

ний канатний лісопромисловий транспорт, наприклад в Австрії та Швейцарії, експлуатацією не охоплено тільки 5-10 % гірських лісів).

В Україні за річного приросту запасів деревини близько 35 млн м³ заготовляють від усіх видів рубок у середньому 13–16 млн м³ (приблизно 40–45 %), зокрема й через експлуатаційну недоступність окремих лісових масивів (гірські, заболочені тощо). Застосування ПКУ дасть змогу збільшити частку експлуатаційних лісових масивів до 90-95 % та заготовляти понад 60-80 % річного приросту деревини (зі збереженням водоохоронних, водорегулювальних, ґрунтозахисних та інших властивостей лісу). Окрім того, застосування ПКУ дасть змогу заготовляти щороку більше деревини з її мінімальними втратами, завдаючи при цьому значно меншої шкоди довікллю (на 1 га площі Швейцарських Альп заготовляють у 2,5-3 рази більше деревини, ніж на 1 га площі Українських Карпат, але внаслідок застосування сучасних технологій заповідня природі шкода є на порядок меншою).

Сучасні тенденції розвитку канатного лісозаготівельного транспорту, питома вага якого в країнах Західної і Центральної Європи, порівняно з 80-ми роками ХХ ст., зросла від 2 до 10 %, свідчать про беззаперечну перспективність використання підвісних систем. Частка деревини, заготовленої за допомогою ПКУ в Україні, становить 1-3 % (фактично менше). Тому подальші розроблення та впровадження канатних установок мають важливе значення для підвищення ефективності застосування лісозаготівельної техніки у вітчизняних природно-виробничих умовах. Зважаючи на обсяги лісозаготівлі та експлуатаційну продуктивність, в Україні щороку має працювати не менше як 50-100 канатних доріг лісопромислового призначення. Проте широке високопродуктивне використання сучасної техніки та технології буде можливим тільки після створення належної лісової інфраструктури, передусім добре розвиненої мережі лісових автотранспортних доріг.

Література

1. Закон України "Про мораторій на проведення суцільних рубок на гірських схилах в ялицево-букових лісах Карпатського регіону" / Прийнятий Верховною Радою України 10.02.2000 р., № 1436-III // Відомості Верховної Ради України. – [В редакції від 18-11-2012]. – 2000. – № 13 від 31.03.2000 р. – С. 99.
2. Програма будівництва лісових доріг і впровадження природозберігаючих технологій лісозаготівель у гірських умовах Закарпаття / Затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 23.04.1999 р., № 670 // Офіційний вісник України. – [Втратила чинність 21-08-2003]. – 1999. – № 17 від 14.05.1999 р. – С. 54.
3. Державна програма "Ліси України" на 2002...2015 роки / Затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 29.04.2002 р., № 581 // Офіційний вісник України. – [Втратила чинність 28-09-2009]. – 2002. – № 18 від 17.05.2002 р. – С. 113.
4. Державна цільова програма "Ліси України" на 2010...2015 роки / Затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 16.09.2009 р., № 977 // Офіційний вісник України. – [В редакції від 02-11-2012]. – 2009. – № 72 від 28.09.2009 р. – С. 5.
5. Данилов В.В. Правила охорони праці для працівників лісового господарства та лісової промисловості: НПАОП 02.0-1.04-05 / В.В. Данилов, С.П. Ірклієнко, М.С. Полончук та ін. // Затверджено наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 13.07.2005 р., № 119. – [В редакції від 27-11-2007]. – К. : Вид-во "Відлуння", 2005. – 458 с. – (Нормативно-правовий акт з питань охорони праці).
6. Ливанов А.П. Експлуатація горних лесов / А.П. Ливанов. – М. : Изд-во "Лесн. пром-сть", 1983. – 224 с.

7. Шибунько С. Нові технології на схилах Карпат / Стефанія Шибунько. – Львів : Вид-во Всеукраїнської галузевої газети "Деревообробник". – 05.11.2007 р., № 20 (182). – С. 2.

