

**Бойко Г.О., Ковтанець М.В., Яровий М.В.**

## **ОЦІНКА СТАБІЛЬНОСТІ ВЕЛИЧИН ЧАСУ РОЗІМКНЕННЯ КОЛОДКОВОГО ГАЛЬМА**

*В статті розглядається питання експериментальної оцінки стабільності величини часу розіmkнення колодкового гальма на прикладі гальма типу ТКТГ-200 з електрогiдравлічним штовхачем ТЭ-30. Оцінено вплив структурних параметрів колодкового гальма, таких як величина зусилля (установочної довжини) затискної пружини та маси робочої рiдини (мастила) електрогiдравлічного штовхача на величину часу розіmkнення колодкового гальма. Експериментальні дослідження із застосуванням математичної теорії планування експериментів виконано на дослідному стенді лабораторії технічної діагностики. Дослідний стенд складається з електродвигуна, махової маси з 18 дисків, колодкового гальма, встановленого на рамі, що гойдається, а також із системи датчиків, які дозволяють контролювати такі параметри гальма, як величина гальмівного моменту, частоту обертання гальмівного шківa, величину зусилля затискної пружини, температури контакту пари тертя: фрикційна накладка – гальмівний шків, величину часу спрацьовування та розіmkнення колодкового гальма. За результатами експерименту із застосуванням методів регресійного аналізу отримано рівняння, яке встановлює залежність величини часу розіmkнення колодкового гальма від структурних параметрів та визначає їх силу впливу на величину часу розіmkнення.*

***Ключові слова:** гальмо колодке, час розіmkнення, гальмівний момент, затискна пружина, електрогiдравлічний штовхач, мастило, стенд, експеримент, план, рівняння регресії.*

**1 Вступ.** Загально відомо, що під часом розіmkнення колодкового гальма розуміють час, який відрховується з моменту подачі живлення до електрогiдравлічного штовхача колодкового гальма до моменту початку відходу фрикційних накладок гальмівних колодок від поверхні гальмівного шківa. Час розіmkнення колодкового гальма є одним із діагностичних параметрів колодкового гальма, величина якого впливає на безпечну та ефективну експлуатацію вантажопідійомних кранів. Час розіmkнення, як параметр технічного стану колодкового гальма, передусім повинен бути мінімальної величини, повинен забезпечувати своєчасність розіmkнення гальма чим гарантувати відсутність додаткових навантажень зі сторони гальма на привід механізму крану в період пуску. У разі експлуатації кранів мостового типу з розділеним приводом механізму пересування крану, величина часу розіmkнення колодкових гальм на сторонах крану повинна бути однаковою, тобто розіmkнення гальм повинно бути синхронним, щоб забезпечити синхронний пуск механізму пересування крану. Несинхронний пуск електродвигунів механізму пересування крану може призвести до формування умов пересування моста крану з перекосом.

Багаторічний досвід діагностування (експертного обстеження) технічного стану вантажопідійомних кранів свідчить про незадовільний технічний стан колодкових гальм механізмів кранів, який характеризується, в тому числі, станом затискних пружин та електрогiдравлічних штовхачів. Затискні пружини колодкових гальм часто мають втрату форми (циліндричність), надмірне затиснення, або повне розпуснення, корозійне пошкодження, поломку. Характерним дефектом електрогiдравлічних штовхачів є витікання робочої рiдини з порожнини корпусу, рівень якої неможливо проконтролювати через конструктивні недоліки електрогiдравлічних штовхачів (наявність отвору і шупа для контролю рівня не передбачено конструкцією).

Згідно апріорної інформації можна стверджувати, що зусилля затискної пружини та маса робочої рiдини електрогiдравлічного штовхача, які є структурними параметрами, є визначальними з параметрів, які впливають на величину часу розіmkнення колодкового гальма.

**Мета статті.** Дослідити вплив структурних параметрів (зусилля затискної пружини та маси робочої рiдини електрогiдравлічного штовхача колодкового гальма) на величину часу розіmkнення колодкового гальма.

## **2 Основна частина.**

### **2.1 Експериментальні дослідження по визначенню впливу структурних параметрів на величину часу розіmkнення колодкового гальма**

Експериментальні дослідження по визначенню впливу структурних параметрів (чинників) на величину часу розіmkнення колодкового гальма виконані згідно методики [1] на спеціальному стенді [3].

