



УДК 618.31.05

Дослідження пневмоелектромагнітного пульсоколектора доїльного апарата методом планованого експерименту

В.Т. Дмитрів¹, І.В. Дмитрів², П.П. Яцунський*Національний університет "Львівська політехніка" (м. Львів, Україна),*¹*Dmytriv_V@ukr.net ORCID: 0000-0001-9361-6418*²*ORCID:0000-0002-5107-7273*

Стаття присвячена проблемі проведення багатофакторного планованого експерименту і виведення регресійної моделі в натуральних факторах. Приведено матриця планування експерименту для нелінійної регресійної залежності та розширена матриця ортогонального планування розрахунку коефіцієнтів трифакторної моделі другого порядку. Матриця розрахунків коефіцієнтів рівняння подано у вигляді таблиці, в якій стовпці 2-11 складають ортогональну матрицю планування, стовпчик 12 – значення відгуку експерименту, перші вісім дослідів – це матриця повного факторного експерименту 2³. Наведена методика і виведені залежності, а також приклад розрахунку коректованих значень рівнів для уможливлення властивостей ортогональності матриці плану.

Особливістю приведеної методики опрацювання експериментальних даних є наведені залежності для виведення коефіцієнтів регресійного рівняння і перерахунок їх для отримання регресійної залежності в натуральних значеннях факторів. За результатами експериментальних досліджень виведено рівняння регресії, яке характеризує залежність вакуумметричного тиску у піддійковій камері доїльного стакану від частоти пульсації, співвідношення між тактами і інтенсивності молоковіддачі. Межі зміни частоти пульсації становили 0,67-1,33 Гц, інтенсивність молоковіддачі змінювалась в межах 33-45 грам/с, співвідношення між тактами встановлювали на рівнях 0,67, 1,5 і 2,33. Тиск у піддійковій камері доїльного стакану змінювався в межах від 12 кПа до 18 кПа. Побудовано графічна модель інтерпретації регресійної залежності за експериментальними даними. Розраховані критерії Стюдента, Фішера і Кохрена, які показали адекватність і відтворюваність отриманої моделі технологічного процесу з використанням пневмоелектромагнітного пульсоколектора доїльного апарата.

Ключові слова: *планований експеримент, регресійна модель, пульсоколектор, доїльний апарат, критерій Фішера, вакуумметричний тиск, ортогональна матриця*

Вступ. Робота доїльного апарата залежить від багатьох факторів, які впливають один на одного і формують динамічні характеристики відкачування повітря з камер змінного вакуумметричного тиску. Доїльний апарат як технічна система, складається з функціональних елементів, які дозволяють структурно його описати [1]. Основним елементом, що функціонально задає динамічні характеристики роботи доїльного апарата, і зокрема часові параметри режимів роботи, є пульсатор.

Тому експериментальні дослідження дозволять отримати достовірні характеристики залежності технологічних параметрів від конструкційних, обґрунтувати раціональні параметри, що є досить складною задачею, зокрема для

пневмоелектромагнітного пульсоколектора доїльного апарата.

Аналіз останніх досліджень. Питанню проектування електромеханічних елементів стосовно автоматизації процесів доїння присвячені роботи Г.Р. Носова, В.А. Кондратця, В.Ф. Пащенко, де розроблена методика електро-пнеumo-механічних елементів керування вакуумметричним тиском у системах доїння [1]. Однак теоретичні дослідження не враховували суміщення роботи пульсатора й колектора і не досліджували зміну тиску у піддійковій камері доїльного стакану. Сиротюк В.М. і ін. проводили теоретичні дослідження електромагнітних вакуумних регуляторів для доїльних апаратів та отримали аналітичні

рівняння, які встановлюють залежність між силою струму і конструкційними параметрами пульсатора та вакууму [2; 3]. Кондуром С.М. оцінено взаємодію електричних і технологічних параметрів [4], одержано зведену модель залежності величини перепаду вакуумметричного тиску від конструктивних і електричних параметрів. Дмитрівим В.Т. наведені теоретичні положення, за якими можна моделювати потужність електромагнітного елемента залежно від його конструкційних розмірів і технологічних параметрів процесу [5]. Однак наведені результати обмежують використання із за іншої конструкції об'єкту, а саме суміщення пульсатора і колектора – пульсоколектор.

