

**Висновки.** Розглядаючи башту, гондолу та інші елементи вітроустановки як абсолютно жорсткі тіла, а в'язі, що їх з'єднують, – як ідеальні, побудовано спрощену кінематичну схему вітроустановки. Проаналізовано питання складного руху лопатей внаслідок поривчастих вітрів за умови використання в конструкції вітроколеса спеціального механізму регулювання її кута атаки. Побудову системи диференціальних рівнянь руху проводили на основі принципів аналітичної механіки з урахуванням мінливості швидкості та напрямку вітрового потоку для різних значень жорсткості поворотної пружини.

Система (6) адекватно описує динамічну поведінку лопатей горизонтально-осьової вітроустановки під час їх одночасного нерівномірного обертання навколо трьох осей: башти, гондолої і власних поздовжніх осей.

На основі проведеного аналізу динаміки вітроустановки на подальших етапах досліджень планують доповнити (уточнити) існуючі математичні моделі горизонтально-осьових вітроустановок, які використовують у своїй конструкції механічні системи повороту лопатей (пружинні регулятори), та проаналізувати можливості оптимізації їх роботи.

### Література

1. Hodges D. Multi-Flexible-Body Analysis for Application to Wind-Turbine Control Design / D. Hodges, M. Patil // Proceedings of the ASME Wind Energy Symposium, Reno, Nevada, January, 2001. – pP. 281-300.
2. Molenaar D. Modeling of Structural Dynamics of Lagerwey LW-50/750 Wind Turbine / D. Molenaar, S. Dijkstra // Wind Engineering. – 1998. – Vol. 22, No. 6. – Pp. 253-264.
3. Bir G. Modal Analysis of a Teetered-Rotor Wind Turbine Using the Floquet Approach / G. Bir, C. Stol // Proceedings of the ASME Wind Energy Symposium, Reno, Nevada, January, 2000. – Pp. 23-33.
4. Кузьо І.В. Математичне моделювання динаміки тихохідного вітроколеса / І.В. Кузьо, В.М. Корендій // Наукові нотатки. – 2011. – № 33. – С. 115-123.
5. Корендій В.М. Оцінювання характеристик міцності та жорсткості лопатей тихохідного вітроколеса / В.М. Корендій // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – 2011. – № 45. – С. 68-75.
6. Корендій В.М. Коливні процеси лопатей вітроустановок / В.М. Корендій // Вісник у техніці та технологіях. – 2012. – № 1 (65). – С. 5-10.
7. Кузьо І.В. Коливання лопатей у площині обертання вітроколеса / І.В. Кузьо, В.М. Корендій, Н.І. Прокопеш // Галузеве машинобудування, будівництво : зб. наук. праць. – 2012. – Вип. 2 (32), т. 1. – С. 111-119.

### **Корендій В.М. Динаміка складного руху лопатей ветроустановки**

На основе упрощенной кинематической схемы ветроустановки построена система дифференциальных уравнений сложного движения лопасти – неравномерного вращения вокруг трех осей: башни (при изменении направления ветра), гондолы (вследствие взаимодействия с потоком воздуха) и собственной продольной оси (при изменении скорости потока воздуха). Проанализированы аэродинамические, гравитационные и инерционные нагрузки на лопасть при использовании в конструкции ветроколеса механизма пассивной стабилизации его угловой скорости.

**Ключевые слова:** ветроустановка, сложное движение лопасти, ветроколесо, механизм пассивной стабилизации угловой скорости.

### **Korendiy V.M. Dynamics of compound motion of wind turbine blades.**

The system of differential equations of blade compound motion – irregular rotation round three axes: tower (at change of wind direction), nacelle (as a result of interaction with air flow) and own longitudinal axis (at change of wind flow velocity) is built on the basis of simplified kinetic scheme of wind turbine. Aerodynamic, gravitational and inertial

loadings on the blade under usage of the mechanism of passive stabilization of wind-wheel angular velocity in its construction are analyzed.

