

УДК 61.85

ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИПРОБУВАННЯ ГІДРОПІДСИЛЮВАЧА КЕРМА ТРОЛЕЙБУСА

© Д. Ю. Зубенко

В ремонтному виробництві доцільно визначати після ремонту технічний стан складальних одиниць технічних засобів електричного транспорту, шляхом проведення їх випробування на стендах. Запропоновані стенди мають специфічний характер по виконуваним технологічним операціям, враховуючі особливості конструкції та принципу дії гідропідсилювача керма троллейбуса.

Ключеві слова: гідропідсилювач керма троллейбуса, ремонт, випробування, нормативні документи, технологічний процес.

It is advisable to determine the technical condition of assembly units of electrical transport means in the workshop production through their test on stands. Proposed stands have a specific character to executable process operation, given the characteristics of the construction and principle of the trolley power steering

Keywords: trolley power steering, repair, testing, regulations, process.

1. Вступ

Під час виготовлення та відновлення деталей любих машин, а також під час складання їх складальних одиниць можуть виникнути різні погіршеності. Їх виявляють, по-перше, шляхом проведення поопераційного контролю під час складання, по-друге, шляхом проведення випробування після складання у відповідності із розробленою програмою. Для розробки програми випробування складальних одиниць рульового управління троллейбуса, технологічної оснастки, пристроїв стендів та іншого устаткування вивчають вимоги керівних документів до об'єкта випробування. Такими документами можуть бути держстандарти, галузеві стандарти, інструкції науково-дослідного і конструкторсько-технологічного інституту галузі, технічні характеристики, технічні умови та інше [1–15].

2. Останні досягнення

В останніх періодичних наукових публікаціях багато уваги поділяється рульовому управлінню а саме гідропідсилювачу керма, як вузла який лімітує надійність роботи машини в цілому. Однак розглядаючи окремі статті в даному напрямку остається не розкрито багато питань які відносяться к конкретно специфічній галузі такої як електротранспорт, де є особливості конструкції, експлуатації, ремонті та випробуванню. Так в публікації [1] розглянуто питання люфту в рульовому управлінні, але не показані причини та технології усунення негативного впливу не доведено. В [2] показано математичну модель перехідних процесів, але специфіка саме гідропідсилювача не враховувалась. При вдосконаленні конструкції [3] при введенні гнучкого елемента доведено її ефективність, але як нові елементи будуть впливати на надійність не розкрито. У [4] показано новий тренд у транспортній техніці, як дистанційне керування, але ремонтну та випробувальну частину експлуатації не розглянуто. У [5] розглянуто основне питання ремонтного виробництва, але сфера випробувального процесу не розглядалася. Корисним для теоретичної перевірки роботи гідропідсилювача

має значення роботи [6, 7], але питання ремонту та випробування не розглядається. Також в розглянутих останніх публікацій [8–13] не розглядається питання випробування, експлуатації та ремонту основних вузлів рульового керування.

3. Мета і задачі

Метою даної статті є обґрунтувати необхідність розробки та використання стенду для випробування гідропідсилювача керма троллейбуса і вдосконалення технології виробничого процесу. Однією з основних задач є математичне обґрунтування та розрахунки розробленого нового стенду та технології яка дозволяє скоротити час на випробування та підвищити якість ремонтного процесу.

4. Програма випробування гідравлічного підсилювача руля

Згідно технологічного процесу ремонту гідравлічного обладнання після його складання воно підлягає приймально-здавальним випробуванням у відповідності із вимогами ГОСТ 18464-87. Основними вимогами названого ГОСТа є забезпечення герметичності і працездатності гідравлічного підсилювача руля та забезпечення продуктивності і граничного тиску насоса. Тому під час приймально-здавальних випробувань перевіряють: гідравлічний підсилювач руля на функціонування, міцність гідроциліндра, зовнішню герметичність, витікання мастила через ущільнення штока, технічні дані золотника зокрема: повний та холостий ходи, витікання мастила на злив під час його переміщення, а насос на продуктивність і забезпечення граничного тиску.

Роботу гідравлічного підсилювача руля на функціонування перевіряють шляхом послідовного сполучення нагнітальної порожнини із напірною і зливною магістралями, здійснюючи переміщення штока по всій довжині на обидві сторони протягом не менше трьох подвійних ходів [14–18].

Перевірку роботи гідравлічного підсилювача руля на функціонування здійснюють:

– у двох режимах-без навантаження у з

навантаженням;

- при заданих максимальній і мінімальній температурах навколишнього середовища;
- при кінематичній в'язкості мастила у ньому не більше 40 мм³/с.

Міцність гідроциліндра перевіряють при статичному пробному тиску у відповідності із вимогами ГОСТ 16514 протягом не менше 30 сек.. Міцність гідроциліндра перевіряють у крайньому положенні поршня, не допускають порушення встановлення норм герметичності.

Зовнішню герметичність визначають після не менше 50 подвійних ходів поршня протягом не менше 2 хвилин при статичному пробному тиску і температурі мастила 50...70 °С. Потіння зовнішньої поверхні гідропідсилювача, течі мастила через стики, зварні шви та з'єднання не допускаються.

Витікання мастила через ущільнення штока при роботі гідроциліндра що характеризується величиною об'єма цього мастила, встановлюють шляхом збирання робочої рідини, що капає зі штока при номінальному тиску – 60 кгс/см², швидкості поршня не менше 0,2м/с та кінематичній в'язкості мастила не більше 40 мм³/с.