Ряд питань динаміки роботи доїльного апарата, і зокрема пульсоколектора не досліджені, не враховано вплив молоковіддачі на тиск в колекторі, а також вплив частоти пульсації і співвідношення між тактами на стабільність технологічних параметрів роботи доїльного апарата. Аналітично дослідити – це задача вимагає ряд допущень для спрощення математичної моделі [6; 7].

Для обґрунтування параметрів пневмо-електромагнітного пульсоколектора доїльного апарата можна використати один з методів лінійного, нелінійного або динамічного програмування. Проте метод планування експерименту є одним з найбільш ефективних методів для визначення впливу певних параметрів. Він дає змогу за наявної невеликого обсягу інформації, дослідити і в кінцевому результаті отримати достовірні результати, немає жорсткої регламентації щодо його застосування. [8, 9]

Мета роботи – розробити модель та дослідити параметри пневмоелектромагнітного пульсоколектора доїльного апарата методом багатфакторного планованого експерименту.

Основна частина.

Дослідження технологічних параметрів пневмоелектромагнітного пульсоколектора проводили методом багатфакторного планованого експерименту (БПЕ). Впливові фактори вибирали за допомогою відсіювальних експериментів. За цими результатами формули рівні варіювання факторів. Дана процедура відноситься до неформалізованого розділу БПЕ. Побудова матриці планування експерименту, математичної моделі, аналіз отриманих результатів носять формалізований характер, але є можливість для прийняття обґрунтованих рішень [8-10].

Планування експерименту дозволяє варіювати рядом факторів і отримати одночасно кількісну оцінку впливових факторів. На відміну від класичного регресійного аналізу, уможливорює

унікнути кореляції між коефіцієнтами рівняння регресії. Використовуючи статистичний підхід математична модель процесу є в загальному вигляді поліномом n -степені, тобто відрізком ряду Тейлора, в який розкладається функція (1):

$$\begin{aligned}
 y(x_1, \dots, x_k) = & \\
 = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i \cdot x_i + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^k b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + & \\
 + \sum_{\substack{i,j,u=1 \\ i \neq j \neq u}}^k b_{iju} \cdot x_i \cdot x_j \cdot x_u + & \\
 + \sum_{i=1}^k b_{ii} \cdot x_i^2 + \dots &
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

де b_0 – вільний член; b_i – лінійні ефекти; b_{ij} – ефекти парної взаємодії; b_{ii} – квадратичні ефекти; b_{iju} – ефекти потрійної взаємодії.

Нами використано поліном другого порядку, який піддається систематизації і дослідженню на екстремум, а для лінійної моделі дозволяє одержати точні результати оцінювання взаємодії факторів на критерій відгуку [8-10].

Для цього використано ядро ПФЕ (табл. 1) і принципи ортогональних центральних композиційних планів (табл. 2). Число дослідів N повинно бути не менше числа визначаючих коефіцієнтів в рівнянні регресії другого порядку для k факторів.

Для дослідження пульсоколектора факторами були частота пульсації x_1 , інтенсивність молоковіддачі x_2 і співвідношення між тактами x_3 .

Вибір меж значень факторів проводили на основі реальних режимів роботи доїльної системи. Для кожного фактора вибрано два рівні, нижній і верхній, в межах якого фактор буде змінювати своє значення при експерименті. Після цього було визначено основний – нульовий рівень, навколо якого симетрично розміщувалися експериментальні точки. Потім вибрали інтервал варіювання факторів.