8. Рекомендації із застосування мобільних канатних лісотранспортних установок на гірській лісозаготівлі / Український наук.-досл. ін-т гірського лісівництва ім. П.С. Пастернака // Затвержені Науково-технічною радою Держкомлісгоспу України, прот. № 2 від 30.10.2006 р. – Івано-Франківськ : Вид-во УкрНДІґірліс, 2006. – 36 с.

Рудько И.М. Необходимость и предпосылки внедрения лесозаготовительных технологий с использованием канатных дорог лесопромышленного назначения

Охарактеризованы преимущества и недостатки использования подвесных канатных установок для выполнения трелевочно-транспортных операций в процессе лесозаготовок. Проанализирована нормативная база, опыт разработки и изготовления канатных транспортных средств на отечественных отраслевых предприятиях. Обозначены предпосылки и обоснована необходимость внедрения лесозаготовительных технологий на базе канатных дорог лесопромышленного назначения. Отмечена потребность разработки отраслевых нормативов, которые бы регламентировали процессы проектирования, изготовления, испытания, монтажа и эксплуатации подвесных канатных установок.

Ключевые слова: лесозаготовительные технологии, трелёвка и транспортировка древесины, канатные дороги лесопромышленного назначения.

Rud'ko I.M. The Need and Prerequisites of Introduction of Logging Technologies with use of Cableways of Timber Industry Purposes

Some advantages and shortcomings of use of forest cable systems for the performance of skidding and transportation of wood in the course of logging are characterized. The regulatory base, experience of development and production of cable vehicles at the domestic branch enterprises is analyzed. Prerequisites are noted and the need of introduction of logging technologies on the basis of cableways of timber industry purposes is proved. The requirement of development of industry standards which would regulate processes of design, production, test, installation and operation of forest cable systems is stated.

Keywords: logging technologies, skidding and transportation of wood, cableways of timber industry purposes.

УДК 656.1

*Доц. О.В. Придатко, канд. техн. наук;
доц. І.В. Паснак, канд. техн. наук; курсант М.В. Гречка –
Львівський ДУ безпеки життєдіяльності*

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ АВАРІЙНОСТІ НА РЕГУЛЬОВАНИХ ПЕРЕХРЕСТЯХ ЛЬВОВА

Обґрунтовані основні вихідні параметри для прогнозування аварійності на регульованих перехрестях та встановлено величину їх граничних значень. Отримано математичну модель прогнозування показника аварійності перехресть за прикладом Львова, яка враховує параметри інтенсивності та пропускну здатності. Регресійне співвідношення представлено у вигляді логарифмічної та лінійної функції відгуку з метою перевірки достовірності прогнозованих результатів. Доведено висунуту гіпотезу щодо можливості застосування методів регресійного аналізу з метою прогнозування аварійності на регульованих перехрестях різних категорій.

Ключові слова: прогнозування аварійності, регресійний аналіз, регульоване перехрестя.

Постановка проблеми. Як відомо, людина, її життя, здоров'я і безпека визнається найвищою соціальною цінністю держави. Але в умовах стрімкого

розвитку високотехнологічних машин нагально постає питання зниження дії небезпечних чинників передових технологій на людину. До проблем побідного характеру належить висока смертність і травматизм, спричинені наслідками аварійних ситуацій за участі автомобільних транспортних засобів. За результатами аналізу статистичних даних встановлено, що травматизм спричинений дорожньо-транспортними пригодами (ДТП), стає причиною смертності у понад 23 % випадках серед інших видів виробничого та невиробничого травматизму [1]. За результатами попередніх досліджень [2] встановлено, що в Україні гине до 17 осіб на кожні 100 травмованих під час ДТП, це перевищує усереднений показник по Європі у 4,25 раза та США – у 5,66. Така тенденція виникнення ДТП та їх наслідків стимулює до постійного вдосконалення відомих та розроблення нових науково обґрунтованих методів профілактики аварійності на автомобільних шляхах. Зважаючи на нагальність означеної проблеми, у цій роботі досліджено можливість застосування загальновідомих методів математичної статистики та регресійного аналізу для прогнозування ДТП з метою їх подальшої профілактики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми дорожньої аварійності досліджують вітчизняні та закордонні наукові школи. Зважаючи на актуальність окресленої проблеми, є чимало наукових праць, спрямованих на дослідження безпеки руху, проведення аналізу аварійності, прогнозування аварійності, зокрема [3, 4]. Проте в оглянутих та інших наукових роботах не висвітлено дослідження величини сумісного впливу кількох параметрів, які визначають характер дорожнього руху, на показник аварійності окремої ділянки вулично-дорожньої мережі.

