

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

УДК 629.424-82:004.031.2

І. В. ЖУКОВИЦЬКИЙ^{1*}, І. А. КЛЮШНИК^{2*}, О. Б. ОЧКАСОВ^{3*}, Р. О. КОРЕНЮК^{4*}

^{1*}Каф. «Електронні обчислювальні машини», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 89, ел. пошта ivzhuk@mail.ru, ORCID 0000-0002-3491-5976

^{2*}Каф. «Електронні обчислювальні машини», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056) 373 15 89, ел. пошта klugran@i.ua, ORCID 0000-0001-9939-0755

^{3*}Каф. «Локомотиви», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. + 38 (056) 733 19 61, ел. пошта oalexander@mail.ru, ORCID 0000-0002-7719-7214

^{4*}Каф. «Локомотиви», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. + 38 (056) 733 19 61, ел. пошта koroman@ua.fm, ORCID 0000-0003-1416-4770

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ВИПРОБУВАННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ ПЕРЕДАЧ ТЕПЛОВОЗІВ

Мета. Стаття спрямована на розгляд процесу розробки інформаційно-вимірювальної системи випробування гідравлічних передач тепловозів, що дасть можливість отримання вихідних даних для проведення подальших досліджень із визначення технічного стану гідравлічних передач тепловозів. Необхідно проаналізувати удосконалення технології заводських післяремонтних випробувань гідропередач шляхом автоматизації існуючих стендів випробувань гідравлічних передач згідно технічних умов тепловозоремонтних підприємств. Це досягається з урахуванням детального огляду уже існуючих закордонних інформаційно-вимірювальних систем випробування гідравлічних передач тепловозів, кар'єрних самоскидів БелАЗ, аеродромних тягачів, шлаковозів, ваговозів, колісних бульдозерів БелАЗ, деяких марок тракторів тощо. Передбачається вирішення задачі створення інформаційно-вимірювальної системи випробувань гідравлічних передач тепловозів, відштовхуючись, в першу чергу, від можливості автоматизації вже існуючого стенду випробувань гідравлічних передач тепловозів на Дніпропетровському заводі по ремонту тепловозів «Промтепловоз». **Методика.** В роботі дослідниками була запропонована методика створення мікропроцесорної автоматизованої системи стендових випробувань гідравлічних передач тепловозів в умовах локомотиворемонтного заводу. Вона діє шляхом обґрунтування вибору необхідних датчиків, а також застосування необхідних апаратних та програмних засобів для побудови інформаційно-вимірювальної системи. **Результати.** На підставі проведеного аналізу обґрунтовано необхідність удосконалення заводських стендових випробувань гідравлічних передач шляхом створення мікропроцесорної системи випробувань, спираючись на досвід створення подібних систем за кордоном. Подальші наукові дослідження повинні бути спрямовані на підвищення точності та частоти збору інформації шляхом застосування більш сучасних та надійних датчиків у тандемі з використанням програмних фільтрів електромагнітних та інших перешкод. **Наукова новизна.** Авторами була розроблена інформаційно-вимірювальна система, яка удосконалює процес випробування гідравлічних передач за рахунок автоматизації та підвищення точності вимірювань контрольних параметрів. Результати вимірювань є вихідними даними для проведення подальших досліджень із метою визначення технічного стану гідравлічної передачі УГП750-1200 під час заводських післяремонтних випробувань. **Практична значимість.** У роботі запропоновано варіант створення мікропроцесорної системи випробувань гідравлічної передачі тепловозів, який не має аналогів в Україні. Автоматизований збір даних при випробуваннях дозволить фіксувати швидкоплинні процеси для визначення технічного стану гідравлічної передачі.

Ключові слова: гідравлічна передача; випробування гідропередач; випробувальний стенд; датчики; інформаційно-вимірювальна система

Вступ

Більшість локомотивів з гідравлічною передачею потужності, які використовуються на

території України, потребують капітального або капітально-відновлюваного ремонту. Під час виконання капітального ремонту одним із

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

складних і відповідальних вузлів тепловоза є гідравлічна передача. Після капітальних ремонтів гідравлічних передач тепловозів здійснюються їх випробовування без навантаження з метою припрацювання деталей, а також випробовування під навантаженням з метою перевірки основних параметрів. Технічними умовами підприємств, що ремонтують гідравлічні передачі, рекомендується виконання певного обсягу оціночних і регулювальних випробувань з метою контролю їх післяремонтного стану. Згідно з правилами ремонту в процесі обкатки без навантаження та з навантаженням в основному контролюється рівень шуму, герметичність, температурні режими, тиск у масляних системах, розгін турбінного валу, спрацювання блокувальних пристроїв, включення муфт реверсу і режимів, величина вібрації корпусу, надійність і чіткість роботи системи автоматичного управління [12]. Від якості виконання цих випробувань залежить ресурс передачі та її коефіцієнт корисної дії.

Мета

В Україні на сьогодні для виконання випробувань гідропередач, зокрема на тепловозоремонтних та заводах з ремонту іншої техніки, де застосовуються гідравлічні передачі, застосовуються морально застарілі стенди, розроблені ще за часів СРСР. Такі стенди не дозволяють зафіксувати динаміку зміни контрольних параметрів при випробуванні, і тому зробити повний висновок по недоліках ремонту пристрою, що випробовується. Тому часто після таких випробувань не правильно відремонтована гідропередача поверталась на доопрацювання. Також відсутня будь-яка стандартизація виробництва цих стендів.

