

УДК 658.011.56

ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ МАШИН БОРОШНОМЕЛЬНИХ АГРЕГАТІВ НА ПОТУЖНІСТЬ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Саржан С.В., магістр*,

Постнікова М.В., к.т.н.,

Карпова О.П., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619)42-31-59

Анотація – визначений вплив конструктивних параметрів щіточної машини борошномельних агрегатів на потужність електродвигунів.

Ключові слова – раціональне використання електроенергії, раціональні параметри електродвигунів, багатофакторний експеримент, борошномельний агрегат.

Постановка проблеми. Для аналізу шляхів раціонального використання електроенергії при помелу зерна необхідно враховувати вплив конструктивних параметрів робочих машин борошномельних агрегатів на потужність електродвигунів. В зв'язку з цим виникає необхідність проведення досліджень по визначенню раціональних конструктивних параметрів робочих машин і вибору потужності привідних електродвигунів.

Аналіз останніх досліджень. На потужність електродвигунів робочих машин борошномельних агрегатів впливають різні фактори, більшість з яких мають тісний зв'язок між собою. Оглядом факторів, які впливають на потужність електродвигунів займалися вчені [1, 2]. Однак, це питання вимагає додаткових досліджень.

Формулювання цілей статті. Провести теоретичне дослідження впливу конструктивних параметрів щіточної машини борошномельних агрегатів на потужність електродвигунів.

Основна частина. На робочі органи та процеси машин борошномельних агрегатів мають вплив одночасно декілька факторів. Коливання одного фактору служать безпосередньою причиною зміни впливу інших факторів на досліджувані параметри. Для цього необхідно провести багатофакторний експеримент. Застосування для цих

*науковий керівник Карпова О.П.

© магістр Саржан С.В., к.т.н. Постнікова М.В., к.т.н. Карпова А.П.

цілей «класичного способу» – зміна факторів по одному при стабілізації решти вимагає проведення великої кількості дослідів. Такий спосіб дослідження довготривалий та малоефективний. В деяких випадках він не лише ускладнює визначення оптимальних умов, але і не дозволяє вирішити поставлену задачу. Для зменшення кількості дослідів та їх більшій достовірності використовують метод активного планування експерименту. За допомогою цього методу можливо отримати математичну модель для вказаних факторів. В цьому випадку успішно може бути використаний математичний апарат теорії планування експерименту. При цьому математична модель об'єкту перетворюється в просту модель, яка складається з поліномів – відрізків ряду Тейлора виду

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^N b_i \cdot x_i + \sum_{i < j}^N b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + \sum_{i < j < k}^N b_{ijk} \cdot x_i \cdot x_j \cdot x_k + \dots,$$

де y – оцінка будь-якої функції цілі;

b_0, b_i, b_{ij} – коефіцієнти поліномів;

x_i, x_j, \dots, x_n – незалежні змінні.

Однак, методи планування експерименту розроблені стосовно до складних об'єктів з невідомими функціональними зв'язками вхідних та вихідних параметрів, в яких окрім основних фізичних факторів діють ряд випадкових величин.

У випадку застосування методів теорії планування експерименту до математичної моделі об'єкту під «експериментом» розуміють сукупність розрахунків, яка дає однозначне рішення для функції цілі y . При цьому відсутні дисперсії вхідних та вихідних величин. Урахування цієї обставини складає основну особливість застосування методів планування експерименту до математичної моделі об'єкту. Відпадає необхідність дублювання розрахунків у точках факторного простору та рандомізації їх у часі. Але відсутність дисперсії функції цілі не дозволяє отримати опис функції поліномом з обмеженим числом членів.

Тому в прийнятому методі штучно введена дисперсія відтворюваності $S_B^2\{y\}$ такої величини, яка забезпечила точність розрахунків, що вимагається. Було прийнято, що $S_B^2\{y\} = (3\sigma)^2$, де σ – середня квадратична помилка або стандарт, рівний $\sigma=0,02$, тобто 2%. В цьому випадку всі передумови регресійного аналізу дотримані.

