

*А. Д. Кузик, д-р. с.-г. наук, професор, В. І. Товарянський
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАЛУЧЕННЯ СИЛ І ЗАСОБІВ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖІ СОСНОВИХ МОЛОДНЯКІВ

Проаналізовано чинники впливу на матеріальні збитки та витрати на відновлення лісових ділянок молодих соснових насаджень після пожежі. Наведено показники пожежної небезпеки, які змінюються в процесі росту соснових молодняків, а також особливості їх зміни залежно від віку насаджень. Насамперед необхідно оцінювати втрати об'єму деревини соснових молодняків внаслідок верхової пожежі залежно від швидкості вітру для насаджень у віці 5–20 років. Для випадку рівномірного розташування дерев у насадженні за наявності вітру пожежа набуває форми еліпса, за рівнянням якого отримано залежності інтенсивності зростання площі, пройденої пожежею, від часу, об'єму деревини, яка пошкоджується внаслідок проходження верхової пожежі сосновими насадженнями, а також інтенсивності зростання об'єму непридатної для реалізації деревини від тривалості горіння. Встановлено, що для мінімізації збитків від пожеж та подальших витрат на лісовідновлення у соснових молодняках в процесі реалізації протипожежних заходів, а також залучення сил і засобів для гасіння пожеж, необхідно враховувати вік насаджень та наявність вітру.

Ключові слова: соснові молодняки, лісова пожежа, площа пожежі, об'єм пошкодженої деревини

A. D. Kuzyk, V. I. Tovaryansky

EXPEDIENCY FOR USE OF FORCES AND MEANS TO EXTINGUISHING FIRES OF YOUNG PINE STANDS

Factors of influence on material losses and expenses for the restoration of forest plots of young pine stands after the fire were analyzed. Indicators of fire hazards that change during the growth of young pine stands, as well as the peculiarities of their changes, depending on the age of stands were adduced. First of all, it is necessary to evaluate the volume loss of pine wood due to a crown fire depending on the wind speed for stands aged 5-20 years. For the case of uniform placement of trees in the planting in the presence of wind, the fire form will be elliptical. According to the ellipse equation, the dependencies of the increase intensity of area covered by the fire, on time, the volume of wood, which is damaged as a result of crown fire on pine stands, as well as the intensities of volume growth of wood unsuitable for timber realization from time were obtained. It has been established that in order to minimize the losses from fires and subsequent costs before pine stands reforestation during the implementation of fire protection measures, as well as the use of forces and means to fires extinguishing, it is necessary to take into account the age of stands and the presence of wind.

Key words: young pine stands, forest fire, area fire, volume of damaged wood

Вступ. Вирощування соснових насаджень має важливе значення для економіки України. Основною продукцією лісової галузі є стовбурова деревина, яка використовується в різних галузях промисловості, а також експортується, що приносить значний прибуток. І тому важливим завданням не лише працівників лісової галузі, а й пожежно-рятувальних підрозділів є запобігання виникненню пожеж у лісах. Недотримання протипожежних заходів, особливо в пожежонебезпечний період, може зумовити виникнення пожеж, зокрема верхових, які призводять до знищення дерев на великих площах, ураження їх шкідниками, негативно впливаючи на флору і фауну та спричиняючи матеріальні втрати, до яких належать:

- кошти, витрачені на лісорозведення;
- втрати готової продукції – деревини, яка в результаті пожежі стає непридатною до використання;
- вартість проведення заходів на лісовідновлення територій після пожеж.

Особливо небезпечними є пожежі для молодого соснового лісу (віком до 40 років), в процесі росту якого відбуваються зміни в структурі деревостану (самозрідження), а також формуються крони дерев, що спричиняє не лише лісотаксційні зміни, але й стан пожежної небезпеки.

Мета роботи. Обґрунтування чинників впливу на збитки від пожежі та витрати на відновлення лісових ділянок після пожежі, а також встановлення критерію черговості залучення сил і засобів для пожежогасіння соснових молодняків в залежності від віку.