Сьогодні в Україні інформаційно-вимірвальних систем випробування гідравлічних передач тепловозів практично не існує. Тому актуальним є детальний огляд вже існуючих закордонних інформаційно-вимірвальних систем випробування гідравлічних передач тепловозів та постановка задачі для створення вітчизняної, відштовхуючись в першу чергу від можливості автоматизації вже існуючого стенда випробувань гідравлічних передач тепловозів на Дніпропетровському заводі з ремонту тепловозів «Промтепловоз».

Аналіз досліджень і публікацій. Аналоги систем випробування гідравлічних передач тепловозів та інших транспортних засобів існують в Росії [6, 14, 15] та деяких інших країнах [9]. Питання удосконалення випробувань тепловозів з гідравлічною передачею присвячені дослідженням, розглянуті в роботах [1, 3, 7]. Галузева науководослідна лабораторія «Технічне утримання та діагностика локомотивів» ДНУЗТ імені академіка В. Лазаряна виконує роботи з удосконалення випробувань гідравлічних передач тепловозів в умовах тепловозоремонтного заводу [2, 16, 5, 8].

На підприємствах України, що ремонтують гідравлічні передачі, для випробувань використовують типові стенди, більшість з яких розроблені і використовуються з 80-х років.

На Дніпропетровському заводі з ремонту тепловозів «Промтепловоз» використовується стенд для випробувань уніфікованої гідропередачі УГП750-1200. Гідравлічна передача цього типу встановлена на більшості тепловозів з гідравлічною передачею, які експлуатуються на підприємствах промислового транспорту та Укрзалізниці.

Стенд дозволяє вимірювати температуру масла до та після гідропередачі за допомогою датчиків (діапазон 0–150 °С, ціна поділки шкали – 5 °С); тиск масла в системі змащування (0–1,5 МПа, ціна поділки шкали – 0,2 МПа); струм приводного електродвигуна (0–600 А, ціна поділки шкали – 50 А); частоту обертання приводного електродвигуна та генератора (125–1 500 хв⁻¹, ціна поділки шкали – 50 хв⁻¹).

Звичайно, цей стенд по кількості контрольних параметрів і точності вимірювання (застосовуються стрілочні аналогові індикатори) не відповідає сучасному рівню розвитку обчислювальної техніки. Стенд не дозволяє фіксувати динаміку процесів. Відсутність автоматичної фіксації вимірних параметрів та протоколу випробувань зменшує можливості для аналізу результатів випробувань і випробувального стенда в цілому.

Найближчим сучасним аналогом вже існуючих в Україні стендів (без комп'ютеризованої фіксації параметрів) випробування є стенд розробки заводу спеціалізованого обладнання «Стандарт» для випробування уніфікованої гідропередачі УГП 230 [15].

Стенд призначений для виконання приймально-здавальних випробувань уніфікованої гід-

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

ропередачі УГП 230 після ремонту для перевірки та настройки основних технічних характеристик.

Під час випробувань гідропередачі перевіряється якість складання, герметичність, тиск у масляних системах, температурний режим, перемикання реверсу, якість складання і роботи фрикціонів, частота обертання приводного валу.

Випробування виконуються у двох режимах: поїзному та маневровому.

Стенди випробування гідравлічних передач використовуються не лише на локомотиворемонтних заводах, а й на підприємствах, які виконують ремонт кар'єрних автомобілів, колійної техніки та інших транспортних засобів. Так, наприклад, на НТЦ «Технічна діагностика і прецизійні вимірювання» створено комп'ютеризований стенд для випробувань і обкатки гідромеханічних передач (ГМП) [6]. Цей стенд застосовується для випробувань гідропередач кар'єрних самоскидів БелАЗ, аеродромних тягачів, шлаковозів, ваговозів, колісних бульдозерів БелАЗ, деяких марок тракторів тощо. На рис. 1 наведено структурну схему такого стенда.

Стенд виконує випробування ГМП за допомогою асинхронного електродвигуна. Дані від

датчиків передаються через АЦП до комп'ютера. Асинхронний електродвигун має зворотний зв'язок з комп'ютером через перетворювач частоти обертання, що дозволяє регулювати частоту обертання двигуна.

Розглянутий стенд контролює крутний момент з фіксацією частоти обертання вхідного і вихідного валів, температуру та витрати рідини в системі охолодження, тиск у масляних системах ГМП (головній магістралі, гідротрансформаторі, системі змащення, каналі включення фрикціонів блокування). Також фіксується час випробувань.

Випробування виконуються на цьому стенді в автоматичному режимі за допомогою комп'ютера: програмний вибір типу ГМП, вибір і перемикання передач, завдання режимів обкатки для кожної передачі ГМП, завдання часу обкатки і автоматична підтримка швидкісного режиму. Вимірювані параметри контролюються і відображаються на моніторі комп'ютера. Можлива аварійна зупинка при перевищенні заданого значення вимірюваних параметрів. Також виконується документування та архівація результатів випробувань, друк протоколу.



Рис. 1. Структурна схема комп'ютеризованого стенда для випробувань і обкатки гідромеханічних передач (ГМП) [6]

Fig. 1. Block diagram of the computer stand for test and running the hydromechanical transmission (GME) [7]

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

До недоліків стенда можна віднести відсутність гальмівного навантаження (генератора для випробувань гідропередачі в навантаженому режимі).

Наступною розробкою вищезгаданого заводу є стенд для випробувань і обкатки гідропередачі [14], який є вдосконаленим варіантом попередньо розглянутого.

Структурна схема стенда наведена на рис. 2.

Головною відмінною особливістю стенда є використання асинхронних електродвигунів (АЕД) в парі з частотними перетворювачами, як у якості приводного, так і гальмівного навантажувальних пристроїв, а також застосування гальмівного генератора навантаження. При цьому, частотні перетворювачі об'єднані по шині постійного струму, що дозволяє передавати потужність з гальмівного АЕД на приводний АЕД, і таким чином здійснювати рекуперацію потужності. Частота обертання і навантаження

задається програмно. Показання датчиків реєструються в програмі і відображаються на екрані монітора в реальному масштабі часу. Після закінчення випробувань формується звіт.