**Keywords:** wind turbine, blade compound motion, wind-wheel, mechanism of passive stabilization of angular velocity.

УДК 630\*6(075.8)

Здобувач Н.М. Собко<sup>1</sup> – НЛТУ України, м. Львів

### **ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ЛІСОЗАГОТІВЕЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В ГІРСЬКИХ УМОВАХ**

Для дослідження зміни показників роботи лісозаготівельної техніки використано методику планування багатofакторного експерименту. Отримано рівняння регресії для визначення продуктивності машин енергомісткості трелювальної техніки та собівартості вивезеної деревини залежно від природних та виробничих умов, які дають змогу прогнозувати зміну цих параметрів.

Ефективність роботи лісозаготівельної техніки визначається технологічними та експлуатаційними показниками, які безпосередньо впливають на собівартість вивезеної деревини.

Аналіз роботи лісозаготівельної техніки у виробничих умовах Держлісгоспів Львівської, Івано-Франківської, Закарпатської та Чернівецької областей, виконаний з участю автора, та аналіз досліджень лісозаготівельників і лісоводів показав, що основними параметрами, які характеризують роботу машин і залежать як від природних, так і виробничих умов, можна вважати продуктивність, виробничий потенціал, енергомісткість та собівартість заготовленої деревини [1-3], які залежать від технічних характеристик машин (потужність, вантажопідймальність, швидкість переміщення колод) та природних умов (об'єму стовбура, запасу деревини на лісосіці та ухилу траси установки чи трелювального волоку). На основі даних про роботу машин у виробничих умовах можна отримати емпіричні залежності для визначення продуктивності праці, енергомісткості та собівартості заготовленої деревини. З цією метою скористаємося методикою планування багатofакторного експерименту [4].

У загальному вигляді функція відгуку, яка є параметром оптимізації  $\eta$ , може бути представлена залежністю:

$$\eta = f(x_1, x_2, \dots, x_k), \quad (1)$$

де:  $x_1, x_2, \dots, x_k$  – незалежні змінні фактори,  $k$  – число факторів.

За результатами експерименту можна визначити вибіркові коефіцієнти регресії. Тоді рівняння регресії можна записати в такому виді:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{11} \cdot x_1^2 + \dots, \quad (2)$$

$$\dots + b_{(k-1)} \cdot x_{(k-1)} \cdot x_k + \dots + b_{kk} \cdot x_k^2,$$

де:  $y$  – вибіркова оцінка функції відгуку  $\eta$ ;  $b_0, b_1, b_2, b_{12}, \dots$  – вибіркові коефіцієнти регресії.

Для визначення коефіцієнтів рівняння (2) достатньо реалізувати факторний експеримент типу  $2^k$ . Для зручності запису умов експерименту та оброблен-

<sup>1</sup> Наук. керівник: доц. О.М. Адамовський, канд. екон. наук – НЛТУ України, м. Львів

ня даних рівні факторів кодують. Відповідно, верхній рівень позначають +1, нижній -1, а основний 0. Кодове значення фактора  $x_i$  визначають за залежністю:

$$x_i = \frac{(\bar{x}_i - \bar{x}_i^0)^2}{\varepsilon_i}, \quad (3)$$

де:  $\bar{x}_i$  – натуральне значення  $i$ -го фактора;  $\bar{x}_i^0$  – натуральне значення основного рівня  $i$ -го фактора;  $\varepsilon_i$  – інтервал зміни  $i$ -го фактора.

Якщо число рівнів кожного фактора  $m$ , а число факторів  $k$ , то число  $N$  експериментів визначається залежністю:

$$N = m^k, \quad (4)$$

Факторний експеримент здійснюють за допомогою матриці планування, в якій використовують кодові значення факторів.

