

УДК 614.843 (075.32)

О.М. Коваль, к.т.н.,
Головне управління державної служби України з надзвичайних ситуацій
у Львівській області

ШВИДКІСТЬ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ФРОНТУ ПОЖЕЖІ НА ВІДКРИТИХ СКЛАДАХ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ

На підставі аналізу процесу розвитку та поширення пожежі в залежності від місця її виникнення на відкритих складах пиломатеріалів деревообробних підприємств та з урахуванням швидкості вітру розглянуто швидкість розповсюдження фронту пожежі. З використанням графових моделей варіантів розповсюдження пожежі встановлено, що найменша тривалість розповсюдження фронту пожежі буде у випадку, коли вона виникне в центрі кварталу склада. На підставі результатів аналізу швидкості розповсюдження фронту пожежі є можливість розробити напрямки для прогнозування заходів до зменшення ризику виникнення пожежі, а у випадку її виникнення до зменшення площі її розповсюдження, що є дуже важливим для зменшення збитків від пожежі.

Ключові слова: пожежа, склад пиломатеріалів, штабель, швидкість розповсюдження фронту пожежі, конвективна колонка, теплове випромінювання.

Постановка проблеми. Найбільш небезпечними пожежами є пожежі на відкритих складах пиломатеріалів. Такі пожежі в більшості випадків мають вигляд масової пожежі. Вивчення пожеж на відкритих складах пиломатеріалів, наприклад, в Росії було розпочато в 50 – 60 роки минулого століття на результатах експериментальних досліджень з використанням натурних об'єктів. Результати, які були отримані на підставі експериментальних досліджень, дозволили отримати деякі кількісні оцінки за фізичними чинниками горіння штабелів, але по суті отримані результати являються не відтворюваними. Тому процес горіння на відкритих складах пиломатеріалів почали розглядати на моделях. Але використання існуючих математичних моделей для розгляду розвитку та поширення пожежі на відкритих складах пиломатеріалів не дозволяє забезпечити всіх можливих пожежних ситуацій. Виходячи з цього ставиться проблема розроблення удосконаленої методології визначення швидкості розповсюдження пожежі на відкритих складах пиломатеріалів від можливих пожежних ситуацій, а розв'язання цієї проблеми є важливою і актуальною задачею сьогодення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перша робота стосовно розвитку та поширенню пожеж на відкритих складах пиломатеріалів була розглянута на 10-му Симпозіуму по процесах горіння на пожежах в 1965 році в м. Піттсбург (США) за результатами досліджень [1]. Механізм поширення пожежі був представлений у вигляді розповсюдження іскор і головешок, що горять, які розлітаються під дією конвективної колонки, що утворюється над осередком пожежі. Цей механізм поширення пожежі на відкритих складах був розвинутий в кандидатській дисертації М.С. Артемьєва, яка була захищена в 1981 році в м. Москві (ВІПТШ). За результатами робіт П.П. Девлишева та І.О. Іванова [2, 3] були отримані емпіричні залежності для визначення швидкості розповсюдження фронту пожежі по штабелях на складах пиломатеріалів. Але ці залежності неможливо використовувати для розрахунку швидкості розповсюдження фронту пожежі по території складу пиломатеріалів, тому що вони не враховують протипожежних розривів між штабелями.

При розгляді процесу розповсюдження пожежі по території складу пиломатеріалів враховують теплове випромінювання та вплив вітру на швидкість розповсюдження фронту пожежі, а також положення факела полум'я в просторі, тобто на його кут нахилу відносно вертикальної осі. Крім цього, враховують перекидання вітром іскор і головешок, що горять,

на деревину сусіднього штабеля, які також сприяють поширенню пожежі [4]. Аналіз основних робіт по сучасному стану в галузі моделювання процесу поширення пожежі по території відкритого складу пиломатеріалів показує, що на сьогоднішній день відсутні удосконалені методики для визначення швидкості її поширення. Тому ставиться мета, розв'язування якої до деякої міри дозволить ліквідувати ці недоліки для того, щоб на підставі отриманих даних була можливість розробити додаткові заходи протипожежної безпеки на цих складах.

Мета роботи. Удосконалити на підставі моделювання методику визначення швидкості розповсюдження фронту пожежі на відкритих складах пиломатеріалів.