Стенд дозволяє перевірити якість складання ГДП, тиск у масляних системах ГДП в різних температурних режимах, вмикання і вимикання муфт реверсу в різних температурних режимах, розкрутку турбінних валів в різних температурних режимах, стійкість роботу живильного насоса, перехідних процесів, робота в стоповому режимі.

Виконання аналізу існуючих систем випробувань гідропередач з метою удосконалення технології заводських післяремонтних випробувань гідропередач шляхом створення інформаційної системи випробувань та діагностування на базі стенда випробувань на тепловозоремонтному заводі.

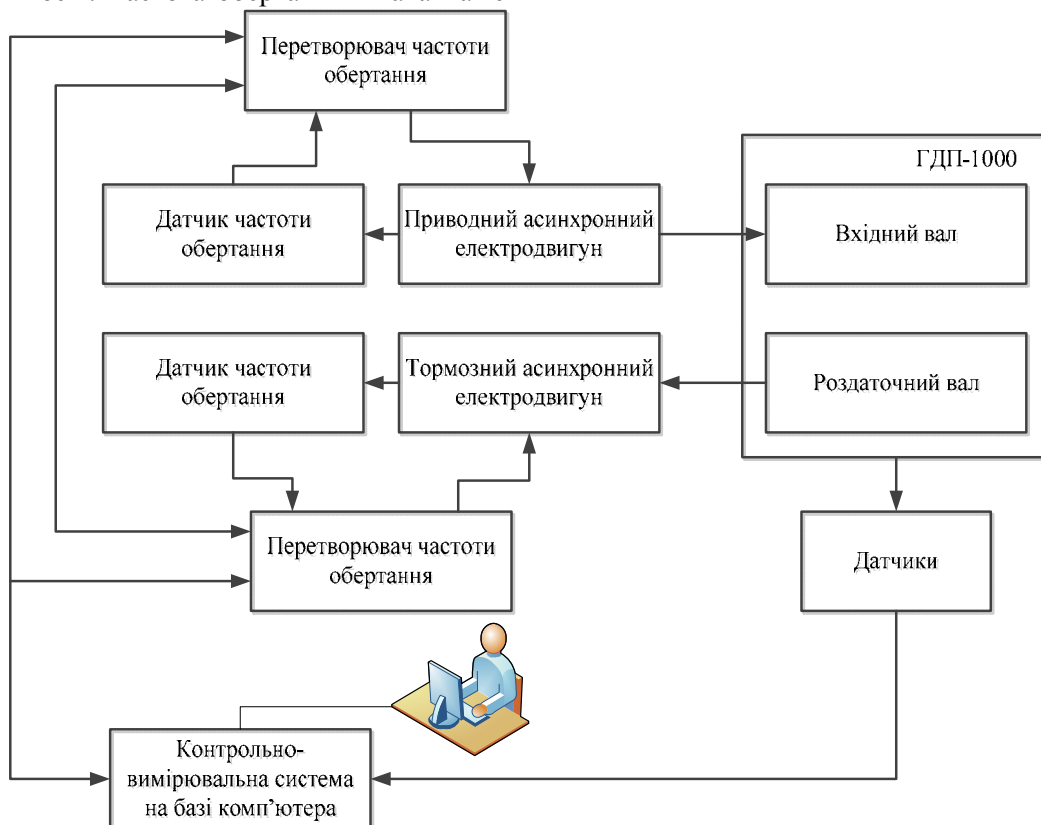


Рис. 2. Структурна схема стенда для випробувань і обкатки гідропередачі ГДП-1000

Fig. 2. Block diagram of the stand for a test and running the hydraulic transmission GDT-1000

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Методика

Вимірювальні засоби існуючого стенда випробувань гідравлічних передач на заводі ДЗРТ «Промтепловоз» подані аналоговими контрольними приладами, які є морально застарілими. Контрольні прилади не відповідають сучасному рівню розвитку обчислювальної техніки. Обладнання має невисоку точність вимірювань і не дозволяє накопичувати та аналізувати дані про технічний стан гідравлічної передачі. Тим самим знижується інформативність випробувань гідравлічної передачі та ускладнюється створення цілісної картини про технічний стан гідравлічної передачі.

З метою усунення вказаних недоліків авторами виконані роботи з розробки та впровадження інформаційно-вимірювальної системи випробувань гідравлічних передач тепловозів [13] в умовах тепловозоремонтного заводу ДЗРТ «Промтепловоз». Спираючись на досвід створення розглянутих вище систем та технологію випробувань гідравлічних передач, виконано вибір типів датчиків та місць їх встановлення.

На першому етапі розробки відповідно до заводської програми випробувань було обрано найбільш необхідні та критичні 13 технологічних параметрів, до яких відносяться:

- температура масла в колі циркуляції першого та другого гідротрансформаторів, а також температура масла до та після гідропередачі (0–120 °С, ціна поділки шкали – 1 °С);

- тиск масла в колі циркуляції першого (див. рис. 3) та другого гідротрансформаторів (0–0,25 МПа, ціна поділки шкали – 0,01 МПа);



Рис. 3. Установка датчика тиску в коло циркуляції гідроапарату

Fig. 3. Pressure sensor installation in the circulation circle of hydro apparatus

- частота обертання турбінного валу гідравлічної передачі, приводного електродвигуна та генератора (до 1 500 хв⁻¹, ціна поділки шкали – 1 хв⁻¹);

- струм та напруга приводного електродвигуна та навантажувального генератора (струм – 500 А, ціна поділки шкали згідно із заводською програмою випробувань та думки експертів – 1 А, напруга 600 В, ціна поділки шкали – 1 В);



Рис. 4. Структурна схема інформаційно-вимірювальної системи випробування гідравлічних передач тепловозів в умовах тепловозоремонтного заводу ДЗРТ «Промтепловоз»

Fig. 4. Block diagram of information and measuring testing system of diesel-locomotives hydraulic transmissions within Diesel Locomotive Plant DDLP «Promteplovoz»

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Опитування датчиків повинно виконуватись з частотою не менше 2 Гц.