Питомий об'єм витікання мастила V, см³/м² визначають за формулою:

$$V = \frac{V_z}{\pi d S z}$$

де V_z – об'єм витікання мастила за Z подвійних ходів, см³; d – діаметр штока, м; z – число подвійних ходів штока; S – хід штока силового циліндра, який дорівнює 0,304 м.

Визначений таким чином питомий об'єм витікання мастила порівнюють із гранично-допустимою величиною питомого об'єму витікання мастила, що утворює каплю. Гранично - допустимі величини питомого об'єму витікання мастила представлені в ГОСТ 16514, пункт 7.

Технічні дані золотника, зокрема холостий його хід, встановлюють шляхом зняття кришки корпусу золотника та встановлення на її місце фланця із індикатором, Холостий хід визначають при знаходженні золотника у нейтральному положенні при тиску 3...7 кгс/см² (0,3...0,7 Мпа). Він повинен бути в межах 0,4...0,8мм.

Повний хід золотника праворуч та ліворуч від нейтрального його положення визначають так же, як і холостий хід, за допомогою фланця із індикатором, що встановлений на місце кришки корпусу золотника. Повний хід золотника повинен бути 2±0,50 мм.

Витікання мастила на зливі при максимальному правому і лівому переміщеннях золотника визначають за допомогою мірного циліндра та хронометра. Воно повинно не перевищувати 1 л /хв при тиску 60кгс/см² та температурі мастила 50...70 °С. [18–20]

5. Призначення, будова станда по випробуванню гідравлічного підсилювача керма

Для реалізації програми випробування гідравлічного підсилювача руля у відповідності із

вимогами ГОСТ 24555 був розроблений випробувальний стенд, застосування якого в ремонтному виробництві дозволяє встановити якість ремонту гідравлічного обладнання, підвищити надійність його роботи після ремонту, зменшити витрати на ремонт, тобто на матеріали і запасні частини.

Для функціонування випробувального станда застосовують індустріальне мастило 20 (ГОСТ 20799-77) при температурі, що не перевищує 50...70 °С і кінематичній в'язкості, що не більше 40 мм³/с. Тиск в гідравлічній системі станда повинен бути 60±5 кгс/см² (6,0±0,5 Мпа).

За допомогою випробувального станда можна визначити працездатність і герметичність гідравлічного підсилювача руля після ремонту у відповідності із вимогами ГОСТ 18464-87, та встановити продуктивність і забезпечення граничного тиску насосу. На рис. 1. показано стенд для випробування гідропідсилювача тролейбуса: а – вид А, б – вид В

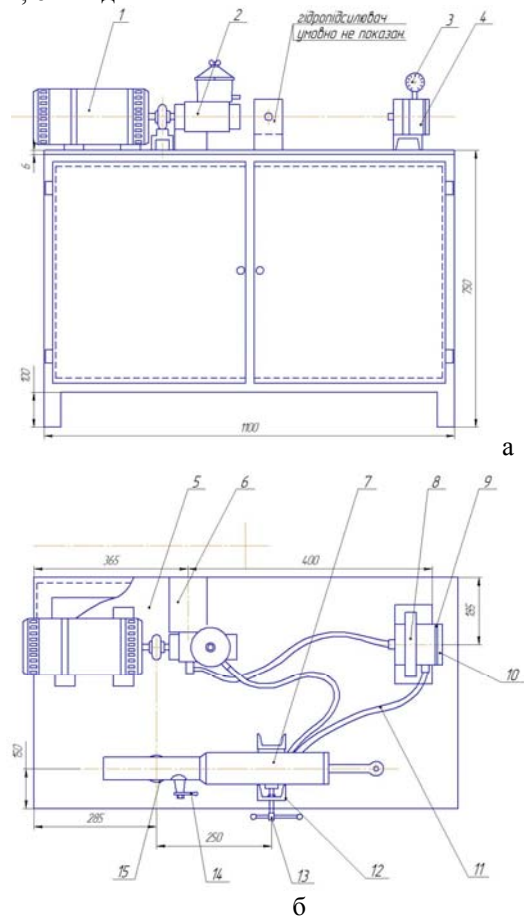


Рис. 1. Стенд для випробування гідропідсилювача тролейбуса: а – вид А; б – вид В

Методика проведення випробування розроблена у відповідності із ГОСТ. Випробувальний стенд гідравлічного підсилювача руля представлення на рис. 1. До його складу входять: електродвигун 1, масляний насос 2, гідравлічний підсилювач руля 7, циліндр 4 із манометром 3, закрыта металева шафа 5, де знаходяться складальні одиниці блока живлення станда електричною енергією, зокрема: трансформатор понижуючий 380/24 В, випрямляч і

ін., підставка для мастильного насоса 6, підставка для циліндра 8, прокладка мідна 9, кришка циліндра 10, шланги високого тиску 11, підставка для гідравлічного підсилювача руля 12 разом із затискувальним гвинтом 13, опорна підставка 15 разом із ричагом 14.

Відповідальні не стандартні складальні одиниці стенда представлені на рис. 3,5...3,9, зокрема: підставка для гідравлічного підсилювача руля разом із затискувальним гвинтом та циліндр разом із його мідною прокладкою і кришкою [20–22].

6. Принципова електрична схема стенда по випробуванню гідравлічного підсилювача руля

Програмою випробування гідравлічного обладнання передбачено визначення працездатності і герметичності гідравлічного підсилювача руля та продуктивності і забезпечення граничного тиску масляного насоса, шляхом побудови функціональних залежностей, зокрема:

- продуктивності масляного насоса Q_{η} від тиску на виході P_v , тобто $Q_{\eta} = f(P_v)$;
- коефіцієнта подачі KQ від тиску на виході P_v , тобто $KQ = f(P_v)$;
- тиску на виході P_v від частоти і обертання насоса n , тобто $P_v = f(n)$.