### **2.2 Вибір об'єкту дослідження**

У якості об'єкту дослідження вибрано колодке гальмо типу ТКТГ-200 як найбільш поширене у застосуванні на механізмах пересування та підіймання вантажопідіймальних кранів вантажопідіймальністю 5-10 т. Паспортними характеристиками колодкового гальма ТКТГ-200 є: гальмівний момент найбільший – 300 Нм; відхід колодки від шківa найбільший – 1,3 мм; тривалість розгальмування найменша - 0,2 с; тривалість

загальмування найменша – 0,4 с; номінальне зусилля на штокові електрогідравлічного штовхача типу ТЭ– 30 становить – 300 Н .



Рисунок 1 – Фото колодкового гальма ТКТГ-200 на дослідному стенді

### 2.3 Вибір чинників (структурних параметрів), визначення області їх зміни

В якості чинників (структурних параметрів) вибрані: зусилля затискової пружини  $F$  (код  $X_1$ ); маса робочої рідини електрогідравлічного штовхача  $M$  (код  $X_2$ ).

У таблиці 1 представлені чинники і області їх визначення.

Чинники і їх рівні

Таблиця 1

Рівні	Кодовані і натуральні значення чинників	
	$X_1 (F, H) \text{ мм}$	$X_2 (M, \text{кг})$
Основний рівень	0 (350)	0 (1,915)
Інтервал варіювання	170	0,2
Верхній рівень	+1 (520)	+ 1 (2,115)
Нижній рівень	- 1 (180)	- 1 (1,715)

Кодовані значення чинників ( $X_i$ ) пов'язані з натуральними ( $\tilde{x}_i$ ) співвідношеннями

$$X_1 = \frac{\tilde{x}_1 - 350}{170}; \quad X_2 = \frac{\tilde{x}_2 - 1,915}{0,2}. \quad (1)$$

Область визначення чинника  $X_1$  (зусилля затискної пружини) обмежена значеннями гальмівних моментів, що допускаються [1] для гальма ТКТГ- 200, а область визначення чинника  $X_2$  (маса робочої рідини) отримана експериментальним шляхом по визначенню працездатності електрогідравлічного штовхача, згідно якого втрата робочої рідини у обсязі 20 % від її максимальної маси згідно паспортних даних, робить електрогідравлічний штовхач практично непрацездатним.

#### 2.4 Вибір плану експерименту, проведення експерименту і обробка результатів

Для експерименту було прийнято центральний варіант плану [2] і поставлено досліди згідно наведеної у таблиці 2 матриці планування.

План і результати експерименту по дослідженню впливу вказаних вище двох чинників на час розімкнення гальма, наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

№ досліді	Рівні чинників		Час розімкнення $T$ , с
	$X_1$	$X_2$	
1	+ 1	+ 1	0,072
2	+ 1	- 1	0,071
3	- 1	+ 1	0,044
4	- 1	- 1	0,052
5	0	0	0,059
6	+1	0	0,070
7	-1	0	0,052
8	0	+1	0,053
9	0	-1	0,067

У відповідності з вибраним планом реалізовано 9 дослідів.

За результатами реалізації наведеного у таблиці 2 плану і статистичної обробки результатів експерименту методами регресійного аналізу [2] було отримане адекватне рівняння регресії :

$$T = 0,06 + 0,0108 X_1 - 0,0035 X_2 + 0,00225 X_1 X_2 \quad (2)$$

#### 2.5 Аналіз рівняння регресії

Аналіз рівняння регресії свідчить, що найбільший вплив на час розімкнення гальма має зусилля затискної пружини  $F(X_1)$  про що свідчить значення коефіцієнта при ньому. Маса робочої рідини електрогідравлічного штовхача  $M(X_2)$  виходячи з величини коефіцієнта при чиннику свідчить про менший його вплив на час розімкнення гальма, а знак “мінус” при ньому свідчить, що зі збільшенням маси робочої рідини у електрогідравлічному штовхачі час розімкнення буде зменшуватися. Слід зазначити, що усі викладені вище міркування про напрям і силу впливу структурних параметрів (чинників) на величину часу розімкнення гальма ТКТГ- 200 справедливі тільки для вибраних інтервалів варіювання.

На рисунку 2 наведена діаграма сили впливу на час розімкнення  $T$  гальма зусилля  $F$  затискної пружини та маси  $M$  робочої рідини електрогідравлічного штовхача.

