

*А.Д. Кузик, канд. фіз.-мат. наук, доцент, В.В. Попович  
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

У статті проаналізовано ефективність параметрів лісових пожежних автомобілів, які використовуються в Україні, для боротьби з лісовими пожежами. Аналіз ефективності здійснено на основі регресійного аналізу параметрів 15 найбільш поширених лісових пожежних автомобілів, а саме: маси води, подачі насоса та кількості місць для перевезення оперативного розрахунку. В ролі критерію розглянуто сукупний вплив різноманітних конструкційних параметрів. Встановлено, що найбільший вплив на ефективність має подача насоса

**Ключові слова:** лісові пожежі, пожежний автомобіль, регресійний аналіз

**Постановка проблеми.** Лісові пожежі в Україні набувають катастрофічного характеру. Згідно з даними Державного комітету лісового господарства, в Україні щорічно виникає близько 4000 лісових пожеж на площі понад 3000 га. Найбільш пожежонебезпечними є Луганська, Херсонська, Донецька, Дніпропетровська, Миколаївська області та АР Крим, на які припадає понад 50% випадків і понад 70% площі лісових пожеж [1]. Найбільшими лісовими пожежами, що виникли на території України, можна вважати лісові пожежі на Херсонщині в серпні 2007 р. та Харківщині у серпні 2008 р. У 2007 р. на Херсонщині пожежею знищено ліси Цюрупінського та Голопристанського лісових господарств площею 7356 га (рис. 1). Загальна чисельність сил та засобів, задіяних для ліквідації наслідків надзвичайної ситуації, – 1341 чоловік особового складу, 110 одиниць пожежної та 74 – допоміжної техніки [2, 3]. На Харківщині у 2008 році вогонь знищив 1300 гектарів цінного лісу на території Балаклійського та Ізюмського районів.



До ліквідації надзвичайної ситуації було залучено понад 800 осіб особового складу, близько 100 одиниць пожежної та спеціальної техніки, 2 гелікоптери та 2 пожежні літаки, у тому числі від МНС – понад 370 осіб особового складу, більше 50 одиниць техніки, 1 гелікоптер Ми-8 та 2 пожежні літаки Ан-32П. Орієнтована сума матеріальних збитків становила понад 7,5 млн. гривень [10].

*Рис. 1. Горіння узлісся на Херсонщині у 2007 році*

Динаміка лісових пожеж в Україні за 1993-2008 роки (табл. 1) свідчить про їх значну кількість.

*Таблиця 1*

*Динаміка лісових пожеж в Україні за 2001-2008 рр.*

Роки	Кількість лісових пожеж, шт.	Площа лісових пожеж, га	У тому числі, верхових, га	Середня площа, га
1993	2967	3214	712	1,08
1994	7411	10353	3432	1,40

1995	3754	3995	1416	1,06
1996	4928	13061	5466	2,65
1997	2309	1835	110	0,79
1998	3509	3483	835	0,99
1999	5264	4528	1085	0,86
2000	3696	1600	221	0,43
2001	2646	3297	1727	1,20
2002	4905	3484	403	0,70
2003	3402	1645	274	0,50
2004	1366	332	36	0,20
2005	3700	1937	282	0,50
2006	3266	3399	384	1,00
2007	5024	12713	7513	2,50
2008	3316	5840,6	немає даних	1,44

Виявлення й гасіння лісових пожеж у системі Держкомлісгоспу здійснює спеціалізована наземна служба в складі 263 лісових пожежних станцій, які мають 537 пожежних автомобілів, 228 мотопомп, 3,2 тис. ранцевих лісових вогнегасників, 3 тисячі радіостанцій, 588 пожежно-спостережних пунктів, з них 390 – металеві спостережні вежі. Оперативний забір води для гасіння пожеж забезпечується 1195 штучними протипожежними водоймами та 913 пірсами на природних водоймах [1].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** В Україні використовують два методи гасіння пожеж у лісах – наземний та повітряний [4, 5, 6].