Для того, щоб матриця планування мала властивість ортогональності, вводимо стовпчик в табл. 2 з коректованими значеннями рівня x' , яке розраховуємо за формулою [11]

$$(x'_i)^2 = x_i^2 - \frac{\sum x_i^2}{N} .
 \tag{2}$$

Матриця розрахунків коефіцієнтів рівняння подано в табл. 2, в якій стовпці 2-11 складають ортогональну матрицю планування, стовпчик 12 – значення відгуку експерименту; перші вісім дослідів – це матриця повного факторного експерименту 2^3 .

Таблиця 1. Матриця планування експерименту для нелінійної регресійної залежності

№ досліджу	Керовані фактори			Відгук y (Рп, Па)	№ досліджу	Керовані фактори			Відгук y (Рп, Па)
	x_1 (n)	x_2 (q)	x_3 (t/T)			x_1 (n)	x_2 (q)	x_3 (t/T)	
1	+1	+1	+1	15,16	15	-1	-1	-1	15,43
2	0	+1	+1	14,60	16	+1	-1	0	17,73
3	-1	+1	+1	12,35	17	0	-1	0	17,90
4	+1	+1	-1	13,90	18	-1	-1	0	17,33
5	0	+1	-1	14,06	19	+1	0	+1	16,03
6	-1	+1	-1	13,90	20	0	0	+1	14,85
7	1	+1	0	15,68	21	-1	0	+1	15,23
8	0	+1	0	15,55	22	+1	0	-1	14,64
9	-1	+1	0	13,92	23	0	0	-1	14,29
10	+1	-1	+1	16,34	24	-1	0	-1	13,40
11	0	-1	+1	16,08	25	+1	0	0	16,43
12	-1	-1	+1	15,05	26	0	0	0	16,20
13	+1	-1	-1	16,11	27	-1	0	0	16,66
14	0	-1	-1	18,12					

Таблиця 2. Розширена матриця ортогонального планування розрахунку коефіцієнтів трифакторної моделі другого порядку

№ досліджу	x_1	x_2	x_3	$x_1 \cdot x_2$	$x_1 \cdot x_3$	$x_2 \cdot x_3$	$(x_1')^2$	$(x_2')^2$	$(x_3')^2$	$x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$	y (Рп, кПа)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	+1	+1	+1	+1	+1	1	0,3333	0,3333	0,3333	+1	15,16
2	-1	+1	+1	-1	-1	1	0,3333	0,3333	0,3333	-1	12,35
3	+1	+1	-1	+1	-1	-1	0,3333	0,3333	0,3333	-1	13,90
4	-1	+1	-1	-1	+1	-1	0,3333	0,3333	0,3333	+1	13,90
5	+1	-1	+1	-1	+1	-1	0,3333	0,3333	0,3333	-1	16,34
6	-1	-1	+1	+1	-1	-1	0,3333	0,3333	0,3333	+1	15,05
7	+1	-1	-1	-1	-1	+1	0,3333	0,3333	0,3333	+1	16,11
8	-1	-1	-1	+1	+1	+1	0,3333	0,3333	0,3333	-1	15,43
9	0	+1	+1	0	0	1	-0,6667	0,3333	0,3333	0	14,60
10	0	+1	-1	0	0	-1	-0,6667	0,3333	0,3333	0	14,06
11	1	+1	0	+1	0	0	0,3333	0,3333	-0,6667	0	15,68
12	0	+1	0	0	0	0	-0,6667	0,3333	-0,6667	0	15,55
13	-1	+1	0	-1	0	0	0,3333	0,3333	-0,6667	0	13,92
14	0	-1	+1	0	0	-1	-0,6667	0,3333	0,3333	0	16,08
15	0	-1	-1	0	0	+1	-0,6667	0,3333	0,3333	0	18,12
16	+1	-1	0	-1	0	0	0,3333	0,3333	-0,6667	0	17,73
17	0	-1	0	0	0	0	-0,6667	0,3333	-0,6667	0	17,90
18	-1	-1	0	+1	0	0	0,3333	0,3333	-0,6667	0	17,33
19	+1	0	+1	0	+1	0	0,3333	-0,6667	0,3333	0	16,03
20	0	0	+1	0	0	0	-0,6667	-0,6667	0,3333	0	14,85
21	-1	0	+1	0	-1	0	0,3333	-0,6667	0,3333	0	15,23
22	+1	0	-1	0	-1	0	0,3333	-0,6667	0,3333	0	14,64
23	0	0	-1	0	0	0	-0,6667	-0,6667	0,3333	0	14,29
24	-1	0	-1	0	+1	0	0,3333	-0,6667	0,3333	0	13,40
25	+1	0	0	0	0	0	0,3333	-0,6667	-0,6667	0	16,43
26	0	0	0	0	0	0	-0,6667	-0,6667	-0,6667	0	16,20
27	-1	0	0	0	0	0	0,3333	-0,6667	-0,6667	0	16,66
Σ	18	18	18	12	12	12	6	6	6	8	