Наприклад, для щіточної машини агрегату ОПМ-0,6, потужність, яку споживає електродвигун

$$P_{ос} = \frac{k \cdot \pi \cdot R \cdot L \cdot q \cdot k_s \cdot n}{\eta_{пер}},$$

де k – коефіцієнт, який враховує довжину дуги деки;

R – внутрішній діаметр деки, м;

L – довжина деки, м;

q – питома навантаження на деку, кг/(м²·год.);

k_3 – коефіцієнт завантаження;

n – питома потужність, (кВт·год.)/т;

$\eta_{пер}$ – коефіцієнт пасової передачі.

В математичній моделі (рис. 1) прийнято:

x_1 – питома потужність, (кВт·год.)/т;

x_2 – довжина деки, м;

x_3 – питома навантаження на деку, кг/(м²·год.);

x_4 – коефіцієнт пасової передачі;

x_5 – коефіцієнт, який враховує довжину дуги деки;

x_6 – внутрішній діаметр деки, м;

x_7 – коефіцієнт завантаження;

y – потужність, яку споживає електродвигун, кВт.



Рис. 1. Структурна схема математичного моделювання.

Математичний опис потужності електродвигуна визначається шляхом варіювання кожного з факторів на двох рівнях, які відрізняються від основного на величину ступеня $\pm\Delta x_i$. Вибір факторів, інтервалів варіювання (таблиця 1) визначався на основі аналізу апріорної інформації. Матриця плану приведена в таблиці 2.

Таблиця 1 – Рівні факторів і інтервалів варіювання

Рівні факторів	Нормовані величини	x_1 , (кВт·год.)/т	x_2 , мм	x_3 , кг/(м ² ·год.)	x_4
Верхній рівень	+1	0,9	1575	10000	0,98
Основний рівень	0	0,8	1325	8200	0,97
Нижній рівень	-1	0,7	1075	6400	0,96
Ступінь варіювання		$\pm 0,1$	± 250	± 1800	$\pm 0,01$

Таблиця 2 – Матриця плану ДФЕ типу 2^{4-1}

№	x_0	x_1	x_2	x_3	$x_4=x_1x_2x_3$	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	y	\hat{y}
1	+	-	-	-	-	+	+	+	3,564	3,548
2	+	+	-	-	+	-	-	+	4,489	4,522
3	+	-	+	-	+	-	+	-	5,115	5,158
4	+	+	+	-	-	+	-	-	6,714	6,692
5	+	-	-	+	+	+	-	-	5,455	5,492
6	+	+	-	+	-	-	+	-	7,160	7,118
7	+	-	+	+	-	-	-	+	8,159	8,122
8	+	+	+	+	+	+	+	+	10,276	10,308
b_i	6,37	0,79	1,2	1,39	-0,03	0,14	0,163	0,255		

$$S_B^2\{y\} = 0,0036, S^2\{b_i\} = 0,00045, S_{ao}^2\{\hat{y}\} = 0,009204.$$

План (таблиця 2) дозволяє оцінити лінійні ефекти та парні взаємодії. Потрійними та більшими взаємодіями нехтуємо.

Коефіцієнти регресії, які характеризують лінійні ефекти, визначаються за формулою [3]

$$b_i = \frac{1}{N} \sum_{g=1}^N x_{i,g} \cdot y_g,$$

де $i = 1, 2, \dots, N-1$;

$g = 1, 2, \dots, N$;

N – кількість дослідів.

Коефіцієнти регресії, які характеризують ефекти взаємодій факторів, визначають за формулами:

$$b_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{g=1}^N x_i \cdot x_j \cdot y_g;$$

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{g=1}^N x_{0,g} \cdot y_g.$$

Для перевірки значимості коефіцієнтів регресії розраховується оцінка дисперсії коефіцієнтів регресії за рівнянням

$$S^2\{b_i\} = \frac{S_B^2\{y\}}{N \cdot m},$$

де m – число експериментів в кожному рядку плану.

Середньоквадратичне відхилення дисперсії або помилки коефіцієнта регресії b_i визначаємо за формулою

$$S\{b_i\} = \sqrt{S^2\{b_i\}}.$$

Для кожного коефіцієнта розраховується розрахункові значення [3]

$$t_{ip} = \frac{|b_i|}{S\{b_i\}},$$

де t_{ip} – розрахункова величина t -критерію для i -го коефіцієнта;
 $|b_i|$ – абсолютна величина i -го коефіцієнта;
 $S\{b_i\}$ – середньоквадратичне відхилення дисперсії коефіцієнта регресії.

