

УДК 614.842

В.І. Желяк, к.т.н., доц., О.В. Лазаренко, к.т.н., А.Я. Регуш, к.т.н.,  
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

## ДОСЛІДЖЕННЯ АДЕКВАТНОСТІ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛООВОГО ПОТОКУ ВИПРОМІНЮВАННЯ ВІД ПАЛАЮЧОГО ШТАБЕЛЯ З ДЕРЕВИНОЮ

Проведено експериментальне визначення густини теплового потоку від штабеля з деревиною з подальшим порівнянням отриманих експериментальних значень з розрахунками, отриманими за двома відомими методиками. Порівняння отриманих результатів дає підстави вважати про більшу точність прогнозування теплового потоку при використанні однієї з методик, використання якої дозволяє краще прогнозувати необхідні сили та засоби для ліквідації надзвичайних ситуацій, пов'язаних з пожежами на об'єктах відкритого зберігання лісоматеріалів.

**Ключові слова:** густина теплового потоку, штабель з деревиною, методика розрахунку.

**Постановка проблеми.** Деревообробна промисловість України виробляє більш ніж 300 найменувань товарної продукції, яка поставляється як на внутрішній, так і зовнішній ринок. За даними Державного комітету статистики України, обсяги виробництва продукції деревообробної промисловості складають близько 7796,5 млн. грн. Основні лісозаготівельні райони України Українські Карпати (Івано-Франківська і Закарпатська області) і Полісся (Волинська, Житомирська, Київська, Чернігівська області). Таким чином можна стверджувати, що об'єктів по зберіганню та переробки деревини на Україні є досить велика кількість і питання забезпечення пожежної безпеки на даних об'єктах є актуальним.

З точки зору пожежної безпеки дані об'єкти мають значне питоме пожежне навантаження (від 200 кг/м<sup>2</sup> та більше) і гасіння пожеж на цих об'єктах супроводжується залученням значної кількості сил та засобів. Однією з особливостей гасіння пожеж на даних об'єктах є наявність значних теплових потоків значення яких може сягати до 40 КВт/м<sup>2</sup>, що суттєво ускладнює проведення оперативних дій.

**Аналіз останніх досягнень і публікацій.** З метою забезпечення керівника гасіння пожежі інформацією про оперативно-тактичну характеристику об'єкта, надання можливості попереднього прогнозування можливої обстановки на об'єкті в разі виникнення пожежі, планування основних тактичних дій пожежно-рятувальних підрозділів по гасінню пожежі на об'єктах зберігання, переробки деревини і виробництва целюлози необхідно складати плани пожежогасіння [1]. Проте на сьогоднішній день відсутні вітчизняні методики та рекомендації, щодо визначення прогнозованої густини теплового потоку випромінювання від штабелів з деревиною, які горять, як в окремих методичних розробках, так і в рекомендаціях по гасінню пожеж на підприємствах деревообробної і целюлозно-паперової промисловості [2]. Для розрахунку прогнозованої густини теплового потоку випромінювання від штабеля палаючої деревини можна скористатися існуючими закордонними розробками, наприклад російськими [3, 4].

**Постановка задачі та її розв'язання.** Метою роботи є здійснення аналізу відомих методик щодо розрахунку густини теплового потоку від штабеля з деревиною, а також порівняння із експериментальними результатами. За результатами аналітичного (з використанням існуючої методики розрахунку) та експериментального визначення визначити найбільш точний аналітичний опис визначення густини теплового потоку від штабеля з деревиною.

**Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.**

Проведений аналіз вказаних методик показав, що основним рівнянням для визначення густини теплового потоку на деякій відстані від штабеля деревини в них використовується наступне:

$$q = I_0 \cdot \varphi_{12} \quad (1)$$

де  $I_0$  - густина теплового потоку в осередку палаючого штабеля;

$\varphi_{12}$ - безрозмірний коефіцієнт взаємного опромінення.