Відповідно з даними табл. 2 розраховуємо коефіцієнти рівняння регресії. Значення коефіцієнтів регресії характеризують внесок кожного фактору в значення функції відгуку і розраховують за формулами [11]:

$$\begin{aligned} b_1 &= \frac{\sum(x_1 \cdot y)}{18}, & b_2 &= \frac{\sum(x_2 \cdot y)}{18}, \\ b_3 &= \frac{\sum(x_3 \cdot y)}{18}, & b_{11} &= \frac{\sum((x_1')^2 \cdot y)}{6}, \\ b_{22} &= \frac{\sum((x_2')^2 \cdot y)}{6}, & b_{33} &= \frac{\sum((x_3')^2 \cdot y)}{6}, \\ b_{12} &= \frac{\sum(x_1 \cdot x_2 \cdot y)}{12}, & b_{13} &= \frac{\sum(x_1 \cdot x_3 \cdot y)}{12}, \\ b_{23} &= \frac{\sum(x_2 \cdot x_3 \cdot y)}{12}, & b_{123} &= \frac{\sum(x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot y)}{8}. \end{aligned} \quad (3)$$

$$b_0 = \frac{\sum y}{27} - 0,67 \cdot b_{11} - 0,67 \cdot b_{22} - 0,67 \cdot b_{33}.$$

Результати розрахунку коефіцієнтів рівняння регресії приведено в табл. 3.

Для використання в рівнянні (1) натуральних значень факторів, проводимо перетворення лінійних членів рівняння з кодованих значень в натуральні, які визначили за формулою [11]:

$$b_i x_i = \frac{b_i}{\varepsilon_i} X_i - \frac{b_i}{\varepsilon_i} X_{0i} \quad (4)$$

де X_i – натуральне значення фактору; X_{0i} – натуральне значення фактору на нульовому рівні; ε – інтервал варіювання.

Перетворення лінійних членів рівняння, які взаємодіють, проводили за формулою [11]:

$$b_{ij} x_i x_j = \frac{b_{ij}}{\varepsilon_i \varepsilon_j} (X_i X_j - X_i X_{0j} - X_j X_{0i} + X_{0i} X_{0j}), \quad (5)$$

$$\begin{aligned} b_{ij} x_i x_j x_u &= \frac{b_{ij}}{\varepsilon_i \varepsilon_j \varepsilon_u} (X_i X_j X_u - X_i X_u X_{0j} - \\ &- X_j X_u X_{0i} - X_i X_j X_{0u} + X_i X_{0j} X_{0u} + X_j X_{0i} X_{0u} + \\ &+ X_u X_{0i} X_{0j} - X_{0i} X_{0j} X_{0u}). \end{aligned} \quad (6)$$

Перетворення квадратних членів використовували формулу [11]:

$$b_{ii} x_i^2 = \frac{b_{ii}}{\varepsilon_i^2} (X_i^2 - 2X_i X_{0i} + X_{0i} X_{0i}^2). \quad (7)$$

Результати розрахунку натуральних коефіцієнтів рівняння регресії наведено в табл. 3.