Постановка задачі та її розв'язання. За основу для постановки задачі приймаємо рекомендації [5]. На підставі рекомендацій [5] розглянемо план розташування штабелів одного квартала складу пиломатеріалів (рис. 1).

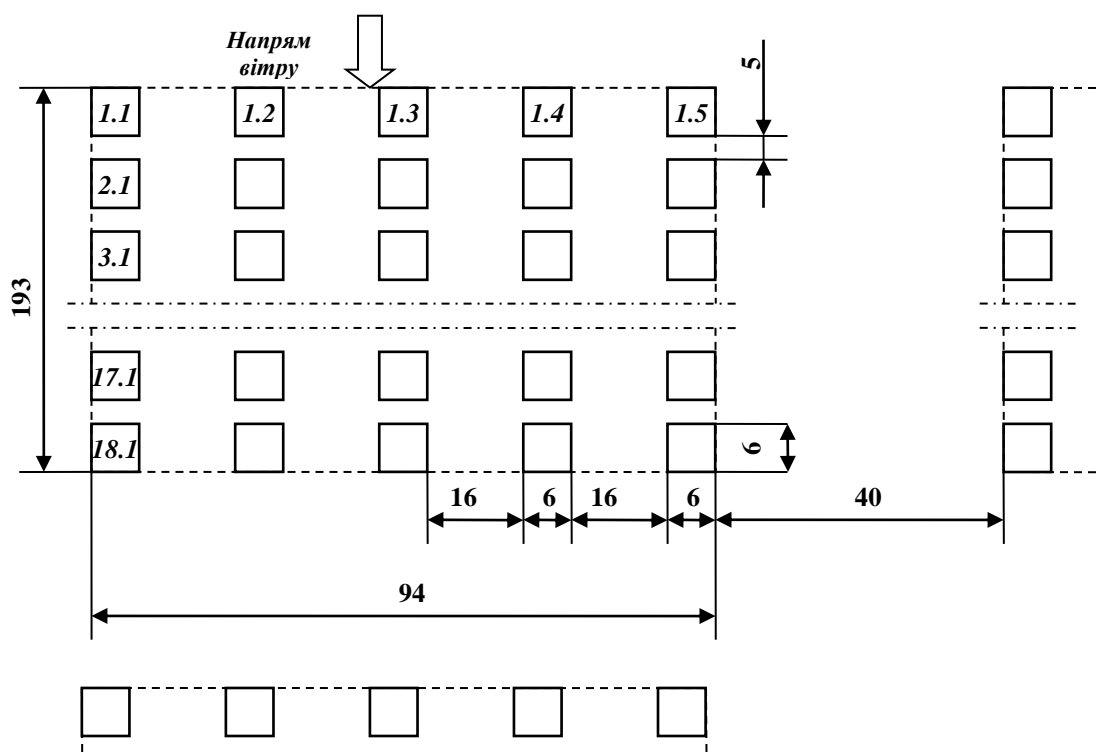


Рисунок 1 – План відкритого складу пиломатеріалів.

Основні параметри одного квартала складу: штабелі розміром $b \times l \times h = 6 \times 6 \times 5$ м; ширина повздовжніх розривів між штабелями $b_{нов} = 16$ м; ширина поперечних розривів між штабелями $b_{non} = 5$ м; загальна кількість повздовжніх рядів квартала 5 сумарною шириною 94 м; загальна кількість поперечних рядів 18 сумарною довжиною 193 м; загальна площа квартала $18142 \text{ м}^2 \approx 1,8$ га; протипожежні розриви між кварталами при висоті штабелів 5 м дорівнюють 40 м.