Безрозмірний коефіцієнт взаємного опромінення, який визначається в залежності від параметрів  $x$ ,  $y$  та  $b$ .

$$x = \frac{a}{r}, \quad y = \frac{b}{r}, \quad (2)$$

де:  $a$  – напівширина випромінюючої поверхні штабеля, м;  $b$  – напіввисота випромінюючої поверхні, м;  $r$  – відстань від випромінюючої поверхні штабеля до об'єкту захисту, м; (рис. 1).

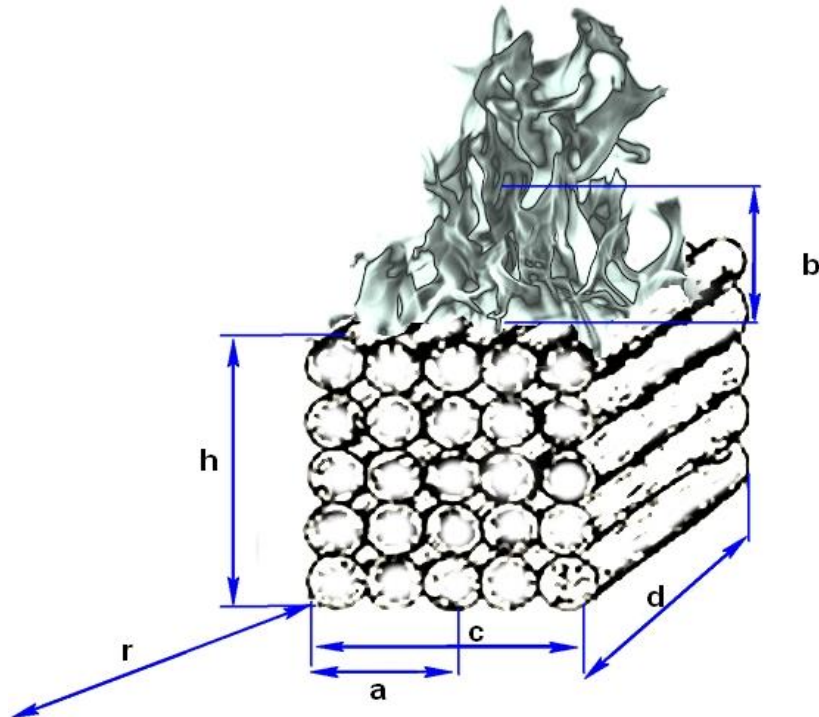


Рисунок 1– Геометричні параметри штабеля з деревиною.

В методиці, що наведено в роботі [3], напіввисота випромінюючої поверхні  $b$  визначається

$$b = \frac{h}{2}(1+k), \quad (3)$$

де:  $h$  – висота штабеля, м;  $k$  – коефіцієнт, який враховує висоту факела полум'я:  $k = 2$  - для штабеля круглого лісу;  $k = 3$  - для штабеля розпиляного лісу.

Але як стверджується в роботі [4], значення густини теплового потоку в осередку палаючого штабеля  $I_0 = 162$  кВт/м<sup>2</sup> та використання залежності (2) для визначення напіввисоти випромінюючої поверхні  $b$  приводить до отримання завищених показників густини теплового потоку і як наслідок, необхідність залучення більшої кількості сил і засобів для гасіння пожежі. В роботі [4] запропоновано замінити значення  $I_0$  на 111 кВт/м<sup>2</sup> та визначити величину  $b$  наступним чином:

$$b = \frac{h_{пол}}{2}, \quad (4)$$

де висота полум'я  $h_{пол}$  визначається наступним чином:

- при висоті штабеля  $h \leq 3$  м  $h_{пол} = 3$  h;
- при висоті штабеля  $3$  м  $< h \leq 6$  м  $h_{пол} = 2,5$  h;
- при висоті штабеля  $6$  м  $< h \leq 12$  м  $h_{пол} = 2$  h.

Для порівняння адекватності отриманих значень густини теплового потоку в результаті обчислень за залежностями, запропонованими в роботах [3] та [4] нами було проведено експериментальне визначення густини теплового потоку випромінювання від штабеля деревини геометричними розмірами  $c = 4$  м,  $d = 3$  м,  $h = 3$  м (рис. 1) з подальшим порівнянням отриманих значень з теоретичними розрахунками.