Наземні методи передбачають:

- традиційне гасіння (пожежні автомобілі зі стандартним обладнанням та цистерни, використання води, ґрунту, механічних та хімічних засобів),
- створення протипожежних смуг та ровів (бульдозери та інша техніка),
- використання зустрічного вогню (вогнемети, повітронаддув),
- використання спрямованого вибуху,
- використання відбивачів.

Повітряні методи полягають у використанні:

- авіації (літаки-танкери з запасом води чи іншої вогнегасної речовини, гелікоптери з пристроями подачі вогнегасної речовини),
- метеорологічних засобів (штучно викликані опади) [6].

Проте основними технічними засобами для боротьби з лісовими пожежами в Україні є пожежні автомобілі та пристосована техніка, а основними засобами гасіння – водяне та за допомогою ручних засобів. В той же час ефективність параметрів лісових пожежних автомобілів не досліджувалася.

**Постановка завдання.** Метою роботи є проведення аналізу ефективності параметрів лісових пожежних автомобілів, які використовуються в Україні для гасіння пожеж.

**Виклад основного матеріалу.** В Україні випускають такі моделі автомобілів пожежних лісових: АПЛ-10(66)265, АПЛ-40(131)266, АПЛ-40(531320)266.02, АЛП-0,25-0,3(3909)804 та АЛП-0,5-0,5(3909)804. Решта автомобілів, що використовуються, дістались у спадок від колишнього СРСР, або придбані за кордоном.

Зазнавши декількох модифікацій та враховуючи, що виробництво проводилося на різних підприємствах СРСР, Росії та України, на сьогодні існує 8 моделей автомобіля пожежного лісового на базі ГАЗ-66 (не враховуючи автоцистерн, що призначені для гасіння пожеж взагалі) (табл. 1). Технічні характеристики автомобілів лісових на базі ГАЗ-66 є невисокими у порівнянні з пожежними автомобілями загального призначення (об'єм цистерни для води у

середньому 1000 л, бак для піноутворювача (ПУ), як правило, не передбачений). Оперативний розрахунок у більшості моделей становить 2 чоловік і є недостатнім для забезпечення локалізації пожежі. Оперативний розрахунок 7 чоловік – розширений, завдяки зменшенню об'єму цистерни з водою та зменшенням кількості ПТО, що вивозиться. Також у моделях з оперативним розрахунком 7 чоловік на базі ГАЗ-66, у комплект ПТО входить пожежний плуг.

Автомобілі АПЛ-40(131)266, АПЛ-40(531320)266.02 призначені для гасіння лісових пожеж і використовуються для доставки до місця пожежі оперативного розрахунку, пожежно-технічного озброєння (ПТО) і води, подачі у вогнище пожежі води з цистерни або відкритого водоймища через напірні рукави або лафетний ствол, встановлений на даху кабіни [7].

У порівнянні із автомобілями пожежними лісовими на базі ГАЗ-66 - АПЛ-40(131)266 та АПЛ-40(531320)266.02 мають покращені технічні характеристики та більшу прохідність (колісна формула бхб проти 4х4 на базі ГАЗ-66). Відрізняються дані автомобілі базовим шасі (у АПЛ-40(131)266 - ЗИЛ-131НА, АПЛ-40(531320)266.02 – «Амур-531320») та типом двигуна (у АПЛ-40(131)266 - карбюраторний, а у АПЛ-40(531320)266.02 - дизельний). Оперативний розрахунок у автомобілях – 3 особи. Об'єм цистерни з водою – 3200 л, бак для ПУ не передбачений, проте використовуються відцентрові насоси з подачею 40 л/с та напором 100 м (проти шестеренчастих НШН-600М у ГАЗ-66) (табл. 1).