Для вирішення цієї задачі була розроблена електрична схема випробувального стенда, яка представлена на рис. 2.

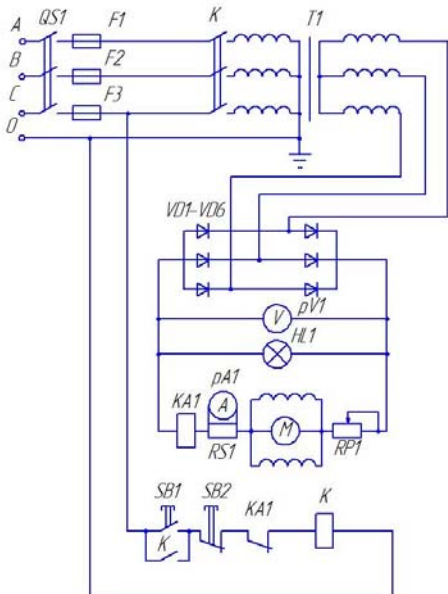


Рис. 2. Принципова електрична схема випробування гідропідсилювача тролейбуса

Основним спонукуваним елементом схеми являє електродвигун постійного струму напругою 24 В, який призначений для приводу масляного насоса.

Рубильник 3-х полюсний QS1 призначений для розривання електричного кола, а запобіжники F1...F3 – для захисту елементів електричної схеми від короткого замикання і перевантаження.

Контактор К електромагнітний забезпечує включення і відключення елементів електричної схеми під навантаженням. На рис. 2. показана

принципова електрична схема випробування гідропідсилювача тролейбуса.

Трансформатор понижуючий Т1 призначений для перетворення електричної енергії трифазного змінного струму рівня напруги 380 В в електричну енергію трифазного змінного струму рівня напруги 24 В. В табл. 1 наведено перелік складальних одиниць і їх елементів випробувального стенда.

Випрямляч, що складається із діодів VD1...VD6, які зібрані за схемою Ларіонова призначений для перетворення електричної енергії трифазного змінного струму у рівня напруги 24 В в енергію постійного струму у рівня напруги 24 В.

Таблиця 1
Перелік складальних одиниць і їх елементів випробувального стенда

Позначення на рисунку	Найменування складальних одиниць та їх елементів	Кількість, шт.
QS1	Рубильник трьохполюсний, РПЦ-21	1
F1... F3	Запобіжник плавкий	3
К	Контактор електромагнітний	1
T1	Трансформатор понижувальний	1
VD1...VD6	Діод випрямляючий, марки D-304	6
KA1	Реле струму	1
HL1	Лампа сигнальна	1
PA1	Амперметр щитовий	1
PV1	Вольтметр, щитовий, реєструючий	1
PS1	Шунт вимірювальний	1
RP1	потенціомет	1
М	Електродвигун Г-732А	1
SB1	Кнопка вмикання	1
SB2	Кнопка вимикання	1

Сигнальна лампа HL1 призначена для сигналізації наявності напруги на виході випрямляча.

Потенціометр RP1 забезпечує регулювання частоти обертання приводного електродвигуна масляного насоса, а вимірювальний шунт RS1-розширення межі вимірювання струму амперметром PA1 в колі електродвигуна.

Вольтметр PV1 призначений для вимірювання величини напруги на виході випрямляча.

Реле струму KA1 забезпечує подачу сигнала на відключення контактора К при досягненні в колі електродвигуна струму більшого за значенням ніж струм установки реле.

Для приводу електродвигуна в дію необхідно ввімкнути рубильник QS1 і натиснути кнопку вмикання SB1, при цьому збирається коло:

- фаза С – кнопка вмикання SB1 – нормально замкнутий контакт реле струму;
- KA1 кнопка вимикання SB2-катушка електромагнітного контактора К- нуль.

Після того, як контактор К спрацює, він зашунтує своїм блокконтактом кнопку вмикання SB1.

Для того, щоб вимкнути електродвигун, необхідно натиснути на кнопку вимикання SB2, яка

розірве коло живлення котушки електромагнітного контактора К.

При досягненні в колі електродвигуна струму більшого за значенням струму установки реле струму КА1 спрацьовує і розмикає свій контакт в колі живлення котушки контактора К.

Контроль напруги і струму в колах електродвигуна здійснюється за допомогою відповідних приладів. За їх показаннями розраховують потужнісні показники та енергетичні втрати [22–24].

7. Розрахунок елементної бази стенда по випробуванню гідравлічного підсилювача руля

Як видно із принципової електричної схеми випробувального стенда (рис 2) до його елементної бази відноситься чи мало складальних одиниць.

На наш погляд ,найбільш відповідальною і складною складальною одиницею випробувального стенда являє трансформатор понижуючий 380/24.Тому розрахунок його параметрів і представляє особливий інтерес.

Розрахувати трансформатор починають із визначення вихідних даних, якими слід вважати:

$$u_1=380 \text{ В}, u_2=24 \text{ В}, f_c=50\text{Г}, i_2=50 \text{ А}$$

Розрахунок ведуть в наступній послідовності:

– визначення сумарної потужності вторинної обмотки трансформатора $S_{тр}$ здійснюють за формулою: $S_{тр} = u_2 \cdot i_2 = 24 \cdot 50 = 1200 \text{ ВА}$;

– встановлення конфігурації магнітопроводу: – пластичний, стрижневий, марка сталі – Е42, товщина сталі – 0,50 мм;

– основний розрахунковий параметр трансформатора визначають за формулою

$$Q_{cm} Q_0 = \left(1 + \frac{hm}{hm}\right) \cdot \frac{S_{тр} \cdot 10^2}{4,44 \cdot f_m B_m j \cdot K_c \cdot K_m}$$

де $Q_{ст} Q_0$ – площа поперечного перерізу стрижня магнітопроводу і площа вікна см 2.