Для розгляду задачі визначення швидкості розповсюдження фронту пожежі на відкритих складах пиломатеріалів на основі побудови графів моделей варіантів пожежних ситуацій, скористуємося методологією та результатами, які наведені в роботі [6]. На підставі даних роботи [6] швидкість розповсюдження фронту полум'я V_{II} по одному штабелю:

$$V_i = \frac{7,5\psi_n}{K_p \omega (Kh)^{0,33} (KL_o)^{0,2}} \left[1 + \frac{0,016V_a K_p \omega (Kh)^{0,33} (KL_o)^{0,2}}{7,5\psi_n} \right], \text{ м/с} \quad (1)$$

де ψ_n – питома швидкість вигорання, $\text{кг/м}^2\text{с}$; K_p – густина укладки пиломатеріалів;

$$K_{\rho} = \frac{V_{\delta}}{V_{\phi}}; \quad (2)$$

V_{δ} – об'єм деревини в штабелі, м³; V_{ω} – об'єм штабеля пиломатеріалів ($b \times l \times h$), м³; ω – вологість деревини, %; K – величина поверхні деревини в одиниці об'єма штабеля, м²;

$$K = (1 \cdot z^2) 2zK_{\rho}, \text{ м}^2; \quad (3)$$

z – кількість рядів пиломатеріалу на висоті 1 м; h – висота штабеля, м; V_{ϕ} – швидкість вітру, м/с; L_{ϕ} – довжина фронту полум'я, м.

Час τ_{ω} , за який верхня площа штабеля буде охоплена полум'ям визначаємо за залежністю:

$$\tau_{\phi} = \frac{l}{V_{\phi}}, \text{ с.} \quad (4)$$

Згідно даних роботи [6], для розповсюдження пожежі по штабелях від теплового випромінювання факела полум'я одного штабеля необхідно визначити густину потоку q_p результуючого випромінювання від штабеля, який горить:

$$q_p = \frac{\sigma(T_{\delta}^4 - T_{\phi}^4)}{\frac{1}{A_{\delta}} + \frac{1}{A_{\phi}} - 1 + \frac{3\bar{\alpha}\delta}{4}}, \text{ Вт/м}^2 \quad (5)$$

де $\sigma = 5,7 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²К⁴) – стала Стефана – Больцмана; T_{ϕ} – температура факела, К; T_{δ} – температура займання деревини, К (згідно із даними [7] температура займання деревини сосни вологістю 8-9% дорівнює 528 К, ялини – 487 К, дуба – 511 К); $A_{\phi} = 0,9$ – ступінь чорноти факела полум'я [4]; $A_{\delta} = 0,6$ – ступінь чорноти деревини штабеля [4]; $\bar{\alpha}$ – осереднений за спектром коефіцієнт поглинання середовища (за даними роботи [8] $\bar{\alpha} = 0,45/l_c$, де l_c – найбільша товщина шару середовища між сусідніми штабелями, м); x – дійсна відстань між штабелями, м.

Після цього визначаємо температуру на боковій поверхні сусіднього штабеля, який знаходиться поряд зі штабелем, що горить:

$$T_{\phi} = \frac{q_p S_{\delta}}{\alpha_{\phi} S_{\phi}} + T_0, \text{ К} \quad (6)$$

де S_{ϕ} – площа випромінювання теплового потоку, м²; α_{ω} – коефіцієнт тепловіддачі для бічної площини штабеля, кВт/(м²К); S_{ω} – площа бокової площини штабеля в поперечних або повздовжніх розривах між штабелями, м²; T_0 – початкова температура на боковій площині штабеля, К.

Після визначення T_{ω} , його значення порівнюють з температурою займання деревини T_{δ} . У випадку коли $T_{\omega} \geq T_{\delta}$ сусіднього штабеля, то пожежа переходить на цей штабель.

Поставлену проблему будемо розв'язувати в два етапи: 1) визначення швидкості розповсюдження фронту пожежі V_{ϕ} на відкритих складах пиломатеріалів на основі побудови графових моделей; 2) визначення впливу швидкості вітру V_{ϕ} на швидкість розповсюдження фронту пожежі V_{ϕ} на відкритих складах пиломатеріалів.

Розглянемо розв'язок етапів поставленої проблеми на наступному прикладі.

