

Шевченко С.І., доцент кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин, к.т.н.
Полупан Є.В., доцент кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин, к.т.н.
Краюшкін О.О., магістр кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин
Пархоменко М.К., магістр кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля.

ОЦІНКА ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ГАЛЬМУВАННЯ НА ПРОЦЕС ГАЛЬМУВАННЯ МЕХАНІЗМУ ОБЛАДНАНОГО ГАЛЬМАМИ ІЗ САМОПІДСИЛЕННЯМ

Процес гальмування будь-якого механізму досить складний і пов'язаний з великою кількістю параметрів які впливають не тільки на ефективність роботи гальмівного пристрою, але і на безпеку експлуатації машини в цілому. Особливо гостро питання підвищення ефективності роботи гальмівних пристроїв виникають в даний час у зв'язку з зростаючими швидкостями сучасних машин. Тому, питання створення та дослідження нових більш ефективних гальмівних пристроїв є актуальним завданням.

Для оцінки впливу параметрів гальмування на процес гальмування механізмів будівельно-дорожніх машин, обладнаних гальмівними пристроями із самопідсиленням, були проведені експериментальні дослідження на лабораторному стенді з використанням вимірально-діагностичного модуля [1]. При проведенні експерименту, як варіюванні фактори в кожній серії дослідів виступала величина установчої пружини L_n , яка характеризує величину гальмівного моменту та обороти гальмівного шківів $n_{ш}$, які характеризують режим роботи механізму. Область визначення факторів прийнята на основі апріорної інформації. Основні рівні та інтервали їх варіювання представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Рівні та інтервали варіювання факторів

Чинники	$L_n, мм$	$n_{ш}, об/хв$
Код (Z_j)	Z_1	Z_2
Основний рівень ($Z_j = 0$)	180	800
Інтервал варіювання (ΔZ_j)	12	200
Верхній рівень ($Z_j = +1$)	192	1000
Нижній рівень ($Z_j = -1$)	168	600
Зоряна точка ($Z_j = +0,5$)	186	900
Зоряна точка ($Z_j = -0,5$)	174	700

Для проведення дослідів був розроблений план експерименту, який представлено в таблиці 2. У прийнятому плані фактори варіюються на рівнях: $-\alpha$; -1 ; 0 ; $+1$; $+\alpha$; (табл. 2, графі 2-3). У графах 4-5 – натуральні значення факторів, а у графах 6-9 – значення, які отримані в результаті експерименту гальмування механізму лабораторної установки гальмівним пристроєм, де t_c – час спрацьовування гальмівного пристрою, t_n – час зростання гальмівного моменту, t_T – час гальмування, M_T – гальмівний момент. При виконанні експериментальних досліджень було виконано рівномірне дублювання дослідів кожного рядка матриці планування. За результатами трьох паралельних дослідів знаходимо середнє арифметичне значення параметрів. З метою оцінки відхилення параметрів від середнього значення за даними паралельних дослідів (табл. 2, графа 9), обчислюємо дисперсію досвіду за формулою:

$$s_i^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_{ig} - \bar{Y}_i)^2}{(n-1)},$$

де \bar{Y}_i – середнє арифметичне значення параметра;

n – кількість паралельних дослідів.

Результати розрахунків представлені у табл. 2, графа 11.

Однорідність дисперсії перевіряємо за допомогою G -критерію Кохрена [2]. В результаті розрахунків отримано його значення $G_p = 0,38$, яке менше табличного $G_p = 0,3934$ при своєму ступені свободи ($13 \cdot (3-1) = 26$). Зважаючи на те, що отримані значення менше табличного, дисперсії однорідні. Оскільки дисперсії дослідів однорідні, то дисперсію відтворюваності експерименту обчислюємо з урахуванням рівномірного дублювання у кожному досвіді, $s_y^2 = 208$, причому середня квадратична помилка експерименту $s_y = 14,4$.

За даними таблиці 2 методами регресивного аналізу на основі отриманих експериментально даних визначаємо значення коефіцієнтів рівняння. Після розрахунку коефіцієнтів та перевірки їх статичної значущості, рівняння набуває вигляду:

$$Y' = 263,489 - 118,513 \cdot Z_1 + 12,769 \cdot Z_2 + 26,107 \cdot Z_1^2 + 16,146 \cdot Z_2^2. \quad (1)$$

Для перевірки адекватності рівняння регресії (1) за F -критерієм Фішера визначаємо дисперсію адекватності за формулою:

$$s_{ad}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{525} \Delta Y_i^2}{f}. \quad (2)$$

Однак слід пам'ятати, так як в експерименті виконуємо рівномірне дублювання дослідів то чисельник виразу (2) необхідно помножити на кількість дослідів, які дублюються, тоді $s_{ad}^2=448$ (ступінь свободи $13 - 5 = 8$), при цьому получимо F -критерій Фішера $F_p=2,14$. При 5%-му рівні значущості та числах ступенів свободи табличне значення F -критерій Фішера $F_p=2,9$ [3]. Оскільки розрахункове значення менше табличного, рівняння регресії (1) слід визнати адекватним.