Для гасіння невеликих лісових пожеж розроблено лісопатрульні пожежні автомобілі АЛП-0,25-0,3(3909)804 та АЛП-0,5-0,5(3909)804 на базі УАЗ-390994-310. Автомобілі лісопатрульні пожежні (АЛП) - підвищеної прохідності. Вони укомплектовані установками високого тиску УПВТ-0,25-200 та УПВТ-0,5-150 відповідно, з витратами 0,25 та 0,5 л/с відповідно. Оперативний розрахунок автомобілів становить 5 осіб. Недоліком їх є мала місткість цистерн для води [8].

Використовується для гасіння лісових пожеж також гусенична пожежна машина ГПМ-54, що належить до класу основних пожежних автомобілів та знаходяться на озброєнні у лісництвах Державного комітету лісового господарства України. Ця машина виконана на базі танка Т-54, але рідко використовується, незважаючи на високу прохідність (гусеничний хід) та значний запас вогнегасних засобів (9000 л води та 1000 л ПУ). Основним недоліком гусеничної пожежної машини є значна маса та низька швидкість руху [9].

АЦ-1,6-10(66)ПМ-554 та АНР(л)-20-330 – сучасні пожежні автомобілі лісові російського виробництва. АЦ-1,6-10(66)ПМ-554 відрізняється від попередніх моделей автомобілів пожежних лісових, що виконані на базі ГАЗ-66 більшою масою, наявністю у оперативному розрахунку піноутворювача (150 л) та захисної решітки кабіни.

АНР(л)-20-330 розроблено на основі автомобіля УАЗ-3909. Автомобіль насосно-рукавний (лісовий) обладнано устаткуванням для ліквідації лісових і торф'яних пожеж та для патрулювання важкопрохідних районів у пожежонебезпечний період. Визначальною особливістю даного автомобіля є наявність полімерного еластичного резервуара – ПЭР-12000 (об'ємом води 12000 л), який призначений для накопичення води та подальшого виконання функції вододжерела. АНР(л)-20-330 встановлюють біля водойми і на відстані до 1,2 км влаштовують ПЭР-12000, яку за допомогою насоса автомобіля ПН-20 наповнюють водою. Після наповнення АНР(л)-20-330 переміщують до місця розташування резервуара для забору води та подачі в осередок горіння. Ця розробка є актуальною та необхідною для використання під час гасіння пожеж із обмеженим доступом води, у тому числі - лісових.

Основним призначенням лісових пожежних автомобілів є доставка до місця пожежі особового складу, пожежно-технічного озброєння (ПТО) і води, подачі у вогнище пожежі води з цистерни або відкритого водоймища [6]. Параметри основних пожежних автомобілів наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Технічні характеристики лісових пожежних автомобілів

Марка автомобіля	Базове шасі	Колісна формула	Повна маса, кг	Об'єм цистерни для води, л	Об'єм бака для ПУ, л	Марка насоса	Оперативний розрахунок, чол.	Габаритні розміри, мм
<b>Пожежні автомобілі</b>								
АЦ-20(66)99	ГАЗ-66	4х4	5800	920	55	ПН-20К	7	5655х2342х2440
АЦЛ-3/80(66)147	ГАЗ-66	4х4	5800	980	-	ПНА-3/80	2	5655х2342х2440
АЦЛ-3(66)147-01	ГАЗ-66	4х4	5800	980	-	НПН-600М	7	5700х2342х2440
АПШ-30(66.11)4	ГАЗ-66-11	4х4	5800	1000	-	ПН-40УВ	7	5900х2340х2600
АЦЛ-3(66)147	ГАЗ-66	4х4	5840	980	-	НПН-600М	7	6200х2500х2800
АЦЛ-10(66)265	ГАЗ-66	4х4	5800	1865	-	НПН-600М	2	6200х2500х2800
АПШ-10(66)221	ГАЗ-66	4х4	5800	1865	-	НПН-600М	2	6200х2500х2800
АЦ-1,6-10(66)ПМ-554	ГАЗ-66	4х4	5840	1600	150	НПН-600М	2	6200х2500х2800
АПЛ-40(131)266	ЗІЛ-131	6х6	11100	3200	-	ПН-40УВ	3	7200х2500х2950
АПЛ-40(531320)266.02	„Амур-531320”	6х6	11100	3200	-	НЦП-40/100	3	7200х2500х2950
АПШ-0,25-0,3(3909)804	УАЗ-3909	4х4	3000	300	-	УПВТ-0,25-200	5	4360х1940х2090
АПШ-0,5-0,5(3909)804	УАЗ-3909	4х4	3000	500	-	УПВТ-0,5	5	4360х1940х2090
ГПМ-54	Т-54	ГХ	43000	9000	1100	ПН-60Б	2	6340х3270х3700
АЦ-1,6-40(33081)	ГАЗ-33081	4х4	6000	1600	100	ПН-40УВ	5	6250х2500х2700
АНР(п)-20-330	УАЗ-3909	4х4	3000	ПЗР-12000	-	ПН-20	5	4360х1940х2090