Мета роботи. Очевидно, що одним із шляхів зменшення аварійності є прогнозування ДТП на визначених ділянках вулично-дорожніх мереж. Результати прогнозування аварійності надаватимуть підстави для своєчасного проведення профілактичних заходів, що, своєю чергою, спрямовано на запобігання виникненню ДТП, зокрема і з летальними випадками. Саме тому основною метою роботи є дослідження можливості застосування методів регресійного аналізу для прогнозування аварійності на перехрестях різних категорій за прикладом міста Львова.

Виклад основного матеріалу

1. Підбір критеріїв для прогнозування аварійності та встановлення величини їх граничних значень. Перш ніж здійснити підбір вихідних параметрів, потрібно чітко визначити за якими критеріями відбуватиметься прогнозування аварійності, а також визначити величину їх граничних значень. Зважаючи на досягнення попередніх досліджень встановлено, що основним чинником, який впливає на аварійність, поряд із швидкістю є інтенсивність руху транспортних засобів. Щодо величини граничних значень цього параметра, то пропонуємо його прийняти в діапазоні від 1,5 до 10 тис. автомобілів за добу згідно з вимогами [5]. Такі межі визначено нормативами технічної класифікації автомобільних доріг та є прийнятними для Львова.

Наступним чинником, який беруть до уваги з метою прогнозування аварійності, є пропускна здатність перехрестя, виражена через інтенсивність (цик-

лічність) світлофорного регулювання. Значення циклу світлофорного регулювання залежить від кількості смуг руху в різних напрямках та конфігурації перехрестя. Для підтвердження можливості вираження пропускної здатності перехрестя через тривалість циклу світлофорного регулювання розглянемо залежність, за якою її визначають [6]:

$$P_{II} = \frac{3600 \cdot (t_3 - t_a)}{T_{II} t_c}, \quad (1)$$

де: T_{II} – час циклу світлофорного регулювання; t_3 – тривалість дозвольного сигналу світлофора; t_a – час між увімкненням зеленого сигналу світлофора і перетинанням стоп-лінії першим автомобілем; t_c – інтервал між автомобілями при проходженні стоп-лінії.

Зважаючи на складові виразу (1), можна зробити висновок, що усі вони, крім t_c , тією чи іншою мірою залежать від циклу світлофорного регулювання. Величину граничних значень другого параметра приймаємо в діапазоні від 25 до 120 с. Такі межі визначені вимогами стандарту [7] та приймаються для кожного випадку індивідуально за формулою Вебстера.

До інших критеріїв, за якими можна прогнозувати аварійність перехрестя, належать [8]: чинник, що враховує оглядовість на перехресті; чинник, що враховує конфігурацію перехрестя; чинник, що враховує наявність дорожнього обладнання, наявність та кількість наземних пішохідних переходів; чинник, що враховує якість дорожнього покриття і його вид тощо. Проте усі означені чинники є індивідуальними для кожного перехрестя та не стандартизовані під загальні граничні показники, тому їх введення у регресійне співвідношення та визначення величини впливу на аварійність є актуальним матеріалом для подальших наукових досліджень.

2. Підбір перехресть до відповідної категорії спостереження та аналіз статистичних даних щодо аварійності на досліджуваній перехрестях. З метою побудови та відтворення регресійного співвідношення інтенсивності, пропускної здатності та аварійності на перехрестях застосовано метод повнофакторного експерименту. Методика проведення повнофакторного експерименту типу 2^2 передбачає проведення чотирьох експериментів за умови прийняття різних граничних значень вихідних параметрів. Відповідно до загальноприйнятої методики, за умови почергово прийняття максимального та мінімального показника інтенсивності та циклічності, потрібно провести низку експериментів з фіксацією кількості ДТП, які трапляються на досліджуваних ділянках. Для достовірності відтворення результатів дослідження, період спостереження має тривати не менше календарного року та повторюватись щонайменше двічі. Зважаючи на трудомісткість проведення таких досліджень, показник аварійності визначали аналітичним методом за результатами статистичних даних попередніх років. Для достовірного відтворення кінцевого результату, кількість перехресть, що входить до відповідної категорії, має становити не менше п'яти.