Далі для сталі Е42, встановлюємо:

f_m – частота струму мережі, яка дорівнює 50 Г; B_m – амплітуда магнітної індукції, яка дорівнює 1,2 Тл;

j – щільність струму в обмотках, яка дорівнює 3,3 а/мм²

K_c, K_m – коефіцієнт заповнення відповідно сталлю площі поперечного перерізу стрижня магнітопроводу і міддю вікна осердя, які відповідно дорівнюють 0,91 і 0,31.

h_t – коефіцієнт корисної дії трансформатора який дорівнює 0,85

$$Q_{cm} \cdot Q_0 = \left[1 + \frac{0,85}{0,85}\right] \frac{1200 \cdot 10^2}{4,44 \cdot 50 \cdot 1,2 \cdot 3,3 \cdot 0,91 \cdot 0,31} = 41,7 \text{ см}^4 \text{ б}$$

– Визначення ширини стрижня магнітопроводу A_p , за формулою

$$A_p = \sqrt[4]{\frac{Q_{cm} Q_0}{XYZ}} = \sqrt[4]{\frac{4,17}{0,5 \cdot 15 \cdot 3}} = \sqrt[4]{18,53} = 2,07 \text{ мм}$$

– де $X = \frac{a}{A} = 0,5, Y = \frac{b}{A} = 1,5, Z = \frac{h}{A} = 3$ – прийняті

відношення розмірів трансформатора у відповідності із рис. 2

а – ширина вікна магнітопроводу, мм

v – довжина вікна магнітопроводу, мм

h – висота вікна магнітопроводу, мм

Згідно додатку 4 [3]вибираємомагнітопровід Ш20Х25 у якого

$a=20$ мм

$h=50$ мм

$v=20$ мм

$H=70$ мм – висота магнітопроводу

$A=25$ мм – ширина магнітопроводу

$Q_{ca}=4,5 \text{ см}^2$ – активний переріз магнітопроводу

$G_{ст}=620$ г – маса сталі магнітопроводу

– Утрати в сталі $P_{ст}$ визначають за формулою

$$P_{ст} = \delta G_{ст}$$

де δ – питомі активні утрати в сталі, які залежать від марки сталі, товщини пластини і стрічки, магнітної індукції, частоти струму в мережі (в нашому випадку $\delta = 2,5$ Вт/кг.

$$\text{Тоді, } P_{ст} = 2,5 \cdot 0,62 = 1,55 \text{ Вт}$$

– Активну складову частину струму холостого

ходу $i_{a \text{ хол}}$

– Визначають за формулою

$$i_{a \text{ хол}} = \frac{P_{ст}}{S_{тр}} \cdot 100 = \frac{1,55}{1200} \cdot 100 = 3,229\%$$

– Реактивну складову частину $i_{р. \text{ хол}}$.

Визначають за формулою

$$i_{р. \text{ хол}} = \frac{g_{cm} G_{cm}}{S_{тр}} \cdot 100\%,$$

де g_{cm} – питомі реактивні утрати в сталі, які залежать від марки сталі і магнітної індукції (в нашому випадку $g_{ст} = 29 \frac{ВАР}{кГ}$)

$$\text{Тоді, } i_{р. \text{ хол}} = \frac{29 \cdot 0,620}{1200} \cdot 100 = 37,458 \%$$

– Струм холостого ходу, що виражений у відсотках від номінального, $i_{хол}$, визначають за формулою

$$i_{хол} = \sqrt{I^2 a.хол.} + \sqrt{I^2 p.хол.} + 37,458^2 = 38\%$$

– Струм у вторинній обмотці трансформатора I_2 визначають за формулою

$$I_2 = S_2 / u_2 = 1200 / 24 = 50 \text{ А} .$$

– Коефіцієнт трансформації h визначають за формулою

$$h = \frac{U_2}{U_1} = \frac{24}{380} = 0,063$$

– Ефективний струм первинної обмотки I_1 трансформатора визначають за формулою

$$I_1 = n I_2 = 0.063 \cdot 50 = 3.15 \text{ А}$$

Утрати поперечного перерізу дроту в обмотках q_1 і q_2 визначають за формулами

$$q_1 = \frac{I_1}{t} = \frac{3,15}{3,3} = 0,954 \text{ мм}^2$$

$$q_2 = \frac{I_2}{t} = \frac{50}{3,3} = 15,15 \text{ мм}^2$$

– Для первинної обмотки трансформатора вибирають дріт марки ПЕЛ із номінальним діаметром 0,41 мм.

– Для вторинної обмотки трансформатора вибирають дріт марки ПЕЛ із номінальним діаметром 0,20 мм.