Приклад. Визначити швидкість розповсюдження фронту пожежі V_{ϕ} на складі пиломатеріалів (рис. 1). В штабелях зберігаються бруски сосни густиною $\gamma_{\delta} = 540$ кг/м³,

вологістю 8-9% з температурою займання $T_d = 528$ К. Кількість брусків на 1 м висоти штабеля $z = 10$ з густиною укладки пиломатеріалів $K_p = 0,6$. Основні параметри одного квартала складає: штабелі розміром $b \times l \times h = 6 \times 6 \times 5$ м; ширина повздовжніх розривів між штабелями $b_{нов} = 16$ м; ширина поперечних розривів між штабелями $b_{non} = 5$ м; загальна кількість повздовжніх рядів квартала 5 сумарною шириною 94 м; загальна кількість поперечних рядів 18 сумарною довжиною 193 м; загальна площа квартала $18142 \text{ м}^2 \approx 1,8$ га; протипожежні розриви між кварталами при висоті штабелів 5 м дорівнюють 40 м. Можлива імовірність виникнення пожеж: **1) в центрі першого** поперечного ряду квартала на штабелі № 1.3; **2) в зовнішньому куті квартала** в першому поперечному ряду на штабелі № 1.5; **3) посередині повздовжнього крайнього** правого ряду на штабелі № 9.5; **4) в центрі квартала** на штабелі № 9.3. Швидкість вітру $V_a = 4$ м/с, температура навколишнього середовища $t = 293$ К, а поверхонь штабеля $T_0 = 300$ К. За даними робіт [4, 9, 10]: $Q_{\min} = 13800$ кДж/кг; $\psi_n = 0,0145$ кг/м²с; $c_p = 1,7$ кДж/кгК; $A_\phi = 0,9$; $A_d = 0,6$. Довжина фронту полум'я на штабелі $L_\phi = 6$ м.

Розв'язок.

Перший етап – визначення швидкості розповсюдження фронту пожежі.

1. Визначаємо величину площі поверхні деревини в одиниці об'єма штабеля за залежністю (4):

$$K = (1i^2)2zK_p = (1i^2)2 \cdot 10 \cdot 0,6 = 12 \text{ м}^2.$$

2. Визначаємо швидкість поширення пожежі вздовж штабеля пиломатеріалів за вітром:

$$V_i = \frac{7,5 \cdot 0,0145}{0,6 \cdot 9(12 \cdot 5)^{0,33}(12 \cdot 6)^{0,2}} \left[1 + \frac{0,016 \cdot 4 \cdot 0,6 \cdot 9(12 \cdot 5)^{0,33}(12 \cdot 6)^{0,2}}{7,5 \cdot 0,0145} \right] = 0,06 \text{ м/с.}$$

3. Визначаємо час τ_{ui} , за який весь штабель буде охоплено полум'ям:

$$\tau_\phi = \frac{l}{V_i} = \frac{6}{0,06} = 100 \text{ с.}$$

4. Визначаємо температуру T_ϕ факела.

Пожежне навантаження маси одного шару штабеля на його верхню площину з урахуванням загальної кількості шарів z_{ui} штабеля $z_{ui} = zh$:

$$G = \frac{h\gamma_a K_p}{z_\phi} = \frac{5 \cdot 540 \cdot 0,6}{50} = 32,4 \text{ т/м}^2;$$

$$K_\phi = \frac{2(bh + lh) + bl}{bl} - 1 = \frac{2(6 \cdot 5 + 6 \cdot 5) + 6 \cdot 6}{6 \cdot 6} - 1 = 3,3;$$

$$T_\phi = \frac{Q_{\min} \psi_i \tau_\phi K_\phi}{\tilde{n}_p G} = \frac{13800 \cdot 0,0145 \cdot 100 \cdot 3,3}{1,7 \cdot 32,4} = 1198 \text{ К.}$$

5. Визначаємо висоту осі конвективної колонки над штабелем при $x = 3$ м і $S_{II} = bl = 6 \cdot 6 = 36 \text{ м}^2$:

$$H = 1,32 \sqrt[3]{x^2 \left(\frac{1,4 Q_{\min} \psi_n S_{II}}{t V_a^3} \right)^5} = 1,32 \sqrt[3]{3^2 \left(\frac{1,4 \cdot 13800 \cdot 0,0145 \cdot 36}{293 \cdot 4^3} \right)^5} = 0,98 \text{ м.}$$

6. Кут нахилу α_k конвективної колонки відносно вертикальної осі:

$$\alpha_k = \arctg(0,98 / 3) = 72^0.$$

7. Визначаємо густину потоку $q_{p.нов}$ результуючого випромінювання вздовж повздовжнього ряду до сусіднього штабеля, який знаходиться на відстані $x = 5$ м, за залежністю (5):

$$q_{p.ііа} = \frac{5,7 \cdot 10^{-8} (1198^4 - 528^4)}{\frac{1}{0,9} + \frac{1}{0,6} - 1 + \frac{3 \cdot 0,45}{16} \cdot 5} = 60000 \text{ Вт/м}^2.$$

За аналогією для повздовжнього ряду визначаємо густину потоку $q_{p.нон}$ вздовж поперечного ряду до сусіднього штабеля, який знаходиться на відстані $x = 16$ м – $q_{p.нон} = 53392 \text{ Вт/м}^2$.