Підбір об'єктів спостереження (перехресть) до відповідної категорії за значенням інтенсивності руху проведено шляхом натурних спостережень з використанням методу 6-хвилинних відрізків часу. Поділ перехресть за часом

циклу світлофорного регулювання також проведено за результатами натурних спостережень. Віднесення об'єкта спостереження до відповідної категорії проведено за двома параметрами із представленням фактичного результату до наближеного граничного значення. Далі, на основі розподілу регульованих перехресть Львова до відповідних категорій, проаналізовано статистичні дані щодо виникнення ДТП на усіх перехрестях визначених категорій, сумарний показник яких представлено в табл. 1.

Табл. 1. Результати аналізу аварійності на досліджуваних перехрестях

№ категорії перехрестя	Інтенсивність, тис. авт./добу	Тривалість циклу світлоф. регулювання, с.	Результати аналітичних досліджень, <i>n</i> ДТП категорії	
			<i>M</i> (1), 2013 рік	<i>M</i> (2), 2014 рік
I	1,5	25	5	7
II	10	25	75	72
III	1,5	120	8	10
IV	10	120	78	79

3. Оброблення результатів аналітичного дослідження. Дослідження впливу інтенсивності руху (*I*) та циклічності світлофорного регулювання (*T*) на аварійність регульованих перехресть проводимо на основі методу повнофакторного експерименту типу 2². Цей тип експерименту враховує вплив параметрів *I*, *T* на показник прогнозованої аварійності *M*. Дотримуючись послідовності проведення повнофакторного експерименту, проведено кодування факторів, перевіши натуральні величини в безрозмірні (табл. 2).

Табл. 2. Рівні зміни факторів

Рівень факторів		<i>I</i> , тис.авт./добу		<i>T</i> , с.	
Назва	Кодоване значення	$\tilde{X}_1 = I$	$\ln \tilde{X}_1$	$\tilde{X}_2 = T$	$\ln \tilde{X}_2$
Верхній	+1	10	2,303	120	4,787
Нижній	-1	1,5	0,405	25	3,219

Користуючись методикою [9], побудовано план-матрицю аналітичних досліджень з одночасним представленням значення дослідженого параметра *M* (табл. 3).

Табл. 3. План-матриця аналітичних досліджень

№ досліджу	Фактор				Результати дослідів		<i>M</i> , <i>n</i> ДТП	$\ln \bar{M}$
	<i>X</i> ₁		<i>X</i> ₂		<i>M</i> (1), 2013 рік	<i>M</i> (2), 2014 рік		
	Код	<i>I</i> , тис. авт./добу	Код	<i>T</i> , с.				
1	-1	1,5	-1	25	5	7	6	1,792
2	+1	10	-1	25	75	72	74	4,304
3	-1	1,5	+1	120	8	10	9	2,197
4	+1	10	+1	120	78	79	79	4,369

Регресійне співвідношення між величинами *I*, *T* та *M* можна відобразити різними функціями відгуку. Відмінність відображень полягає у способі представлення незалежних змінних і коефіцієнтів рівняння регресії. За тих чи інших обставин використання тієї чи іншої функції надаватиме об'єктивніших результатів. Саме тому, з метою доведення достовірності очікуваних результатів прогнозування аварійності проведемо по чергове відтворення логарифмічно-лога-

рифмічної, логарифмічно-лінійної, лінійно-логарифмічної та лінійно-лінійної функцій відгуку.