– Величину дійсної щільності струму в обмотках трансформатора I_1 і I_2 визначають за формулами

$$I_1 = \frac{I_1}{g_1} = \frac{3,15}{0,954} = 3,31 \frac{A}{мм^2}$$

$$I_2 = \frac{I_2}{g_2} = \frac{50}{15,15} = 3,30 \frac{A}{мм^2}$$

Величину середньої дійсної щільності струму i_q обмоток трансформатора визначають за формулами

$$i_g = \sqrt{I_1} + I_2 = \sqrt{3,31^2} + 3,3^2 = 3,305 \frac{A}{мм^2}$$

Амплітуду магнітного потоку в магнітопроводі трансформатора визначають за формулою

$$\Phi = B_{Q_{ca}} \cdot 10^{-4} = 1,2 \cdot 4,5 \cdot 10^{-4} = 5,4 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$$

Кількість витків W_1 і W_2 в обмотках трансформатора визначають за формулою

$$W_i = \frac{E_i \cdot 10^4}{4,44F} = f \cdot \Phi$$

де i – номер обмотки, E_i – електрорушійна сила i -тої обмотки, яку визначають за формулою для первинної і вторинної обмоток.

$$E_1 = u_1(1 - \Delta u_1 / 100) = 380(1 - 5 / 100) = 361 \text{ В}$$

$$E_2 = u_2(1 - \Delta u_2 / 100) = 24(1 - 9 / 100) = 21,84 \text{ В}$$

Підставляючи числові значення, одержимо

$$W_1 = 361 \cdot 10^4 / 4,44 \cdot 50 \cdot 5,4 \cdot 10^{-4} = 1624,5 \text{ вит}$$

$$W_2 = 21,84 \cdot 10^4 / 4,44 \cdot 50 \cdot 5,4 \cdot 10^{-4} = 1801,8 \text{ вит}$$

8. Принцип побудови стенда по випробуванню лопаткового мастильного насоса, після ремонту

Для реалізації програми випробування лопаткового масляного насоса у відповідності з вимогами ГОСТ 24555 був розроблений принцип побудови випробувального стенда.

Його схема представлена на рис.3.12. До складу стенда входять: Витратний бак1, випробувальний насос, центрифуга 9, охолоджуваний пристрій 10, терморегулятор 11, переливний золотник 12, верхній і нижній лічильники мастила 13, кран переключення лічильників 14, кран переключення потоку мастила 15, фільтр 16, дросель високого тиску17, зливний штуцер 2, всмоктувальний шланг3, нагнітальний шланг5, манометр високого тиску7, манометр низького тиску 8.

Перед випробуванням насоса після ремонту його випробовують за програмою, що представлена табл. 2

При цьому продуктивність насоса згідно технічних умов на випробування визначають при температурі мастила 50...60⁰ С і визначеній частоті обертання насоса n , зокрема:

При $n = 600$ об/хв. Продуктивність - не менше 8,5 л/хв.

При $n = 1000$ об/хв. Продуктивність не більше 16,5 л/хв.

Таблиця 2

Програма випробування насоса

Частота обертання об/хв.	Тиск, кгс/см ² (МПа)	Температура мастила, °С	Тривалість, хв
600	5(0,5)	Не більше 80	5
1000	30(3)	Не більше 80	5

Граничний тиск 65...70 кгс/см² (6,5..7 МПа) визначають при частоті обертання 600 об/хв. і 1000 об/хв.

Роботу насоса перевіряють також в екстремальних умовах при $n=4000$ об/хв. і тиску 10 кгс/см² (1,0 МПа) протягом 1 хв.

Геометричність насоса визначають шляхом виявлення течі мастила через місця з'єднання і сальники.

Коефіцієнт подачі K_a повинен дорівнювати не менше 0,9.

Перед випробування на стенді насос 4 з'єднують з привідним валом стенда і закріплюють на передній плиті, всмоктувальну його порожнину з'єднують шлангом 3 із витратним баком1, а нагнітальну - шлангом 5 із нагнітальною лінією стенда. [25]

Повернувши рукоятку дроселя 17 в положення «Відкрито» і рукоятку крана 15 переключення потоку в положення, при якому мастило вільно тече (проходить) від насоса на злив, запускають стенд.

Під час випробування за допомогою крана 14 лічильники витрати мастила 13 відключають. Крім того під час випробування слідкують за нагріванням корпусу і підтіканням мастила. Перегрівання насоса може виникнути внаслідок підвищеного тертя шестерен об спряжені деталі, або внаслідок великих внутрішніх підтікань.

Подачу насоса визначають при температурі мастила 50...55 градусів С.Мастило в витратному баці нагрівають під час роботи насоса під тиском. Терморегулятор стенда 11піддержує температуру мастила в заданих межах, пропускаючи воду через радіатор охолоджувального пристрою10. За допомогою дроселя 17 підвищують тиск в нагнітальній лінії стенда до номінальної величини випробувального насоса.

Повернувши рукоятку крана 14 направляють потік мастила до верхньої(при подачі насоса 40...120 л/хв.), або нижнього (при подачі насоса до 40 л/хв.) лічильника мастила 13.

В будь-який момент, коли стрілка лічильника проходить через будь-яку поділку шкали, яку вибирають за початок відліку, включають електронний лічильник обертів за допомогою тумблера. Слідкуючи за стрілкою лічильника ІЗ мастила відраховують визначну кількість мастила. В момент проходження стрілки через визначене значення прилад виключають.

За допомогою числа обертів визначають подачу насоса і коефіцієнт подачі. Їх значення повинні перевищувати мінімально-доступні значення, що приведені в технічних умовах на випробування.

Герметичність насоса ІІ перевіряють не менше ніж за п'ять циклів навантаження шляхом підняття тиску від нуля до визначеного в технічних умовах значення.

9. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів

До основних факторів, що впливають на вибір матеріалу відносять: механічні властивості, склад, питому вагу, обробляємість, придатність до нанесення покриттів, придатність до чистової обробки робочої поверхні, кріплення, вартість.

Для вибору матеріалу застосовують матрицю вирішувань, тобто основних вимог до матеріалу, зокрема:

- матеріал повинен легко штампуватися, придбавати необхідну форму (бути пластичним), мати відносно високу ударну в'язкість і невелику питому вагу;

- придатність матеріалу до високої чистової обробки робочих поверхонь і одночасно мати: оптимальну твердість, зносостійкість, тепло стійкість, декоративність, довговічність;

- поверхня матеріалу повинна оброблятися для захисту від корозії (природній захист, або нанесення лакофарбового, гальванічнозахистно-декоративного покриття і ін..

