

МАШИНОЗНАВСТВО ТА АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ

УДК 628.157

**ПОКРАЩЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ БАГАТОКІВШЕВОГО ДРЕНОУКЛАДАЧА
ЗА РАХУНОК ВДОСКОНАЛЕННЯ ЗУБА НА КОВШІ ЕКСКАВАТОРА**

А. М. Ясинський

студент 5 курсу, група ПТМм-51, навчально-науковий механічний інститут

Науковий керівник – к.т.н., доцент О. П. Лук'яничук

*Національний університет водного господарства та природокористування
м. Рівне, Україна.*

Проведено дослід в лабораторії кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин та обладнання. На основі одержаних результатів було проведено двофакторний математичний аналіз впливу кута різання, радіусу поверхні зуба та глибини на зусилля різання.

Ключові слова: глибина, кут, зусилля, радіус, розрахункова система MathCad.

Проведён эксперимент в лаборатории кафедры строительных, дорожных, мелиоративных, сельскохозяйственных машин и оборудования. На основе полученных результатов был проведён двухфакторный математический анализ влияния угла резания, радиуса поверхности зуба и глубины на усилие резания.

Ключевые слова: глубина, угол, усилие, радиус, расчетная система MathCad.

The experiment carried out in the laboratory of the Department of construction, road, reclamation, agricultural machinery and equipment. On the basis of the obtained results was conducted two factorial mathematical analysis of the influence of cutting angle, radius of the tooth surface and depth on the cutting force.

Keywords: depth, angle, force, radius, settlement system MathCad.

Створення землерийних машин базується на методиці їх розрахунку запропонованих різними авторами. До переваг дреноукладачів широкотраншейного способу належать низький тяговий опір, можливість роботи в ґрунтах з камінням і деревними включеннями, можливість використання дрен великого діаметру і простота контролю укладання дрени. Основними недоліками є великий обсяг земляних робіт, низька продуктивність, складність робочого органу, висока вартість будівництва, втрата частини ґрунтового шару.

Дослідженню процесів та закономірностей розробки ґрунтового масиву машинам безперервної дії присвячені роботи В. Д. Абезгауза, Ю. А. Ветрова, В. Л. Баладінського, А. М. Зеленіна, В. П. Горячкіна, М. Г. Домбровського, В. В. Нічке, Д. І. Федорова, В. К. Руднева, В. І. Баловнева, А. М. Холодова, Л. Є. Пелевіна, І. А. Недорезова, Л. А. Хмари, В. Ю. Дончука, О. М. Гаркавенка та інших вчених.

В даній статті застосована методика математичного аналізу впливу глибини, радіусу поверхні зуба, кута на зусилля різання P , H за допомогою програми MathCad на основі даних експериментального дослідження, які були отримані в лабораторії. На основі даних було побудовано графічні залежності глибини і радіусу поверхні зуба на зусилля різання, а також глибини і кута різання на зусилля P , H . Проаналізувавши графіки, було визначено, які сили найбільше впливають на P , H .

У загальному вигляді математична модель, що описує залежність вихідного фактора від вхідних факторів (X_1 , X_2) має вигляд:

$$Y = f(X_1, X_2), \quad (1)$$

де X_1 – глибина занурення робочого органу, см, м; X_2 – R поверхні зуба.

Для деталізації моделі застосуємо метод математичного планування експерименту і запишемо рівняння регресії, нехтуючи степенями факторів вище першого у вигляді:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2, \quad (2)$$

де x_1, x_2 – кодовані значення факторів; b_0, b_1, b_2, b_{12} – коефіцієнти рівняння регресії.

Розв'язок даної моделі дасть можливість виявити вплив глибини занурення робочого органу та R поверхні зуба на зусилля різання.

Для здійснення математичного планування експерименту необхідно закодувати фактори. Зв'язок між кодовими і натуральними значеннями факторів встановлюється залежністю

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X_i}, \quad (3)$$

де x_i, X_i – відповідно кодоване та натуральне значення i -го фактора;

X_{i0} – натуральне значення i -го фактора на нульовому рівні;

ΔX_i – інтервал варіювання i -го фактора.