Для початку, враховуючи те, що фактори, які впливають на аварійність, належать до різних розмірних величин, проведемо побудову логарифмічно-логарифмічного відтворення функції. Для виконання окреслених завдань незалежні змінні \tilde{X}_i перетворено в безрозмірні величини за залежностями [9]:

$$X'_i = \frac{2 \cdot (\ln \tilde{X}_i - \ln \tilde{X}_{i\max})}{\ln \tilde{X}_{i\max} - \ln \tilde{X}_{i\min}} + 1, \quad (2)$$

або
$$X_i = \frac{2X_i - X_i^+ - X_i^-}{X_i^+ - X_i^-}. \quad (3)$$

Запишемо логарифмічне відтворення рівняння регресії, яке визначає залежність прогнозованої аварійності від двох незалежних чинників (*I*, *T*) з кодovаними змінними, що враховують взаємодію даних чинників:

$$\ln M = b'_0 + b'_1 X'_1 + b'_2 X'_2 + b'_{12} X'_1 X'_2. \quad (4)$$

Лінійне відтворення моделі (4) реалізуватиметься без логарифмування коефіцієнтів *b_n* та незалежних змінних *X_i*.

Визначення коефіцієнтів *b_n* (*b_n*) з урахуванням експериментально отриманих значень \bar{M}_i проводиться зі залежностей [9]:

$$b'_n = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{in} \ln \bar{M}_i, \text{ або } b_n = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_{in} \bar{M}_i, \quad (5)$$

де: *X_{in}* – код *n*-го фактора *i*-го досліджу; \bar{M}_i – середнє значення результату *i*-го досліджу за певних значень факторів; *N* – кількість дослідів.

За однакової кількості паралельних дослідів *r* (у нашому випадку *r* = 2) на кожному поєднанні рівнів факторів відтворюваність перевірялась за критерієм Кохрена. Критерій враховує відношення максимального значення дисперсії розсіювання до величини дисперсії відтворюваності. З порівняння розрахункового та критичного значень критерію встановлено, що гіпотеза однорідності дисперсій підтверджується, оскільки $G=0,40151 < G_{кр}=0,907$.

Оцінювання значущості коефіцієнтів регресії *b_n* здійснено за допомогою критерію Ст'юдента. За результатами порівняльної перевірки встановлено, що усі коефіцієнти рівняння регресії є значущими.

Для того, щоб встановити точність опису експериментальних даних рівнянням регресії, визначено коефіцієнт множинної кореляції, який становить $R=0,929$, на підставі чого можемо стверджувати, що логарифмічно-логарифмічна функція відгуку майже повністю описує результати аналітичних досліджень.

Далі, задля переходу до моделі в натуральних змінних, підставлено перетворені вирази (2) з урахування коефіцієнтів регресії *b_n* у модель (4). Після виконання низки математичних перетворень та спрощень виразу отримано остаточну модель у вигляді логарифмічно-логарифмічної функції, яка описує вплив незалежних чинників *I* та *T* на показник прогнозованої аварійності *M*:

$$M = \frac{1}{N} (\exp(-3,384 + 3,065 \cdot \ln I + 1,219 \cdot \ln T - 0,457 \cdot \ln I \cdot \ln T)), \quad (6)$$

де: N – кількість об'єктів спостереження, які віднесено до певної категорії; I – інтенсивність руху автомобілів на досліджуваному перехресті; T – тривалість циклу світлофорного регулювання на досліджуваному перехресті.

З метою перевірки достовірності результатів, отриманих з допомогою логарифмічно-логіфімічної функції відгуку у вигляді моделі (6), проведено визначення відповідних показників аварійності з допомогою рівнянь, побудованих різними способами. За їх відображення можуть правити такі функції:

- логарифмічно-лінійне відображення функції відгуку

$$M = \frac{1}{N}(-13,8 + 33,67 \cdot \ln I + 1,64 \cdot \ln T + 0,67 \cdot \ln I \cdot \ln T); \quad (7)$$

- лінійно-логіфімічне відображення функції відгуку

$$M = \frac{1}{N}(\exp(0,163 + 0,397 \cdot I + 0,02 \cdot T - 0,017 \cdot I \cdot T)); \quad (8)$$

- лінійно-лінійне відображення функції відгуку

$$M = \frac{1}{N}(6,834 + 7,928 \cdot I + 0,028 \cdot T - 0,03 \cdot I \cdot T). \quad (9)$$

Використовуючи залежності (6)-(9), проведено прогнозування показника аварійності за умови різних значень інтенсивності руху та циклічності світлофорного регулювання. Отримані результати нанесено на спільну графічну сітку з метою їх порівняння та встановлення величини розбіжностей і ймовірної похибки (рис.).