- вартість матеріалу повинна бути оптимальною;

- придатність до з'єднання і кріплення.

Із усіх відомих методів з'єднання деталей найбільш універсальним являє механічне кріплення, при цьому з'єднання за допомогою різі є найбільш поширеним.

Паюння і зварювання це способи постійного з'єднання, але вони менш універсальні ніж способи механічного кріплення. Зокрема в машинобудівництві зварювання знайшло широке застосування для виготовлення конструкції, таких як резервуари, ємкості, бункера, обшивки, облицівки.

Застосовуючи матрицю вирішувань, при проектуванні випробувального стенда гідравлічного обладнання за допомогою зварювання виготовлена несуча рама. Каркас і двері шафи обшиті металевими листами товщиною 1...1,5 мм. Несуча кришка шафи виготовлена із металевого листа товщиною 5 мм. Зварювання виконано безперервним швом, всі шви зачищені. На поверхню шафи і допоміжне

обладнання випробувального стенда нанесено лакофарбу вальне покриття.

Навантажений механізм-металева конструкція, на якій встановлений електродвигун, що за допомогою спеціальних хомутив закріплений до неї, і еластичною муфтою з'єднаний із мастильним лопатевим насосом. Допоміжне обладнання випробувального стенда виготовлені із високо вуглецевої сталі Ст3, яка найбільш здатна для виготовлення хомутив, болтів, підставок, важелів, затискувальних гвинтів і ін. [25–29].

10. Висновки

У відповідності із метою статті були вирішені питання, які є актуальними для вагоноремонтного заводу м. Харкова. Вони пов'язані із розробкою проекту дільниці з ремонту складальних одиниць рульового управління тролейбуса. При цьому був проведений детальний комплексний аналіз виробничої діяльності вагоноремонтного заводу, були визначені, загальна характеристика рульового управління тролейбуса, його типовий технологічний процес ремонту, та вимоги керівних документів до нього, був розроблений принцип побудови стендів по випробуванню гідро підсилювача руля та лопатевого масляного насоса після їх ремонтів, на прикладі гідро підсилювача руля тролейбуса розроблена концепція розробки технологічного процесу ремонту рульового управління тролейбуса, проведено технічне нормування верстатних робіт, які виконують під час ремонту складальних одиниць рульового управління тролейбуса, розраховані основні показники дільниці з ремонту рульового управління тролейбуса та параметри виробничого процесу його ремонту, розроблені організаційні і технічні заходи для створення нешкідливих і безпечних умов праці на дільниці, визначена ефективність впровадження стенда по випробуванню гідро підсилювача руля.

Література

1. Ладин, Р. А. Параметры Распределения Люфтва В Рулевом Управлении Автомобиля [Текст] / Р. А. Ладин, А. М. Данилов // Вестник магистратуры. – 2013. – № 12-1 (27). – С. 17–20.
2. Ядыкин, Е. А. Моделирование Переходных Процессов В Системе "Электрогидроусилительный Агрегат – Рулевое Управление" Автотранспортных Средств [Текст] / Е. А. Ядыкин, П. В. Веселов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2013. – № 12-2. – С. 122–127.
3. Ходес, И. В. Исследование управляемости транспортного средства при введении в рулевое управление упругого элемента [Текст] / И. В. Ходес, А. М. Слюсарев, А. В. Победин, Н. С. Соколов-Добрев // Молодой ученый. – 2013. – № 4. – С. 98–103.
4. Ермаков, С. А. Системы дистанционного управления и рулевые приводы – структуры и развитие [Текст] / С. А. Ермаков, В. И. Карев, С. В. Константинов, Ю. Г. Оболенский, А. М. Селиванов, Р. В. Сухоруков // Вестник Московского авиационного института. – 2013. – Т. 20. № 2. – С. 161–171.
5. Мурог, И. А. Устранение неисправностей рулевого управления [Текст] / И. А. Мурог, Е. С. Терещенко, Д. Ю. Фадеев, Д. В. Шабалин // Вестник

Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2013. – № 4 (32). – С. 28–25.

6. Марцияш, О. М. Определение характеристик рулевого управления с гидроусилителем [Текст] / О. М. Марцияш // Наукові нотатки. – 2013. – № 41-2. – С. 74–77.

7. Меркушева, Ю. Е. Анализ результатов математического моделирования гидросистемы рулевого управления [Текст] / Ю. Е. Меркушева // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность!. – 2013. – № 2. – С. 056–058.

8. Чернухин, Р. В. Выявление доли отказов рулевого управления грузовых автомобилей [Текст] / Р. В. Чернухин, С. В. Соболев, А. В. Обухов // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2013. – № 3. – С. 247–251.

9. Николаев, Е. В. Проверка исправности гидронасоса рулевого управления [Текст] / Е. В. Николаев, И. М. Макаркин // Тракторы и сельхозмашины. – 2013. – № 12. – С. 41.

10. Меркушева, Ю. Е. Расчетные схемы гидросистемы рулевого управления [Текст] / Ю. Е. Меркушева // Омский научный вестник. – 2014. – № 1 (127). – С. 138–140.

11. Доманов, В. И. Анализ системы управления рулевого механизма [Текст] / В. И. Доманов, А. В. Доманов // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2014. – № 01. – С. 4–9.

12. Мурог, И. А. Решение уравнений математической модели рулевого управления с усилителем гидравлического типа [Текст] / И. А. Мурог, Г. Д. Драгунов, А. С. Заболотников // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. – 2013. – Т. 13. № 1. – С. 22–27.