У ході оброблення результатів спостережень для отримання залежностей, що характеризують продуктивність та енергомісткість, використано повний факторний експеримент для двох факторів, тобто матрицю  $2^2$  (табл. 1), для дослідження собівартості заготовленої деревини реалізовано матрицю ПФП $2^3$  (табл. 2).

Табл. 1. Матриця планування факторного експерименту  $2^2$  для визначення продуктивності і енергомісткості лісозаготівельної техніки

Номер експерименту	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$y$
1	+1	+1	+1	$y_1$
2	+1	-1	+1	$y_2$
3	+1	+1	-1	$y_3$
4	+1	-1	-1	$y_4$

Табл. 2. Матриця планування факторного експерименту  $2^3$  для визначення собівартості деревини

Номер експерименту	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$y$
1	+1	+1	+1	+1	$y_1$
2	+1	-1	+1	+1	$y_2$
3	+1	+1	-1	+1	$y_3$
4	+1	-1	-1	+1	$y_4$
5	+1	+1	+1	-1	$y_5$
6	+1	-1	+1	-1	$y_6$
7	+1	+1	-1	-1	$y_7$
8	+1	-1	-1	-1	$y_8$

Згідно з теорією планування експерименту, матриця другого порядку передбачає для випадку  $k = 2$  використання 4 точок ядра, 4 зоряних точок та 5 окремих дослідів у центрі, відповідно для  $k = 3-8$  точок ядра, 8 зоряних точок та 10 окремих дослідів у центрі [4, 5].

На основі аналізу роботи лісозаготівельної техніки у виробничих умовах встановлено змінні фактори для різних функцій та рівні їх варіювання. Ними вибрано:

- для продуктивності –  $y_n$  за фактори впливу прийнято – відстань трелювання –  $x_{1n}$  та вантажопідймальність установки  $x_{2n}$ ;
- для енергомісткості –  $y_e$  відповідно – продуктивність  $x_{1e}$  і потужність  $x_{2e}$ ;
- для собівартості  $y_c$  – продуктивність  $x_{1c}$ , енергомісткість –  $x_{2c}$  та балансова вартість  $x_{3c} = B$ .

Значення факторів та рівні їх варіювання наведено в табл. 3-5.

Табл. 3. Змінні фактори та рівні їх варіювання для отримання рівняння регресії продуктивності машин

Характеристика плану	Натуральне мірило		Нормоване мірило
	$x_{1n} = l_{mp}$	$x_{2n} = Q, м^3$	
Нульовий рівень	550	6,4	0
Верхній рівень	800	10,2	+1
Нижній рівень	300	2,6	-1
Зоряні точки	902,5	11,76	1,414
	197,5	1,04	-1,414

Табл. 4. Змінні фактори та рівні їх варіювання для отримання рівняння регресії енергомісткості заготовленої деревини

Характеристика плану	Натуральне мірило		Нормоване мірило
	$x_{1e} = P_{зм}, м^3$	$x_{2e} = N_m, квт$	
Нульовий рівень	31,7	90	0
Верхній рівень	51,2	136	+1
Нижній рівень	12,2	44	-1
Зоряні точки	54,05	153,45	1,414
	9,35	26,55	-1,414

Табл. 5. Змінні фактори та рівні їх варіювання для отримання рівняння регресії собівартості заготовленої деревини

Характеристика плану	Натуральне мірило			Нормоване мірило
	$x_{1c} = P_{зм}$	$x_{2c} = E_m, кг / зм$	$x_{3c} = B, тис.грн.$	
Нульовий рівень	32	29,3	68	0
Верхній рівень	52	40,1	120	+1
Нижній рівень	12	18,5	16	-1

Для визначення "зоряних точок" табл. 3, 4 розглянемо значення, які приймають основні фактори та визначимо відповідні нормовані змінні [5]:

$$x_1 = \frac{(z_n - x_1^0)}{\Delta z}, \quad (5)$$

де:  $x_1$  – значення змінного фактора;  $x_1^0$  – значення нульового рівня змінного фактора;  $z_n$  – значення нормованої змінної;  $\Delta z$  – інтервал варіювання,  $(x_1 - x_1^0)$ .