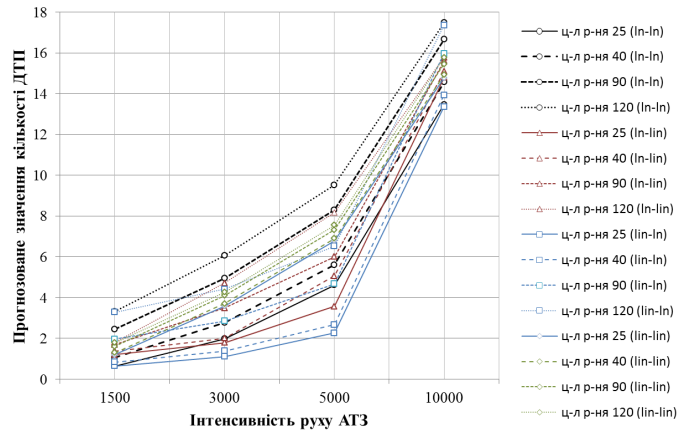


Рис. Залежності показника аварійності перехрестя від чинників I та T (різні способи відтворення)

Наведені графічні залежності розкривають повну сутність застосування методу регресійного аналізу з метою прогнозування показника аварійності на перехрестях Львова. За результатами порівняльного відображення можна констатувати, що розбіжності результатів прогнозування з використанням різних моделей здебільшого варіюються в допустимих межах. Зростання ймовірної похибки результатів прогнозування спостерігається на перехрестях з інтенсивніс-

тю 3 та 5 тис. автомобілів за добу. В такому випадку, до уваги варто брати ті моделі, результати прогнозування яких дублюються з урахуванням допустимих відхилень.

Висновки. На підставі математичного оброблення результатів аналітичних досліджень отримано математичні моделі прогнозування показника аварійності регульованих перехресть, які враховують параметри інтенсивності руху та пропускної здатності і можуть застосовуватись з метою профілактики аварійних ситуацій на перехрестях Львова. Отримані результати підтверджують висунуту гіпотезу про можливість застосування методів регресійного аналізу з метою прогнозування аварійності на перехрестях різних категорій.

Література

1. Amoros E. Road crash casualties: characteristics of police injury severity misclassification / E. Amoros, J.L. Martin, M.D. Mireille, B. Laumon // TraumaInjury Infection & Critical Care. – 2007. – Vol. 62, No. 2. – Pp. 482-490.
2. Гайко Г.В. Аналіз причин і факторів, що зумовлюють смертність постраждалих із травмами опорно-рухового апарату, отриманих під час ДТП / Г.В. Гайко, Р.В. Деркач // Наука і практика : Міжвідом. медич. журнал. – К. : Вид-во НАМН України. – 2014. – № 1(2). – С. 82-86.
3. Гусев О.В. Безпека дорожнього руху : Вид-во АНаліз та прогнозування аварійності в Україні / О.В. Гусев, І.В. Хмельов, І.А. Дзівалтовська, О.Ю. Івашенко // Вісник Національного транспортного університету. – В 2-х ч. – Ч. 2. – К. : Вид-во НТУ. – 2009. – Вип. 19. – С. 124-127.
4. Gusev A.V. The development of prediction models / A.V. Gusev // Highways and highway construction. – Kiev : Publisher NTU. – 2004. – Vol. 57. – Pp. 77-79.
5. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. – Ч. І. Проектування. – Ч. ІІ. Будівництво: ДБН В.2.3-4:2007. – [Чинний від 2008-03-01]. – К. : Вид-во ДерждорНДІ, 2007. – 91 с. – (Державні будівельні норми).
6. Лобашов О.О. Практикум з дисципліни "Організація дорожнього руху" : навч. посібн. / О.О. Лобашов, О.В. Прасоленко. – Харків : Вид-во ХНАМГ, 2011. – 221 с.
7. Світлофори дорожні. Загальні технічні вимоги, правила застосування та вимоги безпеки: ДСТУ 4092-2002. – [Чинний від 2003-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2002. – 23 с. – (Національний стандарт України).
8. Лопух О.Р. Удосконалення методів дослідження безпеки дорожнього руху (на прикладі міста Львова) / О.Р. Лопух, О.В. Придатко, І.В. Паснак // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2015. – Вип. 25.5. – С. 210-216.
9. Винарський М.С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях / М.С. Винарський, М.В. Лурье. – К. : Изд-во "Техніка", 1975. – 168 с.