Як датчики тиску обрані МИДА-ДІ-02П [5]. Рознесена конструкція датчиків МИДА-ДІ-02П (первинний перетворювач з'єднаний кабелем з блоком обробки) дозволяє застосовувати їх в широкому діапазоні температур вимірюваних середовищ (50–150 °С) при збереженні високих характеристик.

Присутня межа вимірювань від 0 до 1 МПа. Межі допустимої основної похибки $\pm 0,25$. Вихідні сигнали 4–20 мА (або 0–5 В). Характеристика вихідного сигналу – лінійно зростаючий. Варіація вихідного сигналу не перевищує 0,5.

Як датчики температури обрані термоперетворювачі опору ТСМ-364-01. Робочий діапазон вимірюваних температур – від 0 до +150 °С. Допустимі відхилення показань складають $\pm|0,3 + 0,005t|$ °С. Включення виконується за мостовою схемою з живлячою напругою (24–36) В.

Для врахування відхилень характеристик датчиків від номінальних значень виконана тарировка датчиків тиску і температури спільно з перетворювачами.

Як перетворювачі сигналу датчиків температури, тиску, струму та напруги використані індикатори технологічних параметрів «МикРА ІЗ» та «МикРА І4». Дані індикатори перетворюють отримані аналогові сигнали в цифрові і передають їх в систему збору інформації. Згідно з документацією [12, 11] по діапазонах вимірювання дані прилади цілком задовольняють технічні вимоги на виконання випробувань, адже розрядність їх вбудованого АЦП складає 21 розряд. Струм і напруга вимірюється через шунт, де максимальна напруга складає 75 мВ. Опитування датчиків виконується на швидкості 2,5 Гц, що теж задовольняє задані умови.

Для реалізації цього завдання всі індикатори об'єднані в мережу стандарту RS-485, а за допомогою спеціально спроектованого в ГНДЛ університету перетворювача інтерфейсу RS-485 в інтерфейс USB 2.0 виконується безпосередньо передача інформації в систему збору інформації. Обмін інформації виконується за допомогою протоколу каналного рівня Modbus RTU [18], що дає додатковий захист від потужних електромагнітних полів, які продукуються при випробуваннях в умовах промислового

підприємства. Протокол Modbus RTU дозволяє виявляти логічні помилки, а також помилки при передачі даних, що під час використання як лінії зв'язку екранованої виті пари і повної гальванічної розв'язки в перетворювачі інтерфейсів RS-485 в USB 2.0 захищає від вказаних негативних впливів.

Враховуючи значні електромагнітні перешкоди при випробуваннях, необхідно застосовувати як апаратні засоби від перешкод (екранована вита пара, RS-485), так і програмні цифрові фільтри, наприклад фільтр Калмана [17].

Окремою розробкою є підсистема обробки даних від датчиків частоти обертання. В умовах заводських випробувань інформація про частоту обертання приводного електродвигуна, генератора, турбінного валу вимірюється за допомогою морально застарілих (з метою економії коштів) тахометричних датчиків Д-2ММУ-2, які передають попередньо оброблений аналоговий сигнал на спеціальний мікроконтролер фірми ATMEL для їх подальшої обробки і передачі по інтерфейсу USB 2.0 до комп'ютера. Проте характеристики датчиків Д-2ММУ-2 не дозволяють виконати вимірювання в зоні низьких частот обертання електродвигунів (пов'язано з тим, що з тахогенератора отримується неідеальний синусоїдальний сигнал, як наведено на рис. 5, а амплітуда збільшується пропорційно швидкості обертів, і тому на швидкості до 125 хв⁻¹ взагалі не можливо отримати достовірні показники). При цьому Діапазон вимірювання склав 125–1500 хв⁻¹, а точність вимірів досить невелика (суттєва нелінійність показань при зменшенні ціни поділки шкали нижче 125 хв⁻¹). Проте ведуться роботи по застосуванню сучасного оптичного енкодера для розширення діапазону вимірювання, а також для значного підвищення точності вимірювання.

На цьому етапі розробки вдалось реалізувати перевірку температурних режимів, розгону турбінного валу, часу наповнення гідроапаратів, вимірювання часу перехідних процесів перемикання гідроапаратів (рис. 6).

Всі отримані від датчиків дані фіксуються в електронному протоколі випробувань з можливістю друку. При розробці інформаційно-вимірювальної системи умови технічних вимог на виконання випробувань гідравлічних пере-

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

дач виконані (окрім вимог до діапазону і точності вимірювання частоти обертання), проте для подальших наукових досліджень запропонована швидкість опитування датчиків 2 Гц і отримана в результаті реалізації системи 2,5 Гц є незадовільною і не дозволяє прослідку-

вати динаміку швидкоплинних процесів, таких як, наприклад, зміна значень струму та напруги. На рис. 7 наведено графіки струму та напруги, з яких видно, що перехідні процеси не прослідковуються досить чітко через низьку частоту дискретизації.