Виклад основного матеріалу. Щоб запобігти пожежам, уникнути матеріальних втрат, пов'язаних з лісовідновленням після пожеж, а також мінімізувати витрати на пожежогасіння, під час планування протипожежних заходів необхідно враховувати показники пожежної небезпеки, які змінюються в процесі росту соснових насаджень [1]. До таких показників, зокрема, належать: пожежне навантаження, основу якого становить об'єм стовбурової деревини на одиниці площі та лісові горючі матеріали наземного ярусу, а також швидкість поширення пожежі, фронт, напрямки тилу і флангів, які залежать від віку та швидкості вітру [2]. Тому щоб оцінити можливі збитки та їх мінімізувати потрібно оцінити площу пожежі, яка пошириться на ділянці лісу, об'єм знищеної вогнем деревини та динаміку зміни цих показників. Відомо, що залежно від місця виникнення горіння площа пожежі може мати кругову, кутову або прямокутну форму [3], проте за наявності вітру та однакових горючих властивостей лісового насадження, формою пройденної вогнем ділянки буде еліпс, розміри якого залежать від швидкостей фронту, тилу, флангів пожежі і від її тривалості [4], [8-9] (рис.1).

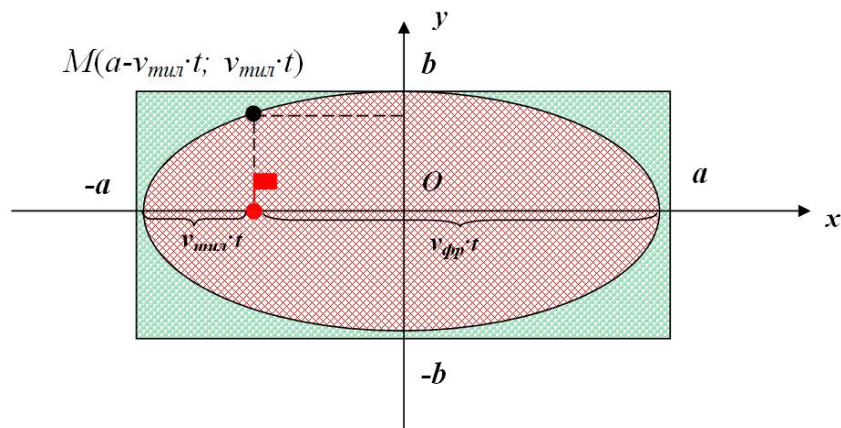


Рисунок 1 – Еліпс, який описує межу лісової пожежі в момент часу t для швидкості фронту $v_{фр}$ і швидкості тилу $v_{тил}$

За результатами моделювання пожежі соснових молодняків у WFDS [5] встановлено, що в насадженнях віком 25–40 років виникає переважно низова пожежа, яка є менш небезпечною, ніж верхова. Тому доцільніше оцінювати та мінімізувати насамперед об'єму деревини соснових молодняків внаслідок верхової пожежі для насаджень, вік яких становить 5–20 років залежно від швидкості вітру. Ці втрати розраховували з використанням Методики оцінювання наслідків лісових пожеж [6], а також значень швидкостей поширення фронту верхової пожежі, визначених за результатами моделювання у WFDS [5] залежно від швидкості вітру – 2, 4 та 6 м/с.