Порівнюються теоретичні та табличні значення за критерієм Стьюдента.

В результаті розрахунків отримано рівняння регресії для розрахунку потужності щіточної машини в залежності від конструктивних факторів

$$\hat{y} = 6,37 + 0,79x_1 + 1,2x_2 + 1,39x_3 + 0,14x_{12} + 0,163x_{13} + 0,255x_{23}.$$

Виконується перевірка моделі на адекватність (критерій Фішера). Порівнюємо розрахункові значення рівняння регресії

$$F_p = \frac{S_{ad}^2\{y\}}{S_B^2\{y\}},$$

де $S_B^2\{y\}$ – дисперсія відтворюваності;

$S_{ad}^2\{y\}$ – дисперсія адекватності моделі визначається за формулою

$$S_{ad}^2\{y\} = \frac{m}{N-d} \sum_{g=1}^N (y_g - \tilde{y}_g)^2,$$

де y_g – значення функції відгуку в g -ому ряді матриці плану;

\tilde{y}_g – розрахункові значення функції відгуку, визначені за розрахунковим рівнянням для умов g -того дослідження плану експерименту;

d – число значущих коефіцієнтів рівняння регресії.

У випадку адекватності моделі

$$F_p < F_k = F_T$$

Перевірка показала адекватність рівняння регресії. Переходимо до натуральних значень факторів

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{n - n_{cp}}{\Delta n}, & x_2 &= \frac{L - L_{cp}}{\Delta L}, & x_3 &= \frac{q - q_{cp}}{\Delta q}, \\ x_{12} &= \frac{nL - n_{cp} L_{cp}}{\Delta n \Delta L}, & x_{13} &= \frac{nq - n_{cp} q_{cp}}{\Delta n \Delta q}, & x_{23} &= \frac{Lq - L_{cp} q_{cp}}{\Delta L \Delta q}. \end{aligned}$$

Тоді рівняння приймає вигляд

$$P_{\partial s} = 7,9n + 4,8L + 0,772q + 0,421nL + 0,072nq + 0,057Q - 14,236.$$

Як показує рівняння та рисунки 2, 3 на величину потужності електродвигуна щіточної машини впливає довжина деки, питоме навантаження на деку та продуктивність машини.

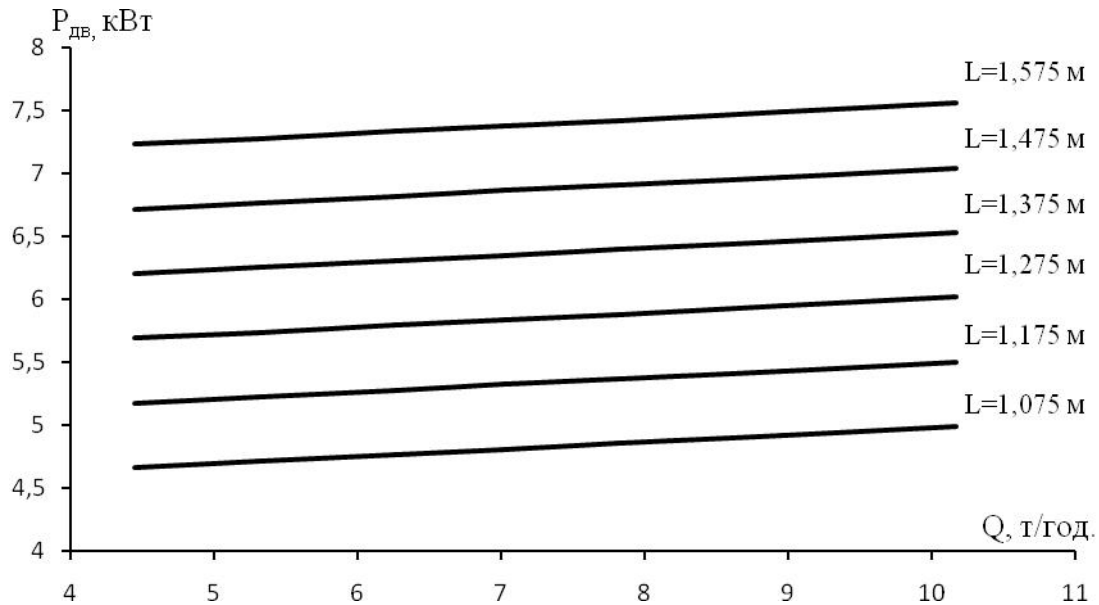


Рис. 2. Залежність $P_{дв} = f(Q)$ при $L = var$ для щіточної машини.