13. Жданов, А. В. Теоретические исследования рабочих процессов, протекающих в распределителях гидравлических рулевых механизмов [Текст] / А. В. Жданов, Ю. Е. Меркушева // Омский научный вестник. – 2013. – № 1 (117). – С. 88–91.

14. Балабанов, В. И. Повышение долговечности двигателей внутреннего сгорания сельскохозяйственной техники реализацией избирательного переноса при трении [Текст] / В. И. Балабанов. – М.: Московский агроинженерный университет им. В.П. Горячкина, 1999. – 305 с.

15. Гаврилюк, М. Р. Повышение эффективности смазочных материалов [Текст] / М. Р. Гаврилюк, А. С. Чукмарев, О. А. Васильков // Эффект безызносности и триботехнологии. – 1994. – № 1. – С. 40–42.

16. Джост, П. Трибология – истоки и перспективы (доклад). Мировые достижения в области трибологии [Текст] / П. Джост // Трение и износ. – 1996. – Т. 7, № 4. – С. 593–603.

17. Дякин, С. И. Опыт повышения надежности и ресурса узлов трения с использованием металлоплакирующих смазочных материалов [Текст] / С. И. Дякин // Эффект безызносности и триботехнологии. – 1994. – № 3-4. – С. 3–9.

18. Зайцев, В. О. Удосконалення технології контролю та діагностування гільз циліндрів тепловозних дизелів [Текст] : дис. ... канд. техн. наук. / В. О. Зайцев. – Харків, 2001. – 156 с.

19. Когаев, В. П. Прочность и износостойкость деталей машин [Текст] / В. П. Когаев, Ю. Н. Дроздов. – М.: Высш. шк., 1991. – 319 с.

20. Некрасов, С. С. Применение масел с металлоплакирующими присадками в карбюраторных двигателях [Текст] / С. С. Некрасов, В. В. Стрельцов //

Эффект безызносности и триботехнологии. – 1997. – № 2. – С. 66–71.

21. Поляков, А. А. Трение на основе самоорганизации [Текст] / А. А. Поляков // Эффект безызносности и триботехнологии. – 1996. – № 3-4. – С. 47–122.

22. НАНО-технологии и их применение [Текст] / Патент Республики Украина №2442А с приоритетом от 22.04.97.

23. Цыпкин, В. И. Исследование свойств сверхтонких порошков металлов, добавляемых в смазочные масла для реализации эффекта избирательного переноса при трении [Текст] / В. И. Цыпкин, В. В. Стрельцов // Эффект безызносности и триботехнологии. – 1994. – № 3-4. – С. 39–47.

24. Далека, В. Х. Ремонт рухомого складу міського електротранспорту [Текст]: навч. пос. / В. Х. Далека, М. А. Голтвянський. – Харків: ХНАМГ, 2004. – 306 с.

25. Сергеев, В. П. Автотракторный транспорт [Текст] / В. П. Сергеев. – М., 1984. – 304 с.

26. Колчин, А. И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей [Текст] / А. И. Колчин. – М., 1971.

27. Орлин, А. И. Двигатели внутреннего сгорания [Текст] / А. И. Орлин. – М., 1970. – 384 с.

28. ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.znaytovar.ru/gost/2/GOST_12000374_SSBT_Opasye_i_v.html

29. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/4/4655/index.php

Література

1. Ladin, R. A., Danilov A. M. (2013). Parametry Raspredelenija Ljufta V Rulevom Upravlenii Avtomobilja. Vestnik magistratury, 12-1 (27), 17–20.

2. Jadykin, E. A., Veselov, P. V. (2013). Modelirovanie Pehodnyh Processov V Sisteme "Jelektrogidrosilitel'nyj Agregat – Rulevoe Upravlenie" Avtotransportnyh Sredstv. Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tehnicheskie nauki, 12-2, 122–127.

3. Hodes, I. V., Slijusarev, A. M., Pobedin, A. V., Sokolov-Dobrev, N. S. (2013). Issledovanie upravljaemosti transportnogo sredstva pri vvedenii v rulevoe upravlenie uprugogo jelementa. Molodoy uchenyj, 4, 98–103.

4. Ermakov, S. A., Karev, V. I., Konstantinov, S. V., Obolenskij, Ju. G., Selivanov, A. M., Suhorukov, R. V. (2013). Sistemy distancionnogo upravlenija i rulevyje privody – struktury i razvitie. Vestnik Moskovskogo aviacionnogo instituta, 20 (2), 161–171.

5. Murog, I. A., Tereshhenko, E. S., Fadeev, D. Ju., Shabalin, D. V. (2013). Ustranenie neispravnostej rulevogo upravlenija. Vestnik Sibirskoj gosudarstvennoj avtomobil'no-dorozhnoj akademii, 4 (32), 28–25.

6. Marcijash, O. M. (2013). Opredelenie harakteristik rulevogo upravlenija s gidrosilitelem. Naukovi notatki, 41-2, 74–77.

7. Merkusheva, Ju. E. (2013). Analiz rezul'tatov matematicheskogo modelirovanija gidrosistemy rulevogo upravlenija. Rossija molodaja: peredovye tehnologii – v promyshlennost'!, 2, 056–058.

8. Chernuhin, R. V., Sobolev, S. V., Obuhov, A. V. (2013). Vyjavlenie doli otkazov rulevogo upravlenija gruzovyh avtomobilej. Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii, 3, 247–251.