8. Визначаємо тепловий потік випромінювання вздовж повздовжніх і поперечних рядів штабелів. При цьому в нашому прикладі $b = l$ для всіх штабелів, то площа поверхні, яка випромінює тепловий потік на поперечні і повздовжні ряди сусідніх штабелів, може визначатися так:

$$S_a = l(h + H) = 6(5 + 0,98) = 35,88 \text{ м}^2.$$

Тоді:

$$Q_{ііа} = 10^{-3} q_{p.ііа} S_a = 10^{-3} \cdot 60000 \cdot 35,88 = 2152,8 \text{ кВт};$$

$$Q_{ііі} = 10^{-3} q_{p.ііі} S_a = 10^{-3} \cdot 53392 \cdot 35,88 = 1915,7 \text{ кВт}.$$

9. Визначаємо усереднене значення коефіцієнта тепловіддачі за залежністю [6]:

$$\alpha_\phi = 0,0159 \left(\frac{blhy_a K_p}{S_a} \right)^{0,222} = 0,0159 \left(\frac{6 \cdot 6 \cdot 5 \cdot 540 \cdot 0,6}{35,88} \right)^{0,222} = 0,082 \text{ кВт/(м}^2\text{К)}$$

10. Визначаємо температуру на бокових поверхнях сусідніх штабелів вздовж повздовжніх $T_{u.нов}$ і поперечних $T_{u.нон}$ рядів за залежністю (6):

$$T_{\phi.ііа} = \frac{2152,8}{0,082 \cdot 30} + 300 = 1175 \text{ К};$$

$$T_{\phi.ііі} = \frac{1915,7}{0,082 \cdot 30} + 300 = 1078 \text{ К}.$$

15. Визначаємо час поширення пожежі на сусідні штабелі від штабеля № 1.3 в першому поперечному ряді, на якому виникла пожежа. Час охоплення полум'ям штабеля № 1.3 складає 100 с або 1,67 хв. Після цього часу теплове випромінювання діє на штабелі № 1.2 і № 1.4 першого ряду та на штабелі № 2.3 другого ряду. Температура, яка діє на бокові поверхні штабелів № 1.2 і № 1.4 першого ряду дорівнює $T_{u.нон} = 1078 \text{ К}$, а на штабелі № 2.3 другого ряду – $T_{u.нов} = 1175 \text{ К}$, що значно перевищує температуру займання деревини штабеля, яка дорівнює $T_d = 528 \text{ К}$. Але займання сусідніх штабелів буде проходити з деякою

затримкою. Згідно даних роботи [8] час затримки спалаху враховують коефіцієнтом $k = 0,4 \dots 0,6$. В нашому прикладі при $k = 0,4$ час займання τ_z сусідніх штабелів після охоплення полум'ям штабеля № 1.3 буде через час, який дорівнює:

$$\tau_z = \frac{\tau_{\phi}}{k} - \tau_{\phi} = \frac{1,67}{0,4} - 1,67 = 2,5 \text{ хв.} \quad (7)$$

На підставі цих даних можна стверджувати, що від початку пожежі за час $\tau_{II} = \tau_{III} + \tau_z = 1,67 + 2,5 = 4,17$ хв площа пожежі на складі пиломатеріалів буде $S_{II} = 36 \text{ м}^2$, а через час $2\tau_{II} = 8,34$ хв – $S_{II2} = 144 \text{ м}^2$ (горять штабелі № 1.2, 1.3, 1.4 першого ряду і № 2.3 другого ряду). Відповідно час $3\tau_{II} = 12,51$ хв – $S_{II3} = 288 \text{ м}^2$ (горять всі п'ять штабелів першого ряду і штабелі №2.2, 2.3, 2.4 другого ряду). Протягом часу $4\tau_{II} = 16,68$ хв – $S_{II4} = 468 \text{ м}^2$ (горять всі п'ять штабелів першого і другого рядів і штабелі №3.2, 3.3, 3.4 третього ряду) і т. д. За умов прикладу, який розглядається, вплив часу вільного горіння на площу пожежі, можна представити каскадним графом розповсюдження пожежі (рис. 2).