Площу еліпса визначимо за формулою

$$S = \pi \cdot a \cdot b, \quad (1)$$

де a та b – півосі еліпса, м. В (1) одну із півосей еліпса a можна виразити як

$$a = \frac{1}{2}(v_{фр} + v_{тил}) \cdot t, \quad (2)$$

де $v_{фр}$ – швидкість поширення фронту пожежі, м/хв; $v_{тил}$ – швидкість поширення тилу пожежі, м/хв; t – час розвитку пожежі, хв. Для визначення другої півосі використовували канонічне рівняння еліпса

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1. \quad (3)$$

Оскільки у напрямках флангів швидкість пожежі вважають такою ж, як і в напрямку тилу, координати однієї з точок еліпса $M(a-v_{мл} \cdot t; v_{мл} \cdot t)$. Підставивши ці координати в канонічне рівняння еліпса, отримуємо залежність

$$\frac{(a-v_{мл} \cdot t)^2}{a^2} + \frac{v_{мл}^2 \cdot t^2}{b^2} = 1, \quad (4)$$

з якого виразимо другу з півосей еліпса b

$$b = \frac{v_{мл} \cdot t \cdot a}{\sqrt{2av_{мл} \cdot t - v_{мл}^2 \cdot t^2}}. \quad (5)$$

З урахуванням (2) і (5) з (1), отримуємо залежність, що описує площу, пройдену пожежею у m^2 за час t , хв:

$$S(t) = \frac{\pi (v_{фр} + v_{мл})^2 \cdot v_{мл}}{4 \sqrt{(v_{фр} \cdot v_{мл})}} \cdot t^2, \quad (6)$$

Похідна функції (6), яка дає змогу отримати інтенсивність зростання площі, пройдені пожежею від часу, має вигляд

$$S'(t) = \frac{\pi (v_{фр} + v_{мл})^2 \cdot v_{мл}}{2 \sqrt{(v_{фр} \cdot v_{мл})}} \cdot t. \quad (7)$$

За формулою (7) отримуємо залежності інтенсивності зростання площі, пройдені пожежею впродовж 40 хв у віці 5–20 років (рис. 2)