Рисунок 2 – Експериментальне визначення густини теплового потоку випромінювання від штабеля з деревиною.

**Методика проведення експерименту:**

- Штабель формувався з сухих соснових дощок складених одна на одну до формування штабеля відповідних геометричних розмірів;
- Після запалювання штабеля та досягнення густини теплового потоку, на відстані п'ять метрів від штабеля –  $20$  кВт/м<sup>2</sup> здійснювалось визначення густини теплового потоку через кожні 30 секунд;
- Визначення густини теплового потоку проводилося за допомогою приладу ВТП-01 з максимальною похибкою вимірювання 2%;
- За результатами серії експериментів були отримані значення густини теплового потоку, наведені в табл. 1.

Теоретичний розрахунок густини теплового потоку від штабеля з деревиною розмірами  $c = 4$  м,  $h = 3$  м,  $d = 3$  м на відстані  $r = 5$  м дав наступні результати:

- за методикою [3]:

$$x = \frac{2}{5} = 0,4, \quad x = \frac{4}{2} = 2, \\ y = \frac{6}{5} = 1,2, \quad b = \frac{3}{2}(1+3) = 6,$$

значення коефіцієнта  $\varphi_{12}$  становить: 0,30117.

$$q = I_0 \cdot \varphi_{12} = 162 \cdot 0,30117 = 24,8 \text{ кВт/м}^2.$$

- за методикою [4]:

$$x = \frac{2}{5} = 0,4, \quad a = \frac{4}{2} = 2, \\ y = \frac{4,5}{5} = 0,9, \quad b = \frac{3 \cdot 3}{2} = 4,5$$

значення коефіцієнта  $\varphi_{12}$  становить: 0,22370

$$q = I_0 \cdot \varphi_{12} = 111 \cdot 0,22370 = 24,8 \text{ кВт/м}^2.$$

Таблиця 1 – Результати вимірювання густини теплового потоку від штабеля з деревиною (4×3×3) на відстані 5 метрів

№ п.п.	Густина теплового потоку, кВт/м <sup>2</sup>	Середнє значення густини теплового потоку, кВт/м <sup>2</sup>
1.	20,5	22,63
2.	20,1	
3.	19,34	
4.	21,65	
5.	20,23	
6.	23,15	
7.	23,01	
8.	22,04	
9.	24,1	
10.	26,02	
11.	25,57	
12.	25,89	

**Висновки.** Порівняння розрахункових значень з експериментальними дає підставу стверджувати, що результати, отримані за залежностями, запропонованими в роботі [4] краще корелюються з значеннями густини теплового потоку, отриманими дослідним шляхом. Розбіжність між розрахунковим та середньоарифметичним експериментальним значенням складає 8,75%, що вказує на ефективність даної методики.

Таким чином можна стверджувати, що методика прогнозування величини густини теплового потоку від штабеля з деревиною, наведена в роботі [4] дає результат, близький до реального і може бути використана при розробці планів пожежогасіння на об'єктах відкритого зберігання лісоматеріалів.

**Перспективи подальших досліджень.** В подальших наукових дослідженнях доцільно провести експериментальні дослідження з визначення густини теплового потоку в залежності від виду деревини та її вологості.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Наказ МНС №1021 від 23.09.2011. Про затвердження Методичних рекомендацій зі складання та використання оперативних планів і карток пожежогасіння.
2. Наказ МНС України № 575 від 13.03.2012 року. Статут дій в надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів оперативно-рятувальної служби цивільного захисту.
3. Рекомендации по тушению пожаров на открытых складах лесоматериалов. - М.: ВНИИПО МВД России. 1995. – 76 с.
4. Гундар С.В., Подгрушный А.В. О защите штабелей лесоматериалов от теплового излучения при пожарах на открытых складах // Докл. Тринадцатой научно-технич. конф. «Системы безопасности СБ-2004». – М.: АГПС МЧС России, 2004. – С. 187-189.