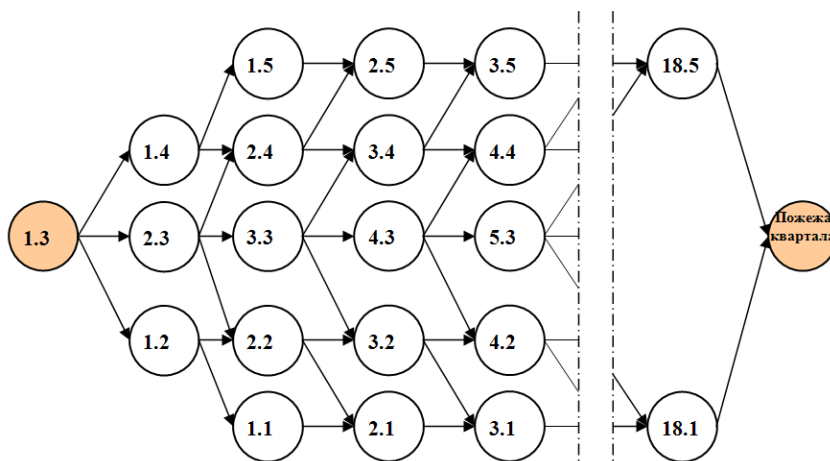


Рисунок 2 – Каскадний граф розповсюдження пожежі на кварталі складу пиломатеріалів при швидкості вітру $V_B = 4 \text{ м/с}$

Вершини графа (рис. 2) зображають штабелі пиломатеріалів, а ребра – час τ_{II} охоплення полум'ям верхньої площини штабеля і переходу пожежі на сусідні штабелі, наприклад, від штабеля 1.3, на якому виникла пожежа, до відповідних груп штабелів. Цей час в нашому прикладі дорівнює $\tau_{II} = 4,17$ хв. Результати аналізу каскадного графу розповсюдження пожежі показують, що на ньому можна виділити $k = 20$ груп штабелів, кожна з яких одночасно розповсюджує пожежу вздовж кварталу складу, а саме: 1) пожежа виникла на штабелі 1.3 (перша група); 2) від штабеля 1.3 пожежа передається на штабелі 1.2, 2.3 і 1.4 (друга група); 3) від штабелів 1.2, 2.3 і 1.4 – на штабелі 1.1, 2.2, 3.3, 2.4 і 1.5 (третья група); ...; 18) від штабелів 16.1, 17.2, 18.3, 17.4 і 16.5 – на штабелі 17.1, 18.2, 18.4, і 17.5 (вісімнадцята група); 19) від штабелів 17.1, 18.2, 18.4, і 17.5 – на штабелі 18.1 і 18.5 (дев'ятнадцята група); 20) пожежею охоплені штабелі 18.1 і 18.5 (остання двадцята група, яка показує, що в цьому випадку пожежею охоплено весь квартал складу). На підставі цього положення можна визначити швидкість розповсюдження фронту пожежі по кварталі складу пиломатеріалів за залежністю:

$$V_{\phi} = \frac{S_{\phi.i.\phi} n_{\phi}}{b i_{\phi} i i i \tau_I k}, \text{ м/хв} \quad (8)$$

де $S_{в.ш}$ – площа верхньої поверхні одного штабеля, m^2 ; $n_{ш}$ – загальна кількість штабелів в k групах кварталу складу, які охоплені пожежею; $n_{ш.пор}$ – кількість штабелів в поперечних рядах k груп кварталу складу, які охоплені пожежею.

На підставі розгляду каскадного графу розповсюдження пожежі на кварталі складу пиломатеріалів (рис. 2) та з використанням залежності (8) були виконані розрахунки для прикладу, який розглядається, швидкості розповсюдження фронту пожежі за умови імовірності виникнення пожежі в першому поперечному ряді квартала на штабелі № 1.3. Результати розрахунків зображені на рис. 3.