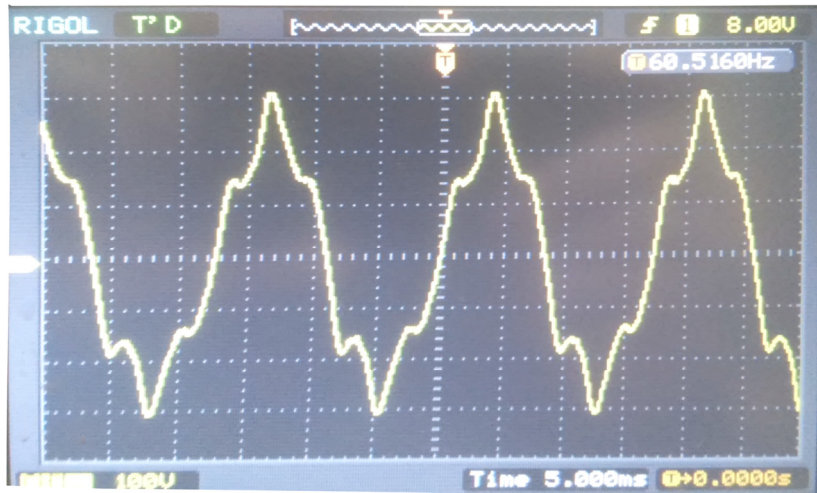


Рис. 5. Осцилограма сигналу від тахометричного датчику Д-2ММУ-2

Fig. 5. Oscillogram of signal from tachometric sensor D-2 MMU-2

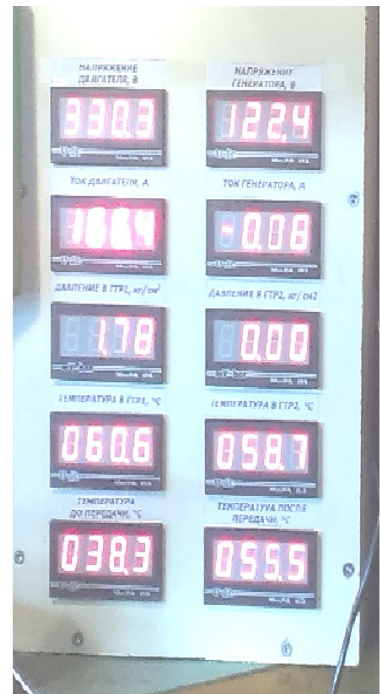


Рис. 6. Розроблена дослідна система випробувань гідропередачі тепловоза

Fig. 6. Developed research system of testing the diesel locomotive hydraulic transmission

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

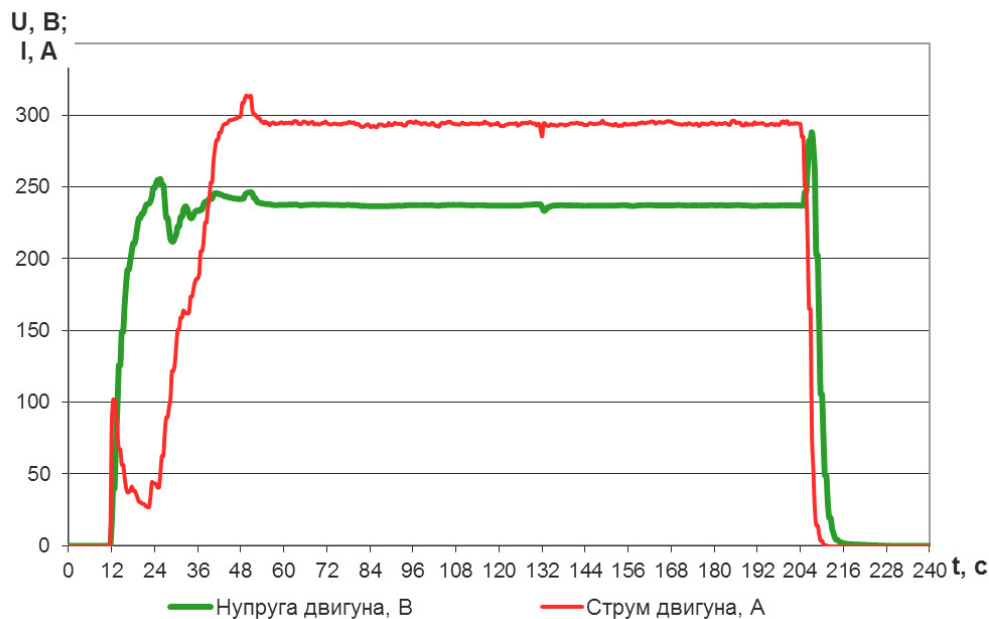


Рис. 7. Графік струму та напруги отриманих при випробуваннях в розробленій системі

Fig. 7. Graph of current and voltage, obtained during designed system tests

Тому потрібно реалізувати як датчики частоти обертів сучасні оптичні енкодери, а для вимірювання струму та напруги реалізувати цифрові амперметри та вольтметри на мікроконтролерах для отримання необхідної і достатньої швидкості опитування.

Результати

На підставі виконаного аналізу обґрунтовано необхідність удосконалення заводських стендових випробувань гідравлічних передач шляхом створення мікропроцесорної системи випробувань, спираючись на досвід створення подібних систем за кордоном.

Наукова новизна та практична значимість

Запропонований варіант створення мікропроцесорної системи випробувань гідравлічної передачі тепловозів, який не має аналогів в Україні. Автоматизовано збір даних при випробуваннях з метою фіксації швидкоплинних процесів для визначення технічного стану гідравлічної передачі. Інформаційно-вимірвальна система, що розроблена, удосконалює процес випробування гідравлічних передач за

рахунок автоматизації та підвищення точності вимірювань контрольних параметрів. Результати вимірювань є вихідними даними для виконання подальших досліджень з метою визначення технічного стану гідравлічної передачі УГП750-1200 під час заводських післяремонтних випробувань.