Кожен з параметрів має вплив на ефективність застосування автомобіля для гасіння пожеж. Оцінювання ефективності гасіння підрозділу з використанням пожежного автомобіля є складним завданням та потребує окремого розгляду. Його розглядають у розрізі часових характеристик гасіння лісової пожежі [11], лінійної швидкості гасіння [12]. Проте підрозділ може застосовувати різні способи гасіння, які мають різні характеристики. Тому більш доцільно розглядати окремі види лісових пожеж (низові слабкі, низові сильні, верхові та ін.) та оцінювати ефективність для кожного з видів. Основними параметрами пожежного автомобіля, ефективність яких будемо аналізувати, є об'єм води, яку доставляє автомобіль до місця пожежі, максимальна подача насоса та кількість місць для оперативного розрахунку. В ролі критеріїв ефективності виберемо у випадку слабкої низової пожежі функцію

$$y = \frac{m_v}{m_a} \cdot \frac{k}{k_{\max}} \cdot \frac{l}{l_{\max}} \cdot \frac{Q}{Q_{\max}},$$

де  $m_v$  – маса води, яку перевозить автомобіль (кг),

$m_a$  – повна маса автомобіля (кг),

$k$  – кількість місць для особового складу,

$l$  – довжина автомобіля (м),

$Q$  – максимальна подача насоса автомобіля (л/с),

$k_{\max}$ ,  $l_{\max}$ , і  $Q_{\max}$  – відповідні максимальні значення параметрів для автомобілів, що розглядаються.

При виборі критерію ми враховували, що ефективність автомобіля є більшою, якщо частка води у повній масі автомобіля є вищою, він може перевозити більшу кількість людей, має менші габарити, зокрема довжину, та подача насоса є більшою.

Визначення ефективності 15 лісових пожежних автомобілів здійснимо за допомогою регресійного аналізу. Побудуємо функцію множинної лінійної регресії

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \beta_3 x_{i3},$$

у якій незалежними змінними є  $x_{i1}$  – маса води на  $i$ -му автомобілі,  $x_{i2}$  – напір на насосі та  $x_{i3}$  – кількість місць для особового складу.