#### Висновки.

Для забезпечення працездатного стану колодкового гальма, а саме гарантованого його розімкнення:

- затискна пружина колодкового гальма повинна бути у технічно справному стані та відрегульована у відповідності з паспортними даними колодкового гальма;
- рівень мастила (робочої рідини) електрогідравлічного штовхача повинен бути максимальним, бо втрата мастила у обсязі 20 % призводить до втрати працездатності колодкового гальма;
- для безперервного контролю за рівнем мастила в електрогідравлічному штовхачі необхідно виконати конструктивні зміни у конструкції останнього.

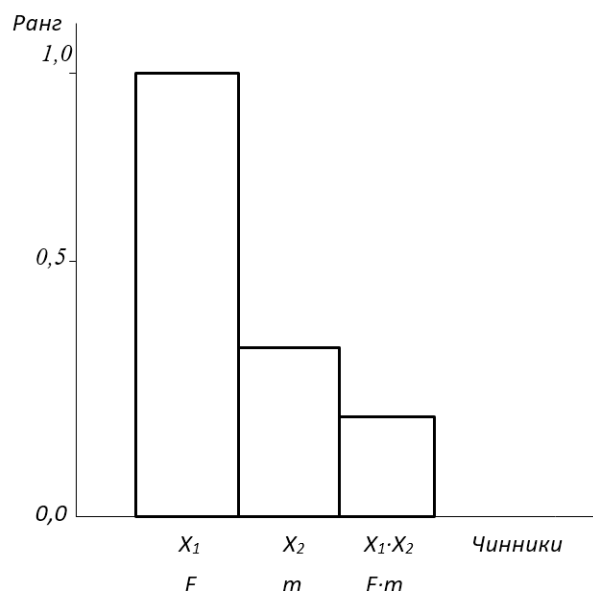


Рисунок 2 – Діаграма сили впливу чинників на час розімкнення гальма

### Література

1. Бойко Г.О., Либа А.О. Оцінка стабільності величини гальмівного моменту колодкового гальма. [Електронний ресурс]. Наукові вісті Далівського університету, Сєверодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2020. №18.
2. Новик Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. - М.: Машиностроение, София: Техника, 1980. - 304 с.
3. Бойко Г. А., Будиков Л. Я. Стенд для диагностирования тормозов подъемно-транспортных машин // Экспресс-информация. Конструирование и эксплуатация оборудования. Сер. 6. - Вып.9. - М.: ЦНИИТЭИТЯЖМАШ, 1988. - 6 с.

### References

1. Boyko G.O, Liba A.O Estimation of stability of the value of the braking moment of the shoe brake. [Electronic resource]. Scientific news of Daliv University, Severodonetsk: SNU named after W. Dahl, 2020. №18.
2. Novik FS, Arsov Ya.B. Optimization of metal technology processes by experiment planning methods. - M.: Mechanical Engineering, Sofia: Engineering, 1980. - 304 p.
3. G. Boyko, L. Budikov, "A Stand for Diagnosis of Brakes of Lifting and Transport Machines," Express Information. Design and operation of equipment. Avg. 6. - Issue 9. - M.: TSNIIETIYAZHMASH, 1988. - 6 p.

The article considers the issue of experimental evaluation of the stability of the value of the opening time of the shoe brake on the example of the brake type ТКТГ-200 with electrohydraulic pusher ТЕ-30. The influence of structural parameters of the shoe brake, such as the amount of force (installation length) of the clamping spring and the mass of the working fluid (oil) of the electrohydraulic pusher on the value of the opening time of the shoe brake is estimated. Experimental research using the mathematical theory of experimental planning was performed at the experimental stand of the laboratory of technical diagnostics. The test bench consists of an electric motor, a flywheel of 18 discs, a shoe brake mounted on a rocking frame, as well as a system of sensors that allow you to control brake parameters such as brake torque, brake pulley speed, clamping spring force, friction pair contact temperature: friction lining - brake pulley, the amount of time of operation and opening of the shoe brake. According to the results of the experiment using the methods of regression analysis, the equation is obtained, which establishes the dependence of the value of the opening time of the pad brake on the structural parameters and determines their strength of influence on the opening time.

**Keywords:** pad brake, opening time, braking moment, clamping spring, electrohydraulic pusher, oil, stand, experiment, plan, regression equation.

**Бойко Г. О.** – канд., техн. наук, доцент, професор кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.

**Ковтанець М. В.** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.

**Яровий М. В.** – студент групи АТ-20д кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.