Висновки

Виконано аналіз існуючих систем випробувань гідропередачі. Спираючись на зроблений аналіз створено прототип майбутньої мікропроцесорної системи випробувань гідропередачі тепловозу відповідно до програми випробувань заводу «Промтепловоз». Розроблено інформаційно-вимірвальну систему, яка дозволяє підвищити і удосконалити ефективність випробувань гідравлічних передач тепловозів за рахунок автоматизації та підвищення точності вимірювань контрольних параметрів. Подальші наукові дослідження повинні бути спрямовані на удосконалення точності та частоти збору інформації шляхом застосування більш сучасних і надійних датчиків в тандемі з використанням програмних фільтрів електромагнітних та інших перешкод.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- Боднар, Б. Є. Підвищення енергоефективності випробування гідравлічних передач тепловозів / Б. Є. Боднар, О. Б. Очкасов, Р. О. Коренюк // *Наук.-техн. прогрес на трансп. : тези Всеукр. наук.-техн. конф. молодих вчених, магістрантів та студентів.* – Дніпропетровськ : Дніпропетр. нац. ун-т заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2015. – С. 60–61.
- Боднар, Б. Е. Теоретические основы, опыт создания систем испытания и диагностирования тепловозов с гидродинамической передачей : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.07 / Боднар Борис Евгеньевич ; Днепропетр. гос. техн. ун-т ж.-д. трансп. – Днепропетровск, 1996. – 375 с.
- Боднар, Є. Б. Основні вимоги та принципи створення бортових систем діагностування локомотивів / Є. Б. Боднар // *Наука та прогрес транспорту. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп.* – 2014. – № 1 (49). – С. 68–74. doi: 10.15802/stp2014-/22664.
- Датчики давления МИДА-13П. Руководство по эксплуатации. – Ульяновск : Микроэлектронные датчики и устройства, 2011. – 74 с.
- Капица, М. И. Определение величины тепловых потерь при испытании тепловозной гидродинамической передачи в режиме «выбега» / М. И. Капица, В. П. Минчук, Р. А. Коренюк // *Вісн. Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля.* – Луганськ, 2013. – Вип. 18. – С. 13–16.
- Компьютеризированный стенд для испытаний и обкатки гидромеханических передач (ГМП) автомобилей БелАЗ [Электронный ресурс] // ООО НТЦ «Техн. диагностика и прецизионные измерения». – 2014. – Режим доступа: <http://www.diag-meas.ru/stendgmp.html>. – Назва з екрана. – Перевірено : 6.07.2015.
- Ляшук, В. М. Информационно-диагностическая система испытаний тепловозов с гидродинамической передачей на базе микро-ЭВМ / В. М. Ляшук // *ЭВМ : межвуз. сб. науч. тр. / Днепропетр. ин-т инженеров трансп.* – Днепропетровск, 1987. – С. 44–52.
- Очкасов, О. Б. Удосконалення випробування гідравлічних передач тепловозів / О. Б. Очкасов, Р. О. Коренюк, О. С. Парфьонов // *Наук.-техн. прогрес на трансп. : тези Всеукр. наук.-техн. конф. молодих вчених, магістрантів та студентів.* – Дніпропетровськ : Дніпропетр. нац. ун-т заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2014. – С. 74–75.
- Пат. 0043442 США, МПК G 06 F 19/00, G 01 M 17/03, G 06 G 5/00. Automated diagnostics for crawler transmission hydraulic circuits / Zopf W. D. (США). – № 890604 ; заявл. 07.08.2007 ; опубл. 12.02.2009, Бюл. № 11. – 8 с.
- Программируемый индикатор технологических параметров – индикатор давления МикРА И4. Руководство по эксплуатации. – Киев : МикРА, 2010. – 15 с.
- Программируемый индикатор технологических параметров МикРА И3. Руководство по эксплуатации. – Киев : МикРА, 2010. – 16 с.
- Ремонт гидравлических передач тепловозов / под ред. Г. Ф. Яковлева. – Москва : Транспорт, 1975. – 264 с.
- Розробка інформаційно-виміральної системи випробування гідравлічних передач тепловозів / Ю. І. Хмарський, О. Б. Очкасов, Р. О. Коренюк, І. А. Ключник // *Проблемы и перспективы развития ж.-д. трансп. : тез. 75 Междунар. науч.-практ. конф. (14.05–15.05.2015)* / Днепропетр. нац. ун-т ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна. – Днепропетровск, 2015. – С. 13–14.
- Стенд для испытаний и обкатки гидропередачи [Электронный ресурс] // ООО НТЦ «Техническая диагностика и прецизионные измерения». – 2014. – Режим доступа: <http://www.diag-meas.ru/stendgt.html>. – Назва з екрана. – Перевірено : 6.07.2015.
- Стенд для проведения испытаний унифицированной гидропередачи УГП 230 [Электронный ресурс] // завод специализированного оборудования «Стандарт». – 2014. – Режим доступа: <http://inovcom.ru/catalog/stendy/stend-dlya-isyptaniya-unifitsirovannoy-gidroprededachi-ugp-230>. – Назва з екрана. – Перевірено : 6.07.2015.
- Удосконалення стенду випробування гідравлічних передач тепловозів / Б. Є. Боднар, В. П. Минчук, О. Б. Очкасов, Р. О. Коренюк // *Проблемы та преспективы розвитку заліз. трансп. : тези 75 Міжнар. наук.-практ. конф. / Дніпропетр. нац. ун-т заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна.* – Дніпропетровськ, 2015. – С. 23–24.
- Isermann, R. Engine Modeling and Control: Modeling and Electronic Management of Internal Combustion Engines / R. Isermann. – Berlin : Springer-Verlag, 2014. – 637 p. doi: 10.1007/978-3-642-39934-3.
- Kuang, J. A Modbus Protocol Stack Compatible with RTU/TCP Frames and Embedded Application / J. Kuang, G. Wang, J. Bian // *Business, Economics, Financial Sciences, and Management Advances in Intelligent and Soft Computing.* – 2012. – Vol. 143. – P. 765–770. doi: 10.1007/978-3-642-27966-9_102.