Для змінного фактора  $x_1$  точки зоряного плеча приймають кодові значення  $\pm\sqrt{2}$ , [5]. Тоді змінні фактори для зоряних точок можна визначити з залежності:

$$z_n = \pm\sqrt{2} \cdot \Delta z + x_1^0. \quad (6)$$

Матриця для кодівих значень  $k = 2$  представлена у вигляді табл. 6.

Табл. 6. Матриця для  $k = 2$  у кодівих значеннях та базисних функцій

Досліди		$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_1^2$	$x_2^2$	$x_1 \cdot x_2$	$П_{зм}, м^3$	$E, кг / зм$
назва області	номер досліджу								
Ядро плану	1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	31,2	40,1
	2	+1	-1	+1	+1	+1	-1	51,2	36,8
	3	+1	+1	-1	+1	+1	-1	12,2	25,2
	4	+1	-1	-1	+1	+1	+1	22,2	18,5
Зоряні точки	5	+1	-1,414	0	2	0	0	44,6	16,2
	6	+1	+1,414	0	2	0	0	20,2	50,6
	7	+1	0	-1,414	0	2	0	30,6	18,2
	8	+1	0	+1,414	0	2	0	42,1	48,4
Досліди у центрі	9	+1	0	0	0	0	0	32,6	32,8
	10	+1	0	0	0	0	0	31,8	34,6
	11	+1	0	0	0	0	0	31,9	33,5
	12	+1	0	0	0	0	0	33,0	34,0
	13	+1	0	0	0	0	0	32,8	33,9

Коефіцієнти регресії рівняння (2) визначають за формулою

$$b_i = \frac{1}{N} \cdot \sum_{n=1}^n y_n, \quad (7)$$

де:  $y_n$  – експериментальне значення параметра в  $i$ -тому досліді;  $N$  – кількість дослідів.

Оцінку даних, отриманих експериментально та за допомогою аналітичної залежності, проводять за  $F$ -критерієм Фішера [5]:

$$F_p = \frac{\sigma_{a0}^2}{\sigma_y^2}, \quad (8)$$

де:  $\sigma_{a0}^2$  – дисперсія адекватності;  $\sigma_y^2$  – помилка досліджу (дисперсія досліджу).

Оцінка значущості коефіцієнтів регресії проводиться за величиною довірчого інтервалу:

$$\Delta b_i = \pm t \cdot \sqrt{\frac{\sigma_y^2}{n}}, \quad (9)$$

де:  $\Delta b_i$  – довірчий інтервал  $i$ -го коефіцієнта;  $t$  – значення критерію Стюдента для 5% -го вибраного рівня значущості [5],  $t = 1,96$ . Розрахункове значення  $F_p$ -критерію Фішера становить  $F_p = 2,9507 / 1,8328 = 1,6099$ . За таблицями значень  $F(q, f_{a0}, f_n)$ -критерію Фішера для кількості ступенів свободи  $f_{a0} = 3$  та  $f_n = 56$  і рівня значущості  $q = 0,05$  знайдено  $F_{кр} = 2,76$ .

У процесі порівняння отриманих значень  $F_p = 1,6099$  і  $F_{кр} = 2,76$  на виконання умови  $F_p < F_{кр}$  впливає, що розрахункове значення  $F_p$ -критерію Фішера менше критичного  $F_{кр}$ , тому рівняння регресії забезпечують достовірні результати, що загалом не суперечить дослідним даним з рівнем значущості  $q = 0,05$ . Отже, модель вважають адекватною.