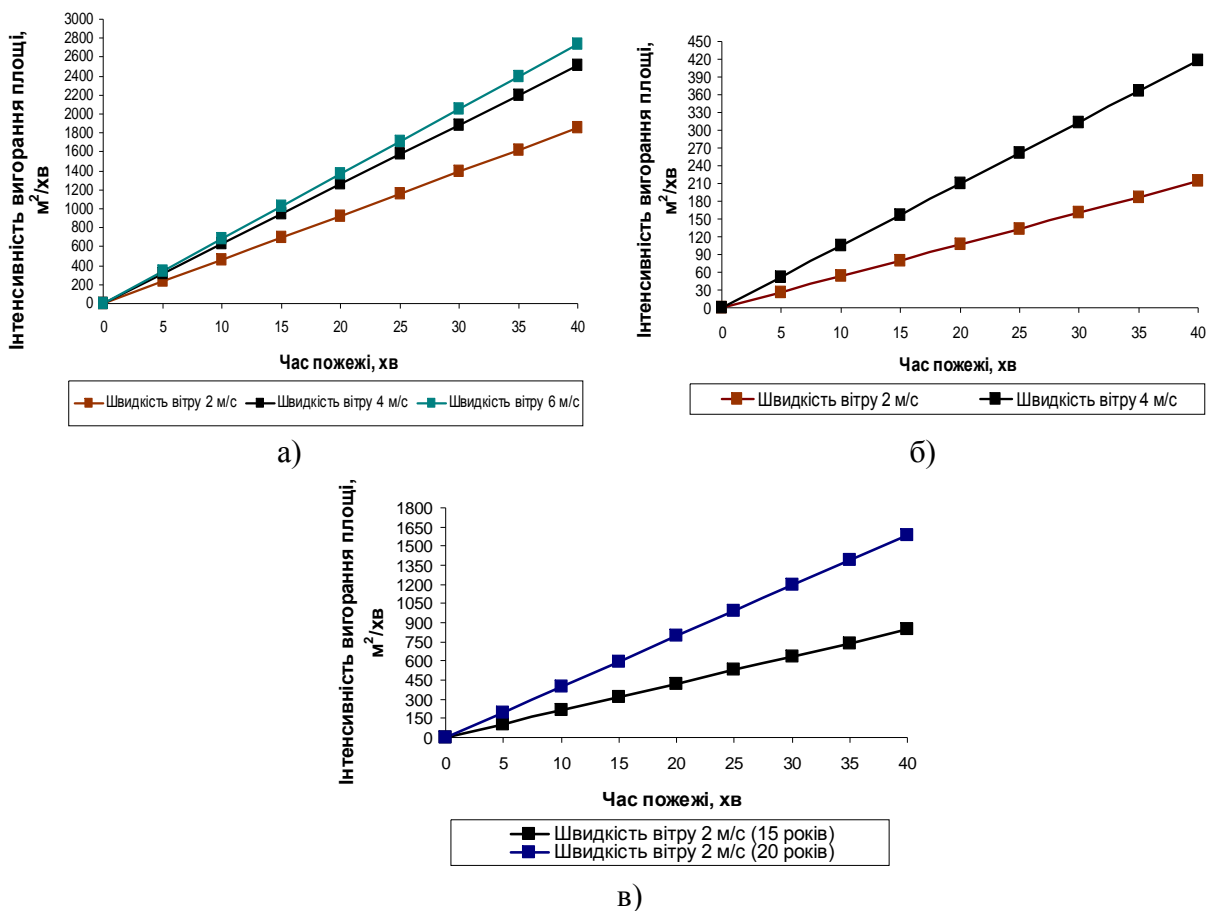


Рисунок 2 – Інтенсивність зростання верхової пожежі ділянкою насаджень впродовж 40 хв: а – у віці 5 років; б – у віці 10 років; в – у віці 15 та 20 років

Об'єм деревини, яка ушкоджується та стає непридатною для господарського використання внаслідок проходження верхової пожежі повними сосновими насадженнями, визначали за залежністю

$$V_{ушк}(t) = S(t) \cdot V_3 \cdot K_{ушк} \cdot 10^{-4}, \quad (8)$$

де V_3 – запас стовбурів, $m^3/га$ [7], $K_{ушк}$ – коефіцієнт ушкодженої деревини [6]. Оскільки за методикою [6] кількість непридатної для реалізації деревини внаслідок пожежі для соснових насаджень становить 50%, для розрахунків коефіцієнт ушкодження приймемо $K_{ушк} = 0,5$. Динаміку зміни об'єму непридатної для реалізації деревини соснових насаджень, ушкодженої пожежею протягом 40 хв, залежно від віку та швидкості вітру, зображено на рис. 3.