Придатко А.В., Паснак І.В., Гречка М.В. Применение методов регрессионного анализа для прогнозирования аварийности регулируемых перекрестков города Львова

Обсуждены основные выходные параметры прогнозирования аварийности на регулируемых перекрестках и установлена величина их граничных значений. Получена математическая модель прогнозирования показателя аварийности перекрестков по примеру Львова, которая учитывает параметры интенсивности и пропускной способности. Регрессионное соотношение представлено в виде логарифмической и линейной функций отклика с целью проверки достоверности прогнозируемых результатов. Доказана выдвинутая гипотеза о возможности применения методов регрессионного анализа с целью прогнозирования аварийности на регулируемых перекрестках разных категорий.

Ключевые слова: прогнозирование аварийности, регрессионный анализ, регулируемый перекресток.

Pridatko A.V., Pasnak I.V., Grechka M.V. Application of methods of regressive analysis for prognostication of accident rate of the managed crossings of Lviv

In article substantiates the basic initial parameters for predicting accident rate regulated intersections and set their limit values. Obtained a mathematical model predicting accident rate index for the city of Lviv, which takes into account the intensity and bandwidth. Regression ratio is represented as a logarithmic and linear response functions to verify the reliability of the projected results. Proved hypothesis about the possibility of using regression analysis in order to predict accident rate at regulated crossroads. Prognostication conducted on the results of analytical studies the number of accidents at road intersections.

Keywords: accident rate predicting, regression analysis, controlled intersection.

УДК 614.84 *Заст. нач. факультету А.В. Титаренко, канд. психол. наук –
НУ цивільного захисту України*

ГАЗОНАПОВНЕНА ПІНА – ЕФЕКТИВНИЙ ЗАСІБ ПОЖЕЖОГАСІННЯ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ

Розглянуто класи пожеж та способи їх гасіння. Надано статистику лісових пожеж в Україні за 2014 р. Визначено, що головною проблемою, з якою стикаються оперативно-рятувальні підрозділи під час гасіння лісових пожеж, є гостра нестача вогнегасної речовини – води. Визначено, що за таких умов ефективним засобом пожежогасіння лісових пожеж є газонаповнена піна – однорідна дрібноструктурна піна низької кратності, що отримана шляхом змішування піноутворювача, води та стиснутого повітря або азоту. Наведено її основні переваги та недоліки. Висвітлено порівняльні результати гасіння лісової пожежі за допомогою води, повітряно-механічної піни та газонаповненої піни. Визначено, що застосування газонаповненої піни для гасіння лісових пожеж дасть змогу зменшити час гасіння, об'єм води на гасіння, а також зменшити швидкість поширення полум'я завдяки забезпечення вогнезахисту.

Ключові слова: пожежогасіння, газонаповнена піна, компресійна піна, лісова пожежа.

Постановка проблеми. Пожежа – неконтрольований процес знищення або пошкодження вогнем майна, під час якого виникають чинники, небезпечні для істот та навколишнього природного середовища [1].

Залежно від речовини, що горить, пожежі поділяють на такі класи [2]:

- А – горіння твердих речовин;
- В – горіння рідких речовин;
- С – горіння газоподібних речовин;
- D – горіння металів.