И. В. ЖУКОВИЦКИЙ^{1*}, И. А. КЛЮШНИК^{2*}, А. Б. ОЧКАСОВ^{3*}, Р. А. КОРЕНЮК^{4*}

^{1*}Каф. «Электронные вычислительные машины», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 89, эл. почта ivzhuk@mail.ru, ORCID 0000-0002-3491-5976

^{2*}Каф. «Электронные вычислительные машины», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38 (056) 373 15 89, эл. почта klugran@i.ua, ORCID 0000-0001-9939-0755

^{3*}Каф. «Локомотивы», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. + 38 (056) 733 19 61, эл. почта oalexander@mail.ru, ORCID 0000-0002-7719-7214

^{4*}Каф. «Локомотивы», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. + 38 (056) 733 19 61, эл. почта Koroman@ua.fm, ORCID 0000-0003-1416-4770

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ИСПЫТАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ ТЕПЛОВЗОВ

Цель. Статья предусматривает рассмотрение процесса разработки информационно-измерительной системы испытания гидравлических передач тепловозов, что даст возможность получения исходных данных для проведения дальнейших исследований по определению технического состояния гидравлических передач тепловозов. Необходимо проанализировать совершенствование технологии заводских послеремонтных испытаний гидропередач путем автоматизации существующих стендов испытаний гидравлических передач согласно техническим условиям тепловозоремонтных предприятий. Это достигается с учетом детального обзора уже существующих зарубежных информационно-измерительных систем испытания гидравлических передач тепловозов, карьерных самосвалов БелАЗ, аэродромных тягачей, шлаковозов, грузовиков, колесных бульдозеров БелАЗ, некоторых марок тракторов и т. п. Предполагается решение задачи создания информационно-измерительной системы испытаний гидравлических передач тепловозов, отталкиваясь, в первую очередь, от возможности автоматизации уже существующего стенда испытаний гидравлических передач тепловозов на Днепропетровском заводе по ремонту тепловозов «Промтепловоз». **Методика.** В работе исследователями была предложена методика создания микропроцессорной автоматизированной системы стендовых испытаний гидравлических передач тепловозов в условиях локомотиворемонтного завода. Она действует путем обоснования выбора необходимых датчиков, а также применения необходимых аппаратных и программных средств для создания информационно-измерительной системы. **Результаты.** На основании проведенного анализа обоснована необходимость совершенствования заводских стендовых испытаний гидравлических передач путем создания микропроцессорной системы испытаний, опираясь на опыт создания подобных систем за рубежом. Дальнейшие научные исследования должны быть направлены на увеличение точности и частоты сбора информации путем применения более современных и надежных датчиков в тандеме с использованием программных фильтров электромагнитных и других помех. **Научная новизна.** Авторами была разработана информационно-измерительная система, усовершенствующая процесс испытания гидравлических передач за счет автоматизации и повышения точности измерений контрольных параметров. Результаты измерений являются исходными данными для проведения дальнейших исследований с целью определения технического состояния гидравлической передачи УПП750-1200 во время заводских послеремонтных испытаний. **Практическая значимость.** В работе предложен вариант создания микропроцессорной системы испытаний гидравлической передачи тепловозов, который не имеет аналогов в Украине. Автоматизированный сбор данных при испытаниях позволит фиксировать быстротекающие процессы для определения технического состояния гидравлической передачи.

Ключевые слова: гидравлическая передача; испытания гидропередач; испытательный стенд; датчики; информационно-измерительная система

I. V. ZHUKOVYTSKYI^{1*}, I. A. KLIUSHNYK^{2*}, O. B. OCHKASOV^{3*}, R. O. KORENYUK^{4*}

^{1*}Dep. «Electronic Computing Machines», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 89, e-mail ivzhuk@mail.ru, ORCID 0000-0002-3491-5976

^{2*}Dep. «Electronic Computing Machines», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 89, e-mail klugran@i.ua., ORCID 0000-0001-9939-0755

^{3*}Dep. «Locomotives», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryana, Lazaryann St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 733 19 61, e-mail oalexander@mail.ru, ORCID 0000-0002-7719-7214

^{4*}Dep. «Locomotives», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryana, Lazaryann St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 733 19 61, e-mail koroman@ua.fm, ORCID 0000-0003-1416-4770