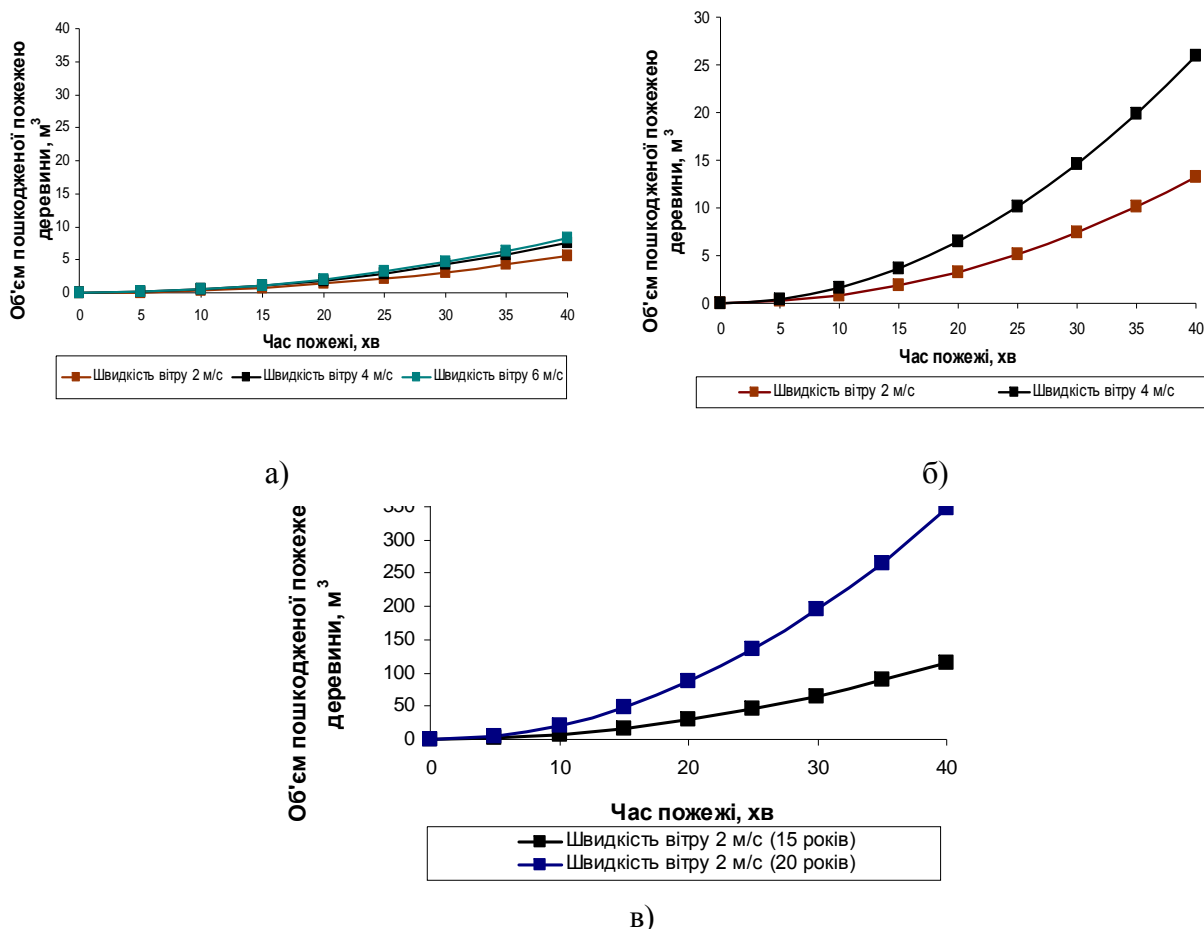


Рисунок 3 – Залежність об'єму непридатної для реалізації деревини від часу горіння впродовж 40 хв: а – у віці 5 років; б – у віці 10 років; в – у віці 15 та 20 років

З рис. 3 видно, що найбільших ушкоджень зазнають насадження віком 20 років.

Для насаджень у віці 5 років за швидкості вітру 6 м/с через 40 хв після початку пожежі знищується близько $8,20 m^3$ деревини. Для 20-річних соснових насаджень об'єм пошкодженої деревини становить $346,36 m^3$.

Інтенсивність зростання об'єму непридатної для реалізації деревини внаслідок пожежі визначали за формулою

$$V'_{ушк}(t) = S'(t) \cdot V'_3 \cdot K_{ушк} \cdot 10^{-4}. \quad (9)$$

За пожежі тривалістю 40 хв та відповідної швидкості вітру ця величина набуде значень, наведених в табл. 1

Інтенсивність зростання об'єму непридатної для реалізації деревини
внаслідок пожежі тривалістю 40 хв, м³/хв

Вік насаджень, роки	Швидкість вітру, м/с		
	2	4	6
5	5,56	7,55	8,20
10	13,23	25,91	–
15	115,77	–	–
20	346,36	–	–

Незважаючи на те, що інтенсивність зростання площі, пройденої вогнем, є найбільшою у віці 5 років, економічні збитки за об'ємом ушкодженої пожежею деревини будуть найбільшими для насаджень віком 20 років. Згідно з даними табл. 1 інтенсивність зростання об'єму непридатної для реалізації деревини зростає з віком та із зростанням швидкості вітру.

Висновки

1. Пожежна небезпека соснових молодняків залежить від віку, пожежного навантаження та пожежонебезпечних властивостей лісу.