Матриця регресії та стовпчик значень критерію мають вигляд

$$X = \begin{pmatrix} 1 & 20 & 920 & 7 \\ 1 & 3 & 980 & 2 \\ 1 & 10 & 980 & 7 \\ 1 & 40 & 1000 & 7 \\ 1 & 10 & 980 & 7 \\ 1 & 10 & 1865 & 2 \\ 1 & 10 & 1865 & 2 \\ 1 & 10 & 1600 & 2 \\ 1 & 40 & 3200 & 3 \\ 1 & 40 & 3200 & 3 \\ 1 & 0.25 & 300 & 5 \\ 1 & 0.5 & 500 & 5 \\ 1 & 60 & 9000 & 2 \\ 1 & 40 & 1600 & 5 \\ 1 & 20 & 0 & 5 \end{pmatrix}, \quad Y = \begin{pmatrix} 0,041528 \\ 0,001896 \\ 0,022294 \\ 0,094189 \\ 0,024084 \\ 0,013185 \\ 0,013185 \\ 0,011234 \\ 0,082368 \\ 0,082368 \\ 0,00018 \\ 0,000601 \\ 0,052658 \\ 0,110229 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Вектор коефіцієнтів рівняння регресії обчислюється за формулою

$$\beta^* = (X^T X)^{-1} X^T Y.$$

Одержано такі значення компонент вектора  $\beta^*$  – коефіцієнтів рівняння регресії:

$$\beta_0^* = 2,46 \cdot 10^{-3}; \beta_1^* = 2,547 \cdot 10^{-3}; \beta_2^* = -9,783 \cdot 10^{-3}; \beta_3^* = -1,915 \cdot 10^{-3}.$$

Вектор похибок визначається за формулою

$$\varepsilon = Y - X\beta^*,$$

З його урахуванням обчислено коефіцієнт множинної регресії

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=0}^{n-1} \varepsilon_i^2}{\sum_{i=0}^{n-1} (y_i - \bar{y})^2}},$$

де  $n=14$ ,  $y_i$  – компоненти вектора  $Y$ ,

$\bar{y}$  – їх середнє арифметичне,

$\varepsilon_i$  – компоненти вектора  $\varepsilon$ .

Значення коефіцієнта регресії становить  $R=0,899$  та є близьким до 1, що свідчить про добрий вибір функції регресії.

Для оцінки впливу факторів на ефективність визначимо нормовані коефіцієнти регресії за формулами

$$a_i = \beta_i \frac{S_{\beta_i^*}}{S_y}, \quad i=1, 2, 3,$$

де

$$S_y = \sqrt{\frac{Y^T Y}{n} - \bar{y}^2},$$

$$S_{\beta_i^*} = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{n-1} \varepsilon_i^2}{n-m-1}} b_{ii},$$

$b_{ii}$  – елементи головної діагоналі матриці  $B = (X^T X)^{-1}$ ,  $n=14$ ,  $m=3$ . Одержано

$$a_1=2,997 \cdot 10^{-5}; a_2=-1,104 \cdot 10^{-9}; a_3=-1,551 \cdot 10^{-5}.$$

### Висновки:

1. Розглянувши основні параметри автомобілів пожежних лісових можна відмітити, що усі вони мають підвищену прохідність та вивозять незначний запас вогнегасних засобів. Проте, при проведенні агрегування автомобілі можуть використовувати спеціальне обладнання, за допомогою якого можна утворювати протипожежні смуги та рови.

2. В результаті проведених теоретичних досліджень ефективності використання лісових пожежних автомобілів виявлено, що найбільше впливає на ефективність такий параметр, як максимальна подача насоса. Дещо менший вплив має кількість місць оперативного розрахунку. І найменший вплив має об'єм води в цистерні автомобіля. Ці результати є закономірними, оскільки під час лісових пожеж вирішальним фактором є показник подачі насоса автомобіля. Об'єм води в цистерні може бути витрачений за короткий проміжок часу, тому такий параметр, як об'єм води у автомобілі має ефект лише при слабких низових пожежах з невеликим часом розвитку.

### Список літератури:

1. Державний комітет лісового господарства України. – Офіційний веб-сайт. [Електронний ресурс] – Режим доступу до журн.: [http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art\\_id=32953&cat\\_id=32877](http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art_id=32953&cat_id=32877)

2. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2007 році. МНС України. – Офіційний веб-сайт. – [Електронний ресурс] – Режим доступу до журн.: [http://mns.gov.ua/annual\\_report/2008/content\\_1.ua.php?m=B5&PHPSESSID=d36e4f4b402f4c38f84f780a63ff82a1](http://mns.gov.ua/annual_report/2008/content_1.ua.php?m=B5&PHPSESSID=d36e4f4b402f4c38f84f780a63ff82a1).