Рівняння регресії, яке моделює зміну вакуумметричного тиску у піддійковій камері доїльного стакана в натуральних факторах буде мати вигляд:

$$\begin{aligned} p_n &= 20,47540968 + \\ &+ 14,10551173 \cdot n - 0,55549 \cdot q + \\ &+ 10,14037511 \cdot \frac{t}{T} - 0,153935518 \cdot n \cdot q - \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} &- 5,503060346 \cdot n \cdot \frac{t}{T} - 0,123250093 \cdot q \cdot \frac{t}{T} - \\ &- 3,99579912 \cdot n^2 + 0,005817901 \cdot q^2 - \\ &- 2,037063918 \cdot \left(\frac{t}{T}\right)^2 + 0,164173044 \cdot n \cdot q \cdot \frac{t}{T}, \end{aligned}$$

де p_n – вакуумметричний тиск у піддійковій камері доїльного стакана, кПа; n – частота пульсації, Гц; q – інтенсивність молоковіддачі, грам/с; t/T – співвідношення тактів (такту стиску до такту ссання).

Таблиця 3. Результати розрахунку коефіцієнтів рівняння регресійної моделі другого порядку

Коефіцієнти рівняння регресії	Кодовані коефіцієнти	Дійсні коефіцієнти
b_0	16,53296296	20,47540968
b_1	0,486604938	14,10551173
b_2	-1,165493827	-0,555494176
b_3	0,101358025	10,14037511
b_{12}	0,18462963	-0,153935518
b_{13}	0,248888889	-5,503060346
b_{23}	0,203796296	-0,123250093
b_{11}	-0,443888889	-3,99579912
b_{22}	0,209444444	0,005817901
b_{33}	-1,403333333	-2,037063918
b_{123}	0,2725	0,164173044

Графічне представлення рівняння (8) наведено на рис. 1.

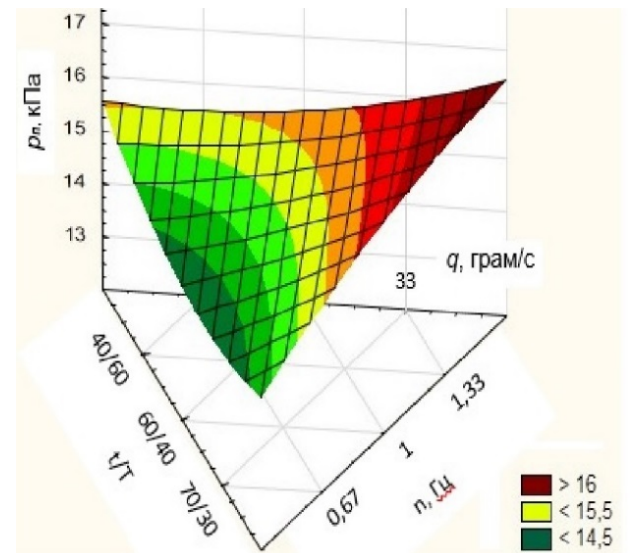


Рис. 1. Залежність вакуумметричний тиск у піддійковій камері доїльного стакана від параметрів технологічного процесу: n – частоти пульсації, Гц; q – інтенсивності молоковіддачі, грам/с; t/T – співвідношення між тактами

Відтворюваність дослідів оцінюємо критерієм Кохрена (G -критерій) за умови, що

$$G_p \leq G_T,$$

де G_T – табличне значення критерію Кохрена, визначається для степенів свободи $f_1 = C-1$, $f_2 = N$ і рівня значимості q (в технічних розрахунках приймають 5%-ний рівень значимості $q = 0,05$); G_p – розрахункова значення критерію Кохрена; C – число повторюваності дослідів; N – кількість дослідів.