2. Для мінімізації збитків від пожеж та подальших витрат на лісовідновлення у соснових молодняках в процесі реалізації протипожежних заходів, а також залучення сил і засобів для гасіння пожеж слід враховувати вік насаджень та швидкість вітру.

Список літератури:

1. Драйздейл Д. Введение в динамику пожаров / Д. Драйздейл. – М. : Стройиздат, 1990. – 424 с.
2. Конев Э. В. Физические основы горения лесных горючих материалов / Э. В. Конев. – Новосибирск : Наука, 1977. – 239 с.
3. Пархоменко Р. В. Пожежна тактика. Практикум. Вид. 2-ге / Р. В. Пархоменко, Б. В. Болібрех, Д. О. Чалий // Кам'янець-Подільський: ПП «Медобори-2006», 2013. – 416 с.
4. Басманов А. Е. Экспериментально-аналитическая модель скорости распространения низового лесного пожара / А. Е. Басманов, А. П. Созник, А. А. Тарасенко // Проблемы пожарной безопасности. Сб. научн. тр. – Харьков: Фолио, 2002. – Вып. 11. – С. 17–25.
5. Товарянський В. І. Оцінювання залежності пожежної небезпеки соснових молодняків від віку / В. І. Товарянський, А. Д. Кузик // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України, 2016. – Вип. 26.5. – С. 220–226.
6. Сборник методик по прогнозированию возможных аварий, катастроф, стихийных бедствий в РСЧС (Книга 2). – М: ВПНИ ГОЧС, 1994.
7. Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины и Молдавии. – К.: Урожай, 1987. – 559 с.
8. Alexander M. E. Estimating the length-to-breadth ratio of elliptical forest fire patterns / 8th Conf. Fire and Forest Meteorology, 1985. Pp. – 287–304.
9. Catchpole E. A. Elliptical-fire perimeter and area-intensity distribution / E. A. Catchpole, M. E. Alexander and A. M. Gill // Canadian Journal of Forest Research, 1999. – n.22. – Pp. 968–972.

References:

1. Dougal Drysdale. An Introduction to Fire Dynamics / Drysdale D. – М.: Strojizdat, 1990. – 424 s.
2. Konev E. V.. Physical Bases of the Combustion of Vegetable Materials / E. V. Konev. – Novosibirsk : Nauka, 1977. – 239 s.
3. Parkhomenko R. V. Fire tactics handbook. Part 2./ R. V. Parkhomenko, B. V. Bolibruxh, D. O. Chalyy // Kamyanets'-Podil's'kyu: PP «Medobory-2006», 2013. – 416 s.

4. Basmanov A. E. An experimental analytical model of the propagation velocity of a bottom forest fire / A. E. Basmanov, A. P. Soznik, A. A. Tarasenko // Problems of fire safety. Compilation of scientific works. – Kharkov: Folio, 2002. – Vyp. 11. – S. 17–25.
5. Tovaryans'kyi V. I. Evaluation of the dependence of fire hazard of young pine stands of age / V. I. Tovaryans'kyi, A. D. Kuzyk // Scientific Bulletin of UNFU, 2016. – Vol. 26, No 5. – S. 220–226.
6. A collection of techniques for forecasting possible accidents, disasters, natural disasters in the Russia / (Part 2). – M: VPII GOChS, 1994.
7. Normative-reference materials for taxation of forests in Ukraine and Moldavia. – K.: Urozhay. 1987. – 559 s.
8. Alexander M. E. Estimating the length-to-breadth ratio of elliptical forest fire patterns / 8th Conf. Fire and Forest Meteorology, 1985. Pp. – 287–304.
9. Catchpole E. A. Elliptical-fire perimeter and area-intensity distribution / E. A. Catchpole, M. E. Alexander and A. M. Gill // Canadian Journal of Forest Research, 1999. – n.22. – Pp. 968–972.