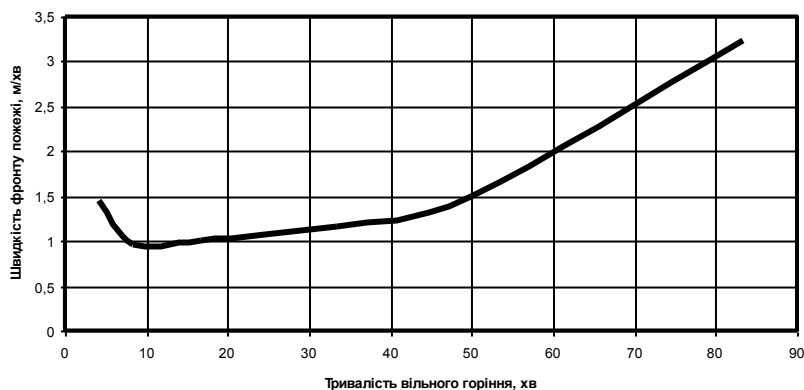


Рисунок 3 – Залежність швидкості фронту розповсюдження пожежі від тривалості вільного горіння (пожежа розпочалася на штабелі 1.3 при швидкості вітру $V_v = 4$ м/с).

На підставі результатів аналізу графічної залежності (рис. 3) можна зауважити, що на початку виникнення пожежі довжина її фронту дорівнює тільки ширині штабеля $b = 6$ м зі швидкістю фронту пожежі $V_{\phi} = 1,5$ м/хв. На протязі часу до 10 хв фронт пожежі розширюється, а швидкість зменшується. Після досягнення довжини фронту пожежі ширини кварталу швидкість фронту пожежі починає зростати і під кінець тривалості вільного горіння ($\tau_{в.г} = 4,17 \cdot 20 = 83,4$ хв), тобто до покриття пожежею всього кварталу, вона досягає $V_{\phi} = 3,24$ м/хв при швидкості вітру $V_v = 4$ м/с.

Аналогічні розрахунки та аналіз були виконані для випадків виникнення таких пожеж: **в зовнішньому куті квартала** в першому поперечному ряду на штабелі № 1.5; **посередині повздовжнього крайнього** правого ряду на штабелі № 9.5; **в центрі квартала** на штабелі № 9.3. Для наведених випадків можливих варіантів виникнення пожеж було встановлено, що швидкість розповсюдження фронту пожежі при її виникненні: на штабелі №1.5 коливається в межах $V_{\phi} = 1,5 \dots 5,89$ м/хв при $\tau_{в.г} = 91,7$ хв; на штабелі № 9,5 – $V_{\phi} = 1,5 \dots 4,62$ м/хв при $\tau_{в.г} = 58,4$ хв; на штабелі №9.3 – $V_{\phi} = 1,5 \dots 2,35$ м/хв при $\tau_{в.г} = 45,9$ хв.

Отримані результати дозволяють зробити висновки про те, що місце виникнення пожежі на складі пиломатеріалів в значній мірі впливає на швидкість розповсюдження фронту пожежі та на тривалість вільного горіння. Наприклад, найбільша тривалість вільного горіння має місце при виникненні пожежі на зовнішньому куті, а найменша – в центрі квартала (приблизно в 2 рази). Зростання кінцевої швидкості розповсюдження фронту пожежі пояснюється тим, що кінцеве покриття пожежею склада проходить на меншій кількості штабелів. Наприклад, якщо пожежа виникає на зовнішньому куті, то закінчується на одному штабелі, а якщо в центрі квартала, то закінчується на п'яти штабелях.

Другий етап

Для визначення впливу швидкості вітру V_v на швидкість розповсюдження фронту пожежі V_{ϕ} на відкритих складах пиломатеріалів скористуємося залежностями (1), (4), (7) та значенням часу $\tau_{пл}$. Розглянемо вплив швидкості вітру в межах $V_v = 1 \dots 20$ м/с на швидкість розповсюдження фронту пожежі V_{ϕ} . Для цього скористуємося залежністю

$$V_{\phi} = K_d V_{\phi,0}, \quad (9)$$

де K_e – коефіцієнт, який враховує вплив швидкості вітру на швидкість розповсюдження фронту пожежі; $V_{ф.0}$ – швидкість розповсюдження фронту пожежі при швидкості вітру $V_e = 4$ м/с.