Матриця планування експерименту прийме вигляд

$$F = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1,414 & 0 & 2 & 0 & 0 \\ 1 & 1,414 & 0 & 2 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1,414 & 0 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 1,414 & 0 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Записавши її рядки як стовпчики, отримуємо транспоновану матрицю

$$F^T = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & -1,414 & 1,414 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 0 & 0 & -1,414 & 1,414 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 2 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Матриця для кодівих значень  $k = 3$  представлена у вигляді табл. 7.

Табл. 7. Матриця для  $k = 3$  у кодівих значеннях та базисної функції

Номер досліджу	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1x_2$	$x_1x_3$	$x_2x_3$	$x_1x_2x_3$	$C / грн за 1м^3$
1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	38,0
2	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	29,6
3	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	33,9
4	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	28,2
5	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	35,6
6	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	33,7
7	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	34,2
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	25,7

Оцінювання значущості коефіцієнтів рівняння регресії виконано за допомогою критерію Стюдента. Коефіцієнт вважається значущим, якщо виконується нерівність  $|b_i| \geq t_{табл} S_{\beta} \{b_i\}$  для  $t_{табл} = 1,97$  з рівнем достовірності  $q = 0,05$  і  $f_y = N_0(n - 1)$ ,  $f_y = 8(8 - 1) = 56$ , [5]. Отже,  $t_{табл} S_{\beta} \{b_i\} = 1,97 \times 0,198 = 0,39$ . Це співвідношення не виконується тільки для коефіцієнтів  $b_{13} = 0,075$  і  $b_{23} = 0,05$ . Від-

повідно встановлено, що всі коефіцієнти регресійної моделі, крім  $b_{13}$  і  $b_{23}$ , є значущі. Тому відповідні члени  $b_{13}x_1x_3$  і  $b_{23}x_2x_3$  не приймаються до уваги під час побудови рівняння регресії.

Довірчі інтервали для кожного із значущих коефіцієнтів регресії  $b_i$  визначимо з допомогою  $t$ -критерію.

Розрахунки виконано за допомогою розроблених алгоритмів з використанням програм "Microsoft Office Excel 2003" та "Maple 12".

Внаслідок цього розрахунку коефіцієнтів регресії та оцінювання їх значимості отримано рівняння регресії з кодовими позначеннями факторів в насупному виді:

$$\begin{aligned} y_1 &= b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_{11} \cdot x_1^2 + b_{22} \cdot x_2^2 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 = \\ &= 29,2 - 7,5x_1 + 12,0x_2 - 2,5x_1 \cdot x_2 + 29,2(x_1^2 + x_2^2). \\ y_2 &= 30,15 - 2,5x_1 + 8,3x_2 + 30,15(x_1^2 + x_2^2) - 3,4x_1 \cdot x_2. \\ y_3 &= 32,3 - 3,06x_1 - 1,86x_2 - 0,06x_3 - 0,49x_1 \cdot x_2 - 1,16x_1 \cdot x_2 \cdot x_3. \end{aligned}$$

Отримані залежності дають змогу прогнозувати зміну продуктивності праці, енерговитрат та собівартості деревини залежно від умов роботи та типу трелювальних засобів.

### Література

1. Сиякевич І.М. Лісова політика: теорія і практика у контексті економічних, екологічних та соціальних потреб лісокористування / І.М. Сиякевич. – Львів : Вид-во "Піраміда", 2008. – 612 с.
2. Шкіря Т.М. Технологія і машини лісосічних робіт / Т.М. Шкіря. – Львів : Вид-во "Триада плюс", 2003. – 352 с.
3. Генсирук С.А. Ліси України / С.А. Генсирук. – К. : Вид-во "Наук. думка", 1992. – 408 с.
4. Зінко Р.В. Методика експериментальних досліджень роботи механічних систем / Р.В. Зінко, І.С. Лозовий, Ю.М. Черевко, М.І. Черевко. – Львів : Вид-во ЛІСВ, 2009. – 160 с.
5. Пилипчук М.І. Основи наукових досліджень : підручник / М.І. Пилипчук, А.С. Григор'єв, В.В. Шостак. – К. : Вид-во "Знання", 2007. – 272 с.