Розрахункове значення критерію Кохрена згідно формули [8-11], буде становити $G_p = 0,06386$, що менше табличного значення критерію Кохрена, яке становить $G_T = 0,2354$ [11], отже дослід відтворюється.

Проводимо оцінку значимості коефіцієнтів регресії. Визначаємо середню дисперсію S^2 [11]:

$$S^2 = \frac{71,73702}{27} = 2,65692671$$

і дисперсію коефіцієнтів регресії S_A^2 [8-11]:

$$S_A^2 = \frac{2,657}{27 \cdot 3} = 3,28 \cdot 10^{-2}$$

Для порівняння коефіцієнтів регресії з виразом S_{At} , необхідно визначити t -критерій Стьюдента для величини значимості 0,95 та ступеня свободи $f = N \cdot (C-1)$: $f = 27 \cdot (3-1) = 54$.

Табличне значення критерію становить $t = 2,0040$ [11].

Якщо $|b_i| > S_{At}$ – коефіцієнт значимий і член з даним коефіцієнтом залишається у рівнянні регресії, в іншому випадку опускається [11].

Вираз $S_{At} = 6,57 \cdot 10^{-2}$. Порівнявши кожен коефіцієнт (табл. 3), можна зробити висновок, що усі коефіцієнти значимі, крім одного $b_{22} = 0,005817901$ [8-11].

Придатність рівняння регресії для опису реальної залежності критерію оптимізації від факторів визначається відомим методом [8-11]. Для цього визначаємо критерій Фішера (F -критерій). Розрахункове значення F -критерію $F_p = 0,83728$ при дисперсії адекватності $S_{ad}^2 = 2,225$.

Для ступеня вільності головної дисперсії $f_1 = 16$ та дисперсії адекватності $f_2 = 54$ табличне значення F -критерію становить 1,95 [11].

Оцінимо адекватність моделі, порівнявши розрахункове і табличне значення F -критерію: $0,837 \leq 2,29$. Умова виконується $F_p \leq F_T$ – модель адекватна.

Висновок. Застосування методу планування експерименту при моделюванні роботи пневмоелектромагнітного пульсоколектора є доцільним

для отримання достовірної інформації про динамічні характеристики зміни вакуумметричного тиску у піддійковій камері доїльного стакану в залежності від параметрів роботи доїльного апарата. Результати дослідження і виведене рівняння регресії показали що одержана математична модель є адекватною і повністю відтворюється.

Література

1. Носов Г.Р., Кондратец В.А., Пащенко В.Ф., Калич В.М. Автоматизация процессов доения на животноводческих комплексах. – К.: Вища шк., 1985. – 215 с.

2. Сиротюк В.М., Дмитрів В.Т., Кондур С.М., Сиротюк С.В. Теоретичні дослідження електромагнітних вакуумних регуляторів для доїльних апаратів // Наук. вісн. Нац. аграр. ун-ту. – 2002. – Вип. 40. – С. 129-133.

3. Кондур С.М., Сиротюк В.М., Дмитрів В.Т. Обґрунтування геометричних параметрів елементів електромагнітного вакуумного регулятора // Вісн. Львів. держ. аграр. ун-ту: Агроінженерні дослідження. – 2005. – №9. – С. 220-224.

4. Сиротюк В.М. До питання теорії електромагнітних регуляторів вакуумметричного тиску для доїльних апаратів // Вісн. держ. аграр. ун-ту: Агроінженерні дослідження. – 1997. – №1. – С. 31-37.

5. Дмитрів В.Т. Модель енергоекономного електромагнітного пульсатора // Механізація і електрифікація сільського господарства: міжведомственный тематический сборник / РУНИП “ИМСХ НАН Беларуси”; под. общ. ред. В.Н. Дашкова. – Мн., 2006. – С. 280-283.

6. Веников В. А. Теория подобия и моделирования / В.А. Веников. – М.: Высшая школа, 1984.