Таблиця 2. Результати експерименту та розрахунок

№	Z ₁	Z ₂	L _п , мм	n ш, об/хв	t _з , с	t _н , с	t _т , с	M _т , Н	Y	s _i ²	Y'	(Y - Y') ²
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1	1	192	1000	0,239	0,240	4,918	195	188,67	30,33	200,00	128,40
2	1	1	192	1000	0,250	0,239	4,940	186				
3	1	1	192	1000	0,241	0,240	4,849	185				
4	1	0	192	800	0,243	0,224	4,149	177	177,33	6,33	171,08	39,07
5	1	0	192	800	0,259	0,165	3,968	175				
6	1	0	192	800	0,256	0,201	3,937	180				
7	1	-1	192	600	0,279	0,204	3,087	176	177,00	7,00	174,46	6,45
8	1	-1	192	600	0,240	0,203	3,179	175				
9	1	-1	192	600	0,276	0,221	3,039	180				
10	0	1	180	1000	0,183	0,201	3,457	280	283,33	8,33	292,40	82,28
11	0	1	180	1000	0,184	0,184	3,372	285				
12	0	1	180	1000	0,185	0,203	3,461	285				
13	0	0	180	800	0,201	0,202	3,057	277	276,33	4,33	263,49	164,98
14	0	0	180	800	0,203	0,184	3,060	278				
15	0	0	180	800	0,200	0,201	3,048	274				
16	0	-1	180	600	0,200	0,183	2,318	260	269,67	180,33	266,87	7,84
17	0	-1	180	600	0,164	0,184	2,376	285				
18	0	-1	180	600	0,166	0,184	2,376	264				
19	0	0,5	180	900	0,221	0,166	3,497	256	272,67	208,33	273,91	1,55
20	0	0,5	180	900	0,184	0,165	3,374	281				
21	0	0,5	180	900	0,202	0,166	3,346	281				
22	0	-0,5	180	700	0,203	0,185	2,750	263	263,67	4,33	261,14	6,38
23	0	-0,5	180	700	0,203	0,166	2,680	266				
24	0	-0,5	180	700	0,202	0,183	2,681	262				
25	-1	1	168	1000	0,154	0,155	2,193	485	458,33	558,33	437,02	454,09
26	-1	1	168	1000	0,128	0,154	2,250	450				
27	-1	1	168	1000	0,129	0,154	2,519	440				
28	-1	0	168	800	0,154	0,178	2,199	390	398,33	208,33	408,11	95,54
29	-1	0	168	800	0,128	0,179	2,171	390				
30	-1	0	168	800	0,154	0,180	2,110	415				
31	-1	-1	168	600	0,153	0,179	1,660	405	405,00	625,00	411,49	42,06
32	-1	-1	168	600	0,153	0,154	1,609	430				
33	-1	-1	168	600	0,153	0,129	1,793	380				
34	-0,5	0	174	800	0,205	0,128	2,844	300	316,67	833,33	329,27	158,89
35	-0,5	0	174	800	0,175	0,205	2,816	350				

36	- 0,5	0	174	800	0,180	0,205	2,826	300				
37	0,5	0	186	800	0,232	0,206	3,686	210	213,33	33,33	210,76	6,63
38	0,5	0	186	800	0,257	0,180	3,546	220				
39	0,5	0	186	800	0,230	0,180	3,656	210				
Σ										2707,67		1194,15

Для наочності отриманих результатів побудовано графічні залежності представлені на рис. 1. Дані залежності дозволяють легко простежити, як змінюється величина параметрів гальмування при зміні того чи іншого чинника. Ступінь впливу факторів на величину параметрів гальмування залежить від рівнів (значень), на яких знаходяться інші фактори.

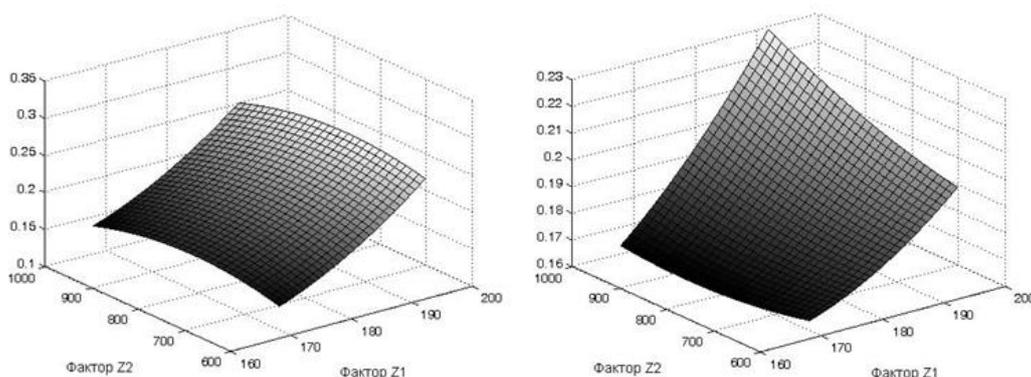


Рис. 1. - Залежність часу спрацьовування гальма та зростання гальмівного моменту

В результаті проведених експериментальних досліджень отримана апроксимуюча залежність яка достовірно описує значення гальмівного моменту в залежності від зміни факторів, адекватність якої доведена розрахунками. Аналіз результатів експериментальних досліджень показує, що період гальмування розбивається на три етапи. Перший – з моменту спрацьовування до вибору зазору колодками. Тривалість першого етапу становить 0,13...0,28с. Другий етап характеризується зміною гальмівного моменту від нуля до номінального значення, при цьому гальмівний момент зростає до максимуму за 0,13...0,24с і після чого зміна гальмівного моменту має незначний коливальний характер. Третій – процес гальмування та повна зупинка.

Література

1. Шевченко С.І., Старченко В.М., Подоляк О.С. Використання спеціального програмного забезпечення для аналого-цифрового перетворювача при експериментальних дослідженнях. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля №13(167) 2011. //Вид-во СНУ ім. В. Даля. Луганськ. 2011. – С. 251-254.
2. Адлер Ю.П., Маркова О.В., Грановський Ю.В. Планування експерименту при пошуку оптимальних умов. - М.: Наука, 1976. - 280 с.
3. Статюха Г.О., Складанний Д.М., Бонаренко О.С. Вступ до планування оптимального експерименту: Навчальний посібник – К.: ІВЦ «Політехніка», 2011. – 117 с.