Результати розрахунків наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Значення коефіцієнта K_e

Швидкість вітру, м/с	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Значення K_e	0,3	0,52	1	1,45	1,97	2,42	2,88	3,48	3,94	4,39	4,85

Для спрощення використання даних для визначення значення коефіцієнта K_e рекомендується для інтерполяції значень використовувати залежність:

$$K_e = 0,2365V_e + 0,1082. \quad (10)$$

Результати аналізу отриманих даних показує, що при збільшенні швидкості вітру, наприклад, в два рази швидкість розповсюдження фронту пожежі на відкритих складах пиломатеріалів зростає майже в два рази.

Висновки.

1. Розроблена з використанням графових моделей методологія визначення швидкості розповсюдження фронту пожежі на відкритих складах пиломатеріалів, яка дає можливість в залежності від виду пиломатеріалів і місця виникнення пожежі визначити час розповсюдження пожежі по кварталу складу пиломатеріалів та швидкість фронту пожежі.

2. Швидкість розповсюдження фронту пожежі на відкритих складах пиломатеріалів зростає в кінці покриття складу пожежею, що пояснюється проходженням в кінці пожежі меншої кількості штабелів.

3. Встановлено, що найбільша тривалість вільного горіння має місце при виникненні пожежі на зовнішньому куті, а найменша – в центрі квартала. Різниця в цьому випадку доходить до 2 разів.

4. Результати досліджень показали, що від початку пожежі на складі пиломатеріалів до 10-ї хвилини швидкість фронту пожежі зменшується за рахунок збільшення її фронту, а після досягнення довжини фронту пожежі ширини кварталу швидкість фронту пожежі починає зростати і досягає максимального значення після охоплення пожежею всього складу.

5. Швидкість вітру в значній мірі впливає на швидкість розповсюдження фронту пожежі. При збільшенні швидкості вітру, наприклад, в два рази швидкість розповсюдження фронту пожежі на відкритих складах пиломатеріалів зростає майже в два рази.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Tarifa C.S. On the flight path and the lifetime of burning patches of wood / C.S. Tarifa, P.P. Notario, F.G. // 10-th Simposium (int.) on Combustion. – Pittsburgh, 1965. – pp. 1021-1037.
2. Девлишев П.П. Исследование кинетики пожара на моделях / П.П. Девлишев // Пожарная наука и техника: Сб. науч. тр. – М.: ВНИИПО, 1977. – С. 178-208.
3. Иванов И.А. Определение скорости распространения пламени по штабелям лесобирж / И.А. Иванов // Пожарная профилактика: Информ. сб. – М.: Стройиздат, 1977, вып. 11. – С. 84-92.
4. Копилов Н.П. О влиянии ветра на величину тепловых потоков от пламени открытого пожара / Н.П. Копылов, Г.М. Гроздов // Пожарная профилактика: Сб. науч. тр. – М.: ВНИИПО, 1980, вып. 16. – С. 68-73.

5. СНиП 21-03-2003. Склады лесных материалов. Противопожарные нормы РФ. – М.: «Пожарный Центр», 2003. – 18 с.
6. Коваль О.М. Моделювання розвитку та поширення пожежі на відкритих складах пиломатеріалів / О.М. Коваль // Науковий вісник НЛТУ України. Випуск 23.09, 2013 / Львів: НЛТУ. – С. 317-322.
7. Цапко Ю.В. Визначення ефективності вогнезахисту целюлозовмісних матеріалів / Ю.В. Цапко // Зб. наук. праць. – Львів: ЛПБ, 2005, № 7. – С. 132-134.
8. Гуліда Е.М. Математична модель розповсюдження лісової пожежі за рахунок теплового випромінювання / Е.М. Гуліда, О.О. Карабин, О.О. Смотр. // Наук. зб. УкрНДІПБ, 2006, № 1 (13). – С. 24-30.
9. Пузач С.В. Методы расчета тепломассообмена при пожаре в помещении и их применение при решении практических задач пожаровзрывобезопасности / С.В. Пузач. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. – 336 с.
10. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении / Ю.А. Кошмаров. – М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – 118 с.