### **Собко Н.М. Исследование основных показателей работы лесозаготовительной техники в горных условиях**

С целью исследования изменения показателей работы лесозаготовительной техники использована методика планирования многофакторного эксперимента. Получены уравнения регрессии для определения производительности машин, энергоёмкости трелёвочной техники и себестоимости вывезенной древесины в зависимости от естественных и производственных условий, которые позволят прогнозировать изменение этих параметров.

### **Sobko N.M. Mountain terms have research of basic indexes of work of timber cutting technique**

For the analysis of change of basic parameters of timber cutting technique the method of planning of multivariable experiment is utilized. Equalization of regression is got for determination of the productivity machines technique and prime price of the taken out wood depending on natural and production terms which will enable to forecast the change of these parameters.

УДК 614.843(075.32)

Ад'юнкт І.В. Паснак<sup>1</sup> –

Львівський ДУ безпеки життєдіяльності

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРИВАЛОСТІ ДОЇЗДУ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПОЖЕЖНОГО ПРИЧЕПА ДО МІСЦЯ ВИНИКНЕННЯ ПОЖЕЖИ**

Наведено результати експериментальних досліджень тривалості доїзду багатофункціонального пожежного причепа до місця виникнення пожежі на основі методу дробово-факторного експерименту. Отримано адекватну емпіричну залежність процесу впливу на тривалість доїзду до місця виникнення пожежі багатофункціонального пожежного причепа опору дороги, кількості поворотів причепа, маси причепа та відстані до місця виникнення пожежі. Встановлено, що на тривалість доїзду багатофункціонального пожежного причепа найбільше впливає відстань до місця виникнення пожежі.

**Ключові слова:** пожежний причеп, тривалість доїзду, дробово-факторний експеримент, ліквідація пожежі.

**Постановка проблеми.** Одним з основних напрямків швидкої ліквідації пожежі є зменшення інтервалу часу до подачі перших стволів на гасіння пожежі завдяки оперативності прибуття до місця пожежі. З цією метою у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності було розроблено багатофункціональний пожежний причеп [1-3].

Робота багатофункціонального причепа полягає в можливості його експлуатації з квадроциклом, мотоциклом та вручну, оскільки його ширина не перевищує ширину керма зазначених вище транспортних засобів, що дає змогу здійснювати рух по пішохідних тротуарах під час загорів у процесі переміщення. Пожежогасіння може здійснюватися як від зовнішніх вододжерел, так і від вбудованої ємності за допомогою пожежно-рятувального обладнання, яким причеп комплектується залежно від специфіки об'єкта. За допомогою освітлювальної щогли в нічний час здійснюється освітлення місця проведення оперативних дій. Внаслідок таких можливостей підвищується маневреність та прохідність причепа, що призводить до зменшення часу вільного розвитку пожежі.

Для встановлення впливу факторів залежно від специфіки об'єкта на тривалість доїзду багатофункціонального пожежного причепа до місця виникнення пожежі було поставлено завдання провести його експериментальне дослідження.

**Мета роботи.** Здійснити експериментальне дослідження тривалості доїзду багатофункціонального пожежного причепа до місця виникнення пожежі.

**Виклад основного матеріалу.** Експериментальне дослідження тривалості доїзду багатофункціонального пожежного причепа до місця виникнення пожежі проводимо на основі методу дробовофакторного експерименту  $2^{4+1}$ , який є пів-реплікою від повнофакторного експерименту  $2^4$  з метою визначення впливу на тривалість доїзду опору дороги  $f$ , кількості поворотів причепа  $K$ , маси причепа  $M$  та відстані до місця виникнення пожежі  $S$ . Коефіцієнт опору дороги  $f$  [4] відображає вид долівки, по якій рухається причеп.

<sup>1</sup> Наук. керівник: доц. О.Е. Васильєва, канд. техн. наук