Натуральні значення вхідних факторів для кожного досліді згідно план-матриці повнофакторного експерименту наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Натуральні значення вихідних факторів

Номер досліді	X_1 Глибина занурення робочого органу, см	X_2 Радіус поверхні зуба, см
1	5	9,5
2	10	12,6
3	5	9,5
4	10	12,6

Результати дослідів за умови реалізації трьох паралельних дослідів ($m = 3$), середні значення втрат та оцінка дисперсії в кожному досліді, обчислені за формулами (4) та (5), відповідно наведені в табл. 2.

Оцінка дисперсії S_u^2 в кожному досліді:

$$S_u^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{k=1}^m (y_{uk} - \bar{y}_u)^2, \quad (4)$$

Перевірку відтворюваності дослідів проведено за критерієм Кохрена, який базується на законі розподілу максимальної оцінки дисперсії $s_{u\max}^2$ до суми всіх оцінок дисперсії, що порівнюються:

$$G = s_{u\max}^2 / \left(\sum_{u=1}^n s_u^2 \right). \quad (5)$$

Таблиця 2

Результати дослідів та її дисперсія

Номер дослідів	x_1	x_2	Зусилля Р,Н			Середнє арифметичне значення вихідного параметра $\bar{y}_u, \%$	Оцінка дисперсії S_u^2 в досліді
			Повторюваність				
			y_{u_1}	y_{u_2}	y_{u_3}		
1	-1	-1	541,5	542,6	542,1	542	0,303
2	+1	-1	549,8	550	550,2	550	0,04
3	-1	+1	555,4	556,1	556,5	556	0,31
4	+1	+1	563,2	562,8	563,1	563	0,043

Умова відтворюваності дослідів:

$$G \leq G(q_{\text{від}}; n; v_u) \tag{6}$$

де $G(q_{\text{від}}; n; v_u)$ – критичне значення критерію Кохрена, яке вибирається залежно від рівня значущості $q_{\text{від}}$, числа незалежних оцінок дисперсії n (числа дослідів) та числа ступенів вільності кожної оцінки $v_u = m - 1$.

Для $n = 4, m = 3, q_{\text{від}} = 0,05$ значення критерію Кохрена $G(q_{\text{від}}; n; f_u) = 0,7678$.

Дисперсія відтворюваності дослідів визначалась за формулою

$$S_{\text{від}}^2 = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n S_u^2 \tag{7}$$

Критерій Кохрена, визначений за формулою (6): $G=0.502 < 0.7678$, отже, умова відтворюваності дослідів (7) задовольняється.

Дисперсія відтворюваності визначалась для нашого випадку, при $m=3$ і $n=4$ $s_{\text{від}}^2=0,048$.

Коефіцієнти рівняння регресії та значення критерію Стьюдента, що визначені за формулою (8) відповідно наведенні в табл. 3.

Після визначення коефіцієнтів b рівняння регресії перевіряємо гіпотезу про їх значимість, за допомогою критерію Стьюдента

$$s^2(b) = \frac{1}{nm} s_{\text{від}}^2 \tag{8}$$

Дисперсія оцінки коефіцієнтів, $s(b)=0,063$.

Якщо знайдене значення критерію Стьюдента перевищує значення $t_{kp} = 2,7764$ (для числа ступенів вільності $v_{\text{від}}=4$ і рівня значущості $q_{\text{від}}=0,05$), то оцінку відповідного коефіцієнта рівняння регресії признають значущою, в іншому разі приймають значення відповідного коефіцієнта регресії рівне нулю.

Таблиця 3

Коефіцієнти рівняння регресії та значення критерію Стьюдента

Коефіцієнт	b_0	b_1	b_2	b_{12}
Значення коефіцієнта	552,7	3,742	6,742	-0,225
Критерій Стьюдента	0,00875	59,224	106,709	3,561

Оскільки критичне значення критерію Стьюдента $t_{kp} = 2,7764$, то значущими признають всі коефіцієнти, крім b_{12} .