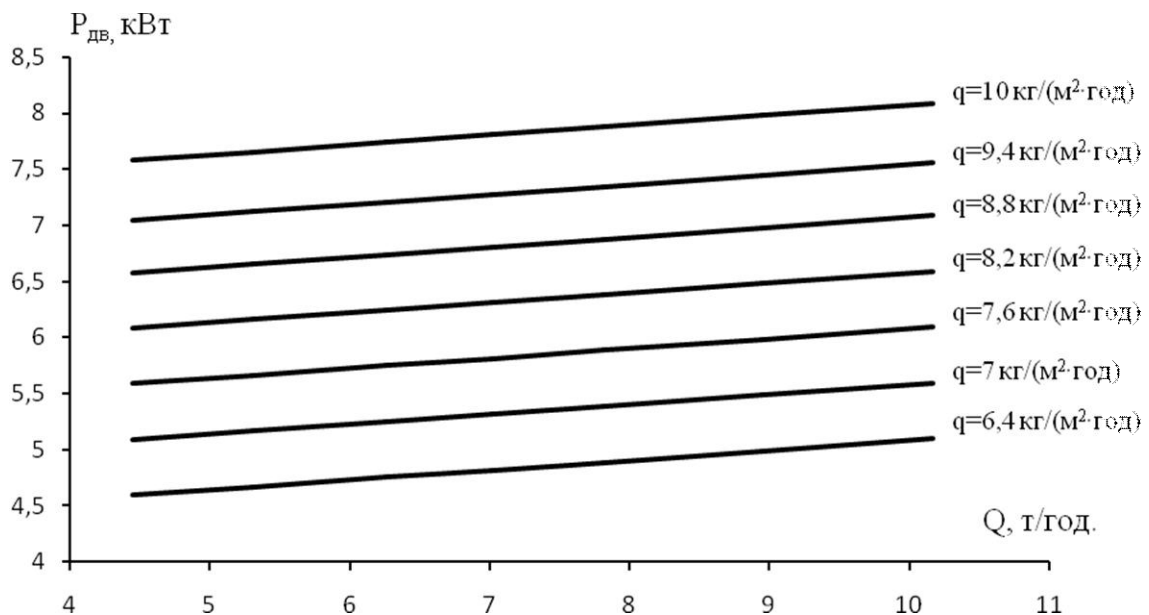


Рис. 3. Залежність $P_{дв} = f(Q)$ при $q = var$ для щіточної машини.

Висновки. На основі проведених теоретичних досліджень та згідно отриманих залежностей, можна зробити висновок, що потуж-

ність електродвигуна приводу щіточної машини при зміні продуктивності значно залежить від конструктивного параметру – довжини деки та експлуатаційного параметру – питомому навантаженні на деку. Як видно з отриманих графіків, потужність електродвигуна зі збільшенням цих параметрів при різній продуктивності зростає лінійно.

Література

1. *Птушкин А.Т.* Автоматизация производственных процессов в отрасли хранения и переработки зерна / *А.Т. Птушкин, О.А. Новицкий.* – М.: Колос, 1979. – 335 с.
2. *Ястребов П.П.* Использование и нормирование электроэнергии в процессах переработки и хранения хлебных культур / *П.П. Ястребов.* – М.: Колос, 1973. – 312 с.
3. *Адлер Ю.П.* Планирование экспериментов при поиске оптимальных условий / *Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский.* – М.: Наука, 1976. – 279 с.

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ МАШИН МУКОМОЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ НА МОЩНОСТЬ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Саржан С.В., Постникова М.В., Карпова А.П.

Аннотация

Определено влияние конструктивных параметров щеточной машины мукомольных агрегатов на мощность электродвигателей.

INFLUENCE CONSTRUCTIVE PARAMETER WORKER OF THE MACHINES FLOUR-MILLING UNIT ON EARTH REMAINSNOSTI ELECTRIC MOTORS

S. Sarzhan, M. Postnikova, F. Karpova

Summary

The certain influence constructive parameter brush machine flour-milling unit on power of the electric motors.