9. Nikolaev, E. V., Makarkin, I. M. (2013). Proverka ispravnosti gidronasosa rulevogo upravlenija. Traktory i sel'hozmashiny, 12, 41.
10. Merkusheva, Ju. E. (2014). Raschetnye shemy gidrosistemy rulevogo upravlenija. Omskij nauchnyj vestnik, 1 (127), 138–140.
11. Domanov, V. I., Domanov, A. V. (2014). Analiz sistemy upravlenija rulevogo mehanizma. Promyshlennye ASU i kontroly, 01, 4–9.
12. Murog, I. A., Dragunov, G. D., Zabolotnikov, A. S. (2013). Reshenie uravnenij matematicheskoj modeli rulevogo upravlenija s usilitelem gidravlicheskoj tipa. Vestnik Juzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Mashinostroenie, 13 (1), 22–27.
13. Zhdanov, A. V., Merkusheva, Ju. E. (2013). Teoreticheskie issledovanija rabochih processov, protekajushhijh v raspredeliteljah gidravlicheskih rulevyh mehanizmov. Omskij nauchnyj vestnik, 1 (117), 88–91.
14. Balabanov, V. I. (1999). Povyshenie dolgovechnosti dvigatelej vnutrennego sgoranija sel'skohozjajstvennoj tehniki realizaciej izbiratel'nogo perenosa pri trenii. Moscow: Moskovskij agroinzhenernyj universitet im. V. P. Gorjachkina, 305.
15. Gavriljuk, M. R., Chukmarev, A. S., Vasil'kov, O. A. (1994). Povyshenie jeffektivnosti smazocznyh materialov. Jeffekt bezyznosnosti i tribotehnologii, 1, 40–42.
16. Dzhost, P. (1996). Tribologija – istoki i perspektivy (doklad). Mirovye dostizhenija v oblasti tribologii. Trenie i iznos, 7 (4), 593–603.
17. Djakin, S. I. (1994). Opyt povyshenija nadezhnosti i resursa uzlov trenija s ispol'zovaniem metalloplakirujushhijh smazocznyh materialov. Jeffekt bezyznosnosti i tribotehnologii, 3-4, 3–9.
18. Zajcev, V. O. (2001). Udoskonalennja tehnologii kontrolju ta diagnostuvannja gil'z cilindriv teplovoznih dizeliv. Kharkiv, 156.
19. Kogaev, V. P., Drozdov, Ju. N. (1991). Prochnost' i iznosostojkost' detalej mashin. Moscow: Vyssh. shk., 319.
20. Nekrasov, S. S., Strel'cov, V. V. (1997). Primenenie masel s metalloplakirujushhimi prisadkami v karbjuratornyh dvigateljah. Jeffekt bezyznosnosti i tribotehnologii, 2, 66–71.
21. Poljakov, A. A. (1996). Trenie na osnove samoorganizacii. Jeffekt bezyznosnosti i tribotehnologii, 3-4, 47–122.
22. NANO-tehnologii i ih primenenie. Patent Respubliki Uk-raina №2442A s prioritetom ot 22.04.97.
23. Cypkin, V. I., Strel'cov, V. V. (1994). Issledovanie svojstv sverhtonkih poroshkov metal-lov, dobavljajemyh v smazocznye masla dlja realizacii jeffekta izbiratel'nogo perenosa pri trenii. Jeffekt bezyznosnosti i tribotehnologii, 3-4, 39–47.
24. Daleka, V. H., Goltvjans'kij, M. A. (2004). Remont ruhomogo skladu mis'kogo elektrotransportu. Kharkiv; HNAMG, 306.
25. Sergeev, V. P. (1984). Avtotraktornyj transport. Moscow, 304.
26. Kolchin, A. I. (1971). Raschet avtomobil'nyh i traktornyh dvigatelej. Moscow.
27. Orlin, A. I. (1970). Dvigateli vnutrennego sgoranija. Moscow, 384.
28. GOST 12.0.003-74. SSBT. Opasnye i vrednye proizvodstvennye faktory. Klassifikacija. Available at: http://www.znaytovar.ru/gost/2/GOST_12000374_SSBT_Opasnye_i_v.html
29. GOST 12.1.007-76 SSBT. Vrednye veshhestva. Available at: http://www.ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/4/4655/index.php

Рекомендовано до публікації д-р техн. наук Калкманов С.А.
Дата надходження рукопису 09.08.2014

Зубенко Денис Юрійович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра "Електричного транспорту", Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, вул. Революції, 12, м. Харків, 61002
E-mail: Denis04@ukr.net

УДК 621.396.67

ХАОТИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ТОНКОПРОВОЛОЧНЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЯХ С НЕЛИНЕЙНЫМИ СВОЙСТВАМИ ПОВЕРХНОСТНОГО ИМПЕДАНСА

© А. И. Лучанинов, Д. С. Гавва, С. Р. Уайд

Рассмотрены результаты моделирования неконвергентных устройств. Приведены результаты исследования для тонкопроволочного излучателя с нелинейными свойствами поверхностного импеданса. Показано, что в режиме сильной нелинейности присутствуют явные признаки режима динамического хаоса

Ключевые слова: нелинейность, конвергентность, динамический хаос

The work examines simulation results for non-convergent devices. Investigation results for a thin-wire radiator with non-linear surface impedance are represented. It is demonstrated that explicit attributes of the dynamic chaos regime are observed in the strong nonlinearity mode

Keywords: nonlinearity, convergence, dynamic chaos

1. Введение

Современные телекоммуникационные системы активно используют беспроводные каналы передачи данных. При этом одним из основных

компонентов в них являются антенные системы. Для улучшения характеристик и возможностей последних, сегодня применяют и новые материалы конструкций и новые подходы, при которых в