3. Кузык А.Д. Эколого-лісівничі причини та наслідки пожежі в лісових масивах Херсонщини 2007 року / А.Д. Кузык // Науковий вісник НЛТУ України: Зб. наук. праць. – Випуск 18.12. – Львів: НЛТУ України, 2008. – С. 85-90.
4. Пожежна тактика / [П.П.Клюс, В.Г.Палюх, А.С.Пустовой та ін.]. – Харків: Основа, 1998. – 592 с.
5. Софронов М.А. Огонь в лесу / М.А.Софронов, А.Д.Вакуров. - Новосибирск: Наука, 1981. – 124 с.
6. Кузык А.Д. Про методи гасіння лісових пожеж / А.Д. Кузык // Пожежна безпека: Зб. наук. праць. – ЛПБ, УкрНДПБ МНС України, 2003. – № 3. – С. 118-120.
7. Прилуцький завод «Пожспецмаш» – Офіційний веб-сайт. [Електронний ресурс] – Режим доступу до журн.: <http://pozhspezmash.com.ua/rus/index.php?lang=rus&here=production>.
8. Говоруха О. Виробничий поступ «ТЕХНАБУ» / Олександр Говоруха // Щомісячний науково-виробничий журнал «Пожежна безпека». - 2010. - №2 (125). – С. 22-23.
9. Сичевський М.І. Інженерна та спеціальна техніка МНС України: навчальний посібник / М.І.Сичевський, А.Г.Ренкас. – Львів: 2007. – 232 с.
10. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2008 році – Офіційний веб-сайт. – [Електронний ресурс] – Режим доступу до журн.: [http://www.mns.gov.ua/content/annual\\_report\\_2008.html](http://www.mns.gov.ua/content/annual_report_2008.html)
11. Иванников В.П. Справочник руководителя тушения пожара / В.П.Иванников, П.П.Клюс. – М.: Строиздат, 1987. – 289 с.
12. Кривошлыков С.Ф. Оценка необходимого количества сил и средств пожаротушения для оперативной локализации ландшафтного пожара / С.Ф. Кривошлыков // Проблемы пожарной безопасности. – Выпуск 24. – Харьков, 2008. – С. 79-84.

*А.Д. Кузык, канд. физ.-мат. наук, доцент, В.В. Попович, (Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности)*

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

В статье проанализирована эффективность параметров лесных пожарных автомобилей, которые используются в Украине, для борьбы с лесными пожарами. Анализ эффективности осуществлен на основе регрессионного анализа параметров 15 наиболее распространенных лесных пожарных автомобилей, а именно: массы воды, подачи насоса и количества мест для перевозки боевого расчета. В роли критерия рассмотрено совокупное влияние разнообразных конструктивных параметров. Установлено, что наибольшее влияние на эффективность имеет максимальная подача насоса.

**Ключевые слова:** лесные пожары, пожарный автомобиль, регрессионный анализ

*A.D. Kuzyk, Candidate of Science (Physics and Mathematics), associate professor, V.V. Popovych (Lviv State University of Life Safety)*

## **EFFICIENCY OF USING FOREST FIRE VEHICLES**

The article deals with the efficiency of parameters of forest fires vehicles used for forest fires extinguishing. The analysis was realised on the basis of regressive analysis of 15 widely broadened forest fire vehicles, namely: water mass, pump supply and number of sites for fighting estimation. The influence of different constructive parameters was studied as a criterion. It was established that the largest influence on efficiency has the highest possible pump supply.

**Key words:** forest fires, fire vehicles, regressive analysis