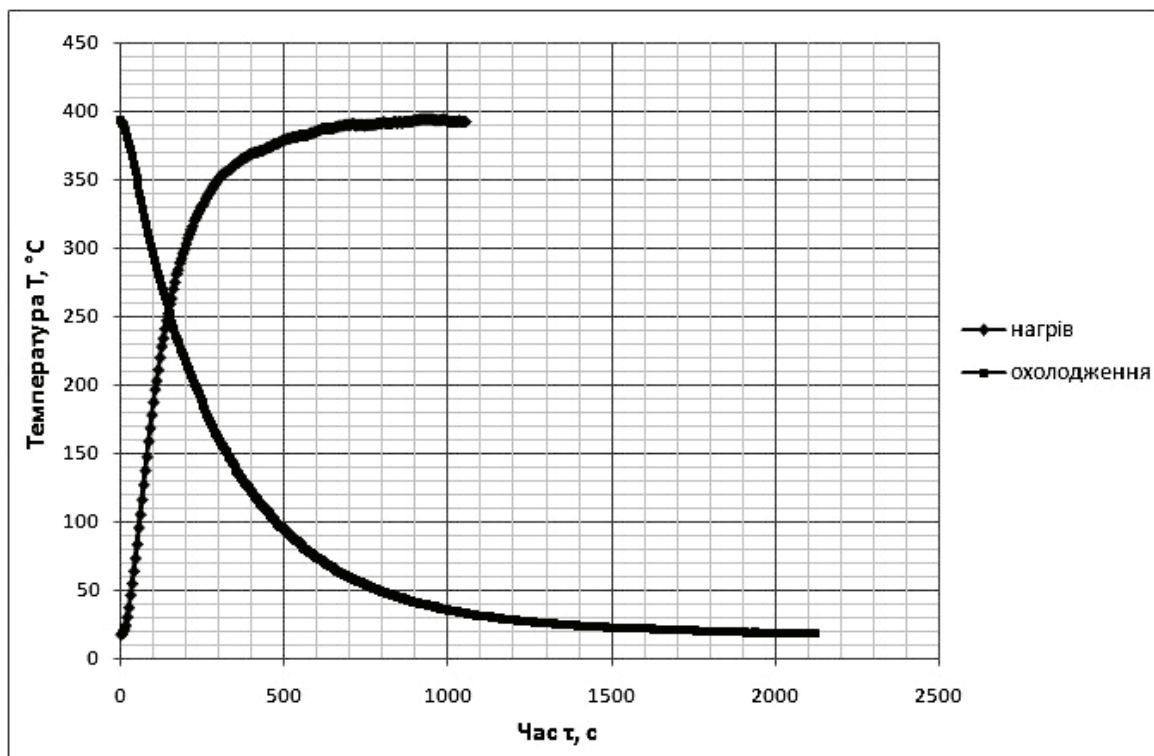


Рис. 5 – Нагрів та охолодження поверхні випромінювача

Література

1. Лыков М. В. Сушка в химической промышленности – М.: Химия, 1970. – 483с.
2. J. Seyed-Yagoobi and H. Noboa. Heating/drying of uncoated paper with gas-fired infrared emitters – fundamental understanding. – Proceedings of the 14th International Drying Symposium (IDS 2004) August 2004, vol. B, pp. 1217 – 1224.

УДК 536.27

РАЗРАБОТКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫХ ТРУБЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

Грабов Л.Н., канд. техн. наук, вед. науч. сотр., Чалаев Д.М., канд. техн. наук, вед. науч. сотр.,
Переславцева Е.А., канд. техн. наук, вед. науч. сотр., Сильягина Н.Б., науч. сотр.
Институт технической теплофизики НАН Украины, г. Киев

Проведены теоретические и экспериментальные исследования теплообмена в трубах с дискретными турбулизаторами. Получены критериальные зависимости для расчета теплообменных аппаратов на основе таких труб. Создан энергоэффективный теплообменник нового поколения на основе профилированных труб.

Experimental and theoretic investigations of heat transfe in pipes with descrete turbulator had been carried out. Criterial relationships for calculation of heat exchangers with similar pipes had been obtained. The new energy save heat exchanger of new generation on the base of this pipes had been developed.

Ключевые слова: теплообменник, профилированные трубы, дискретные турбулизаторы, гидравлическое сопротивление, коэффициент теплопередачи.

Теплообменные аппараты занимают важное место в промышленной теплоэнергетике, химической и пищевой промышленности, в ЖКХ и других отраслях.