7. Дмитрів І.В. Моделирование времени истечения воздуха из ограниченного пространства / И.В. Дмитрів, В.Т. Дмитрів // 2013/ Motrol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin – Rzeszow, Vol. 15, № 4. 193-197.

8. Федоров В. В. Теория оптимального эксперимента / В.В. Федоров. – М.: Наука, 1971.

9. Гусейнов Ф. Г. Планирование эксперимента в задачах электроэнергетики / Ф.Г. Гусейнов, О.С. Мамедяров. – М.: Энергоатомиздат, 1988.

10. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976.

11. Мельников С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Роцин. – Л.: Колос, 1980.

References

1. Nosov G.R., Kondratec V.A., Pashhenko V.F., Kalich V.M. Avtomatizacija pro-cessov doenija na zhivotnovodcheskih kompleksah. – K.: Vishha shk., 1985. – 215 s.
2. Syrotiuk V.M., Dmytriv V.T., Kondur S.M., Syrotiuk S.V. Teoretychni doslidzhennia elektromahnitnykh vakuumnykh rehulatoriv dlia doilnykh aparativ // Nauk. visn. Nats. ahrar. un-tu. – 2002. – Vyp. 40. – S. 129-133.
3. Kondur S.M., Syrotiuk V.M., Dmytriv V.T. Obhruntuvannia heometrychnykh parametriv elementiv elektromahnitnoho vakuumnoho rehulatora // Visn. Lviv. derzh. ahrar. un-tu: Ahroinzhenerni doslidzhennia. – 2005. – №9. – S. 220-224.
4. Syrotiuk V.M. Do pytannia teorii elektromahnitnykh rehulatoriv vakuummetrychnoho tysku dlia doilnykh aparativ // Visn. derzh. ahrar. un-tu: Ahroinzhenerni doslidzhennia. – 1997. – №1. – S. 31-37.
5. Dmytriv V.T. Model' jenergojekonomnogo jelektromagnitnogo pul'satora // Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva: mezhvedomstvennyj tematiceskij sbornik / RUNIP "IMSH NAN Belarusi"; pod. obshh. red. V.N. Dashkova. – Mn., 2006. – S. 280-283.
6. Venikov V.A. Teorija podobija i modelirovanija / V.A. Venikov. – M.: Vysshaja shkola, 1984.
7. Dmitriv I.V. Modelirovanie vremeni istechenija vozduha iz ogranichenogo prostranstva / I.V. Dmitriv, V.T. Dmitriv // 2013 / Motrol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin – Rzeszow, Vol. 15, № 4. – S. 193-197.
8. Fedorov V.V. Teorija optimal'nogo jeksperimenta / V.V. Fedorov. – M.: Nauka, 1971.
9. Gusejnov F.G. Planirovanie jeksperimenta v zadachah jelektrojenergetiki / F.G. Gusejnov, O.S. Mamedjarov. – M.: Jenergoatomizdat, 1988.
10. Adler Ju.P. Planirovanie jeksperimenta pri poiske optimal'nyh ruslovij / Ju.P. Adler, E.V. Markova, Ju.V. Granovskij. – M.: Nauka, 1976.
11. Mel'nikov S.V. Planirovanie jeksperimenta v issledovanijah sel'skohozejajstvennyh processov / S.V. Mel'nikov, V.R. Aleshkin, P.M. Roshhin. – L.: Kolos, 1980.

Аннотация

Исследование пневмо-электромагнитного пульсоколлектора доильного аппарата методом планированного эксперимента

В.Т. Дмитрив, И.В. Дмитрив, П.П. Яцунский

Статья приурочена проблеме проведения многофакторного эксперимента и разработке регрессионной модели в натуральных факторах. Приведена матрица планирования эксперимента для нелинейной регрессионной зависимости и расширенная матрица ортогонального планирования расчета коэффициентов трехфакторной модели второго порядка. Матрицу расчетов коэффициентов уравнения подано в виде таблицы, в которой столбцы 2-11 составляют ортогональную матрицу планирования, столбец 12 – значения отклика эксперимента, первые восемь экспериментов – это матрица полного факторного эксперимента 2^3 . Наведена методика и выведены зависимости, а также предоставлен пример расчета скорректированных значений уровней для создания свойств матрицы, что соответствует ортогональности плана.