INFORMATON-MEASURING TEST SYSTEM OF DIESEL LOCOMOTIVE HYDRAULIC TRANSMISSIONS

Purpose. The article describes the process of developing the information-measuring test system of diesel locomotives hydraulic transmission, which gives the possibility to obtain baseline data to conduct further studies for the determination of the technical condition of diesel locomotives hydraulic transmission. The improvement of factory technology of post-repair tests of hydraulic transmissions by automating existing test benches of hydraulic transmission according to the specifications of the diesel locomotive repair enterprises was analyzed. It is achieved based on a detailed review of existing foreign information-measuring systems of testing of hydraulic transmission diesel locomotives, BelAZ earthmover, aircraft tug, slag car, truck, wheel dozer BelAZ, some brands of tractors, etc. The problem for creation the information-measuring test systems of hydraulic transmission diesel locomotives solves, starting in the first place from the possibility of automation of the existing test bench of diesel locomotives hydraulic transmission on the Dnipropetrovsk plant for repair of diesel locomotives «Promteplovoz». **Methodology.** In the work the researchers proposed the method of microprocessor system of automated bench testing hydraulic transmission diesel locomotives creation in conditions of the locomotive plant. It acts by justifying the choice of the necessary sensors, and the application of the necessary hardware and software for information-measuring systems. **Findings.** On the basis of analyzing the necessity of improvement the factory bench testing hydraulic transmission by creating a microprocessor-based testing system, based on the experience of developing such systems abroad was grounded. Further research should be aimed to improve the accuracy and frequency of collection of information by adopting a more modern and reliable sensors in tandem with the use of filtering software and other electromagnetic interference. **Originality.** The authors developed the information-measuring system that improves the test process of hydraulic transmission for automating and improving the accuracy of measurements of control parameters. The measurement results are initial data for carrying out further studies to determine the technical condition of the hydraulic transmission UGP750-1200 during the production of post-repair tests. **Practical value.** In this paper it is proposed a variant of creation of microprocessor systems testing of hydraulic transmission diesel locomotives, which has no analogues in Ukraine. Automated data collection during the tests will allow capturing the fast processes to determine the technical condition of hydraulic transmission.

Keywords: hydraulic transmission; hydraulic testing; test stand; sensors; information-measuring system

REFERENCES

1. Bodnar B.Ye., Ochkasov O.B., Koreniuk R.O. Pidvyshchennia enerhoefektyvnosti vyprobuvannia hidravlichnykh peredach teplovoziv [Energy efficiency testing of hydraulic transmission of diesel locomotives]. *Tezy Vseukrainskoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii molodykh vchenykh, mahistrantiv ta studentiv «Naukovo-tekhnichnyi prohres na transporti»* [Thesis of Ukrainian Sci. and Technical Conf. of young scientists, undergraduates and students «Scientific and technical progress in transport»], 2015, pp . 60-61.
2. Bodnar B.Ye. *Teoreticheskiye osnovy, opyt sozdaniya sistem ispytaniya i diagnostirovaniya teplovozov s gidrodinamicheskoy peredachey* Dokt. Diss. [Theoretical foundations, experience of systems testing and diagnostics of diesel locomotives with hydrodynamic transmission. Doct. Diss.]. Dnipropetrovsk, 1996. 375 p.
3. Bodnar Ye.B. Osnovni vymohy ta pryntsyipy stvorennia bortovykh system diahnostuvannia lokomotyviv [Basic requirements and principles of creation onboard diagnostic systems of locomotives]. *Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu – Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 2014, no. 1 (49), pp. 68-74. doi: 10.15802/stp2014/22664.
4. *Datchiki davleniya MIDA-13P. Rukovodstvo po ekspluatatsii* [Pressure transmitters MIDA-13P. Manual]. Ulyanovsk, Mikroelektronnyye datchiki i ustroystva Publ., 2011. 74 p.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

5. Kapitsa M.I., Minchuk V.P., Korenyuk R.A. Opredeleniye velichiny teplovykh poter pri ispytaniy teplovoznoy gidrodinamicheskoy peredachi v rezhime «vybega» [Determination of the heat losses when testing diesel hydrodynamic transmission in the «coasting»]. *Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu imeni V. Dalia* [Bulletin of East Ukrainian national University named after V. Dahl], 2013, issue 18, pp. 13-16.
6. Kompyuterizovannyi stend dlya ispytaniy i obkatki gidromekhanicheskikh peredach (GMP) avtomobiley BelAZ [Computerized test bench and running the hydromechanical transmission (GMT) of BelAZ cars]. *OOO NTTs «Tekhnicheskaya diagnostika i pretsizionnyye izmereniya»* [STC «Technical diagnostics and precision measurements»], 2014. Available at: <http://www.diag-meas.ru/stendgmp.html> (Accessed 6 July 2015).
7. Lyashuk V.M. Informatsionno–diagnosticheskaya sistema ispytaniy teplovoznov s gidrodinamicheskoy peredachey na baze mikro-EVM [Information and diagnostic system tests of locomotives with hydrodynamic transmission based on a micro-computer]. *EVM : mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov* [Computer: interuniversity Proc.]. Dnipropetrovsk, 1987, pp. 44-52.
8. Ochkasov O.B., Korenyuk R.O., Parfonov O.S. Udoskonalennia vyprobuvannia hidravlichnykh peredach teplovozniv [Improving of testing the hydraulic transmission of diesel locomotives]. *Tezy Vseukrainskoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii molodykh vchenykh, mahistrantiv ta studentiv «Naukovo-tekhnichnyi prohres na transporti»* [Thesis of Ukrainian Sci. and Technical Conf. of young scientists, undergraduates and students «Sci. and technical progress in transport»], 2014, pp. 74-75.
9. Zopf W.D. Automated diagnostics for crawler transmission hydraulic circuits. Patent no. 890604.
10. *Programmiruyemyi indikator tekhnologicheskikh parametrov – indikator davleniya MikRA I4. Rukovodstvo po ekspluatatsii* [Programmable indicator for process parameters – pressure indicator Micra I4. Manual]. Kyiv, MikRa Publ., 2010. 15 p.
11. *Programmiruyemyi indikator tekhnologicheskikh parametrov MikRA I3. Rukovodstvo po ekspluatatsii* [Programmable indicator of technological parameters Micra I3. Manual]. Kyiv, MikRa Publ., 2010. 16 p.
12. Yakovlev G.F. *Remont gidravlicheskikh peredach