Тоді рівняння регресії у кодіваних факторах запишеться:

$$y(x_1; x_2) = 3,742 x_1 + 6,742 x_2 + 552,7. \tag{9}$$

Побудовані поверхні відгуку за даним рівнянням подані на рис. 1 і рис. 2.

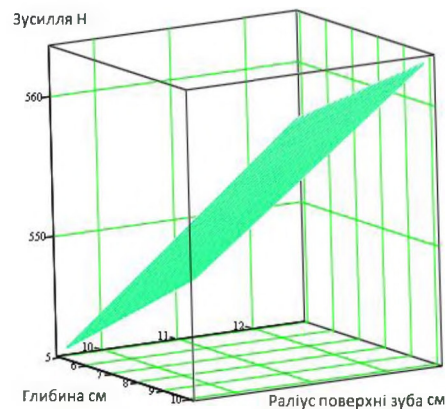
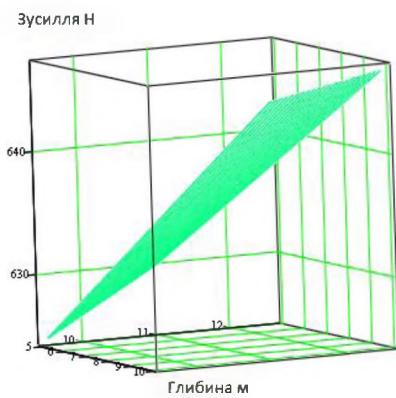


Рис. 1. Поверхні відгуку в кодованих факторах

Рис. 2. Поверхні відгуку в натуральних факторах

Для перевірки адекватності отриманої математичної моделі, обраховуємо технічну продуктивність копання ґрунту за рівнянням регресії (9). Дисперсія адекватності, обрахована за формулою (10) $s_{ad}^2=0,1$. Оскільки $S_{ad}^2 \gg S_{вид}^2$, то критерій Фішера, буде становити $F=2,008$.

$$S_{ad}^2 = \frac{m}{n-d} \sum_{u=1}^n (\bar{y}_u - \tilde{y}_u)^2, \quad (10)$$

де s_{ad}^2 – дисперсія адекватності; d – число значущих коефіцієнтів рівняння регресії;

\tilde{y}_u – величина відгуку, отримана в результаті підстановки відповідних величин факторів x_i в рівняння регресії.

Математичний опис вважається адекватним, якщо

$$F < F(q_{\text{від}}; \nu_{ad}; \nu_{\text{від}}), \quad (11)$$

де ν_{ad} – число ступенів вільності дисперсії адекватності: $\nu_{ad} = n - d$.

Математичний опис адекватний, так як $1,309 < F(0,05; 2; 8) = 4$.

Враховавши зв'язок між кодованими і дійсними факторами отримаємо рівняння регресії у натуральних факторах:

$$Y(X_1, X_2) = 2,13X_1 + 4,78X_2 + 488. \quad (12)$$

Поверхні відгуку, побудовані за цими рівняннями наведено на рис. 2.

Проаналізувавши результати двофакторного математичного методу на основі експериментального дослідження, можемо сказати, що зусилля різання Р, Н зростає зі збільшенням глибини різання і радіусом поверхні зуба. Саме підвищення продуктивності зуба за рахунок зменшення енергоємності процесу розробки ґрунту покращить процес роботи робочого органу дреноукладача, що, у свою чергу, збільшить продуктивність роботи.

Список використаних джерел:

1. Зеленін А. Н. Основи руйнування ґрунтів механічним способом / А. Н. Зеленін. – М. : Машинобудування, 1968. – 376 с.
2. Боловнєв В. І. Моделювання процесів взаємодії зі середовищем робочих органів дорожньобудувальних машин / В. І. Боловнєв. – М. : Машинобудування, 1994. – 335 с.
3. 031-218 Методичні вказівки для виконання практичних робіт з дисципліни «Основи наукових досліджень» для студентів напрямку 6.050601 / С. В. Кравець. – Рівне : НУВГП, 2008 – 33 с.
4. Экскаватор мелиоративный (дреноукладчик) ЭТЦ-202А (Техническое описание и инструкции по эксплуатации) – Ташкенское производственное объединение ТАВЛЕКС, 1976.