Особенностью приведенной методики обработки экспериментальных данных есть зависимости расчета коэффициентов регрессионного уравнения, их пересчета для получения регрессионного уравнения в натуральных значениях факторов. За результатами экспериментальных исследований выведено уравнение регрессии, которое характеризует зависимость вакуумметрического давления в подсосковом пространстве доильного стакана от частоты пульсаций пневмоэлектромагнитного пульсоколлектора доильного аппарата, соотношения между тактами и интенсивности молокоотдачи. Приделы изменения частоты пульсации составили 0,67-1,33 Гц, интенсивность молокоотдачи изменяли в пределах 33-45 грамм/с, соотношение между тактами устанавливали на уровне 0,67, 1,5 и 2,33. Давление в подсосковом пространстве доильного стакана изменялось в пределах от 12 кПа до 18 кПа. Построена графическая модель интерпретации регрессионной зависимости по экспериментальным данным. Рассчитаны критерии Стьюдента, Фишера и Кохрена, которые показали воспроизводимость полученной модели технологического процесса с использованием пневмо-электромагнитного пульсоколлектора доильного аппарата.

Ключевые слова: *планированный эксперимент, регрессионная модель, пульсоколлектор, доильный аппарат, критерий Фишера, вакуумметрическое давление, ортогональная матрица*

Abstract**Investigation of the pneumatic electromagnetic pulsator and claw milking machine by the method of the planned experiment****V.T. Dmytriv, I.V. Dmytriv, P.P. Yatsunskyi**

The article is devoted to the problem of carrying out a multifactorial planned experiment and the derivation of a regression model in natural factors. The matrix of experiment planning for nonlinear regression dependence is given and an expanded matrix of orthogonal planning for calculating the coefficients of the second-order tri-factor model. The matrix for calculating the coefficients of the equation is given in the form of a table in which columns 2-11 form an orthogonal matrix of planning, column 12 is the value of the experiment response, the first eight experiments are a matrix of a complete factor experiment 2³. The methodology and deduced dependencies and an example of calculation of corrected values of levels for the possibility of the properties of the orthogonality of the matrix of the plan are given.

The peculiarity of the given method of processing the experimental data is given by the dependences for the deduction of the coefficients of the regression equation and their recalculation to obtain a regressive dependence in the natural values of the factors. According to the results of experimental studies, a regression equation is derived which characterizes the dependence of the vacuum-pressure in the submersible chamber of the milking cup on the pulsation frequency, the ratio between the tats and the intensity of milk yield. The limits of the change in the pulsation frequency were 0.67-1.33 Hz, the intensity of milk yield varied from 33-45 grams / sec, the ratio between the steps was set at levels 0.67, 1.5 and 2.33. The pressure in the submersible chamber of the milk cup varied from 12 kPa to 18 kPa. The graphic model of the interpretation of regression dependence on experimental tributes is constructed. The criteria of Studenta, Fisher and Cochran have been calculated, which showed the reproducibility of the received model of the technological process using the pneumatic electromagnetic pulsator and claw of the milking machine.

Keywords: *planned experiment, regression model, pulsator and claw, milking machine, Fisher test, vacuum pressure, orthogonal matrix*

Бібліографічне посилання / Bibliography link:

Dmytriv V.T., Dmytriv I.V., Yatsunskyi P.P. Investigation of the pneumatic electromagnetic pulsator and claw milking machine by the method of the planned experiment // Engineering of nature management, 2019, #2(12), p. 66 - 72.

Подано до редакції / Received: 20.03.2019