Залежно від класу пожежі, а також особливостей їх розвитку для припинення горіння застосовують такі способи гасіння [3]:

- *гасіння охолодженням* – реалізується застосуванням суцільних або розпиленних струменів води;
- *гасіння ізоляцією* – реалізується застосуванням вогнегасної піни або вогнегасного порошку, створенням розривів у горючій речовині та вогнезахисних полів;
- *гасіння розбавленням за допомогою тонкорозпиленних струменів води, газоводяних струменів, негорючих газів та парів;*
- *гасіння способом хімічного гальмування реакції горіння* за допомогою вогнегасних порошків та галоїдоуглеводородів.

Зазвичай у практиці пожежогасіння застосовують поєднання наведених засобів, один з яких домінує.

Лісова пожежа – стихійне (некероване) поширення вогню в лісі (на покритих і не покритих площах, землях лісового фонду). Щорічно у світі виникає більше 400 тис. лісових пожеж, які знищують мільйони тонн органічної речовини, сприяють поширенню шкідливих комах і дереворуйнівних грибків, зникають гриби та ягоди, посилюються болото-освітні процеси, виникає водна ерозія ґрунту [4]. За 2014 р. в Україні сталося 1486 лісових пожеж, 16677 га насаджень знищено вогнем, а збитки перевищили 50 млн грн [5].

Лісові та інші ландшафтні пожежі є пожежами класу А. Для гасіння лісових пожеж зазвичай застосовують воду, яку доставляють до осередку пожежі за допомогою такої протипожежної техніки: автоцистерни, пожежні насосні станції, рукавні автомобілі, пожежні літаки, пожежні вертольоти і навіть пожежні поїзди [6]. Таким чином, основним способом гасіння є охолодження зони горіння. Але головною проблемою, з якою стикаються оперативно-рятувальні підрозділи під час гасіння лісових пожеж є гостра нестача вогнегасної речовини – води. За таких умов актуальним є пошук вогнегасних засобів, що зменшує інтенсивність подачі води на гасіння лісової пожежі, а отже – її загальний об'єм.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Отримати великий об'єм вогнегасної речовини за значно меншої витрати води можна шляхом застосування вогнегасної піни [3]. Найчастіше її використовують для гасіння пожеж нафти та нафтопродуктів, вогнегасна піна є найефективнішим засобом гасіння таких пожеж [7]. Вперше піну було отримано на початку ХХ ст. внаслідок хімічної реакції між содою і сірчанокислим алюмінієм. Під час змішування кислотної і лужної частин хімічного заряду виділявся вуглекислий газ, який формував бульбашкову систему.

Надалі в Європі, а потім і в Америці було запатентовано способи отримання піни і складі піноутворювачів для гасіння пожеж [8]. У роботі [9] запатентовано принцип утворення повітряно-механічної піни, яку застосовують зараз у більшості випадків пожежогасіння. Така піна утворюється шляхом змішування води та піноутворювача в певному співвідношенні, після чого цей розчин рухається рукавами, а безпосередньо в пристрої гасіння до розчину додається повітря й утворюється піна. Але таку піну неможливо застосувати для гасіння лісових, оскільки її особливістю є обмежена дальність гасіння та низька адгезія.

З урахуванням цих недоліків, у 70-х роках ХХ ст. у штаті Техас США розробник Mark Cummins запропонував використовувати піну, яка стала відома як Texas Snow Job. Вона утворювалася шляхом змішування розчину піноутворювача та стиснутого повітря безпосередньо біля насоса, а рукавами рухалася вже готова піна. Ця система стала попередником сучасних систем газонаповненої піни, які прийнято називати системами CAFS-Compressed Air Foam System.

Постановка задачі та її вирішення. Мета роботи – проаналізувати особливості отримання газонаповненої піни та ефективність її використання для гасіння лісових та інших ландшафтних пожеж. Газонаповнена або компресійна піна – однорідна дрібноструктурна піна низької кратності, що отримана шляхом змішування піноутворювача, води та стиснутого повітря або азоту [10].

На рис. 1 наведено схему системи газонаповненої піни. Основними її складниками є пожежний насос, компресор і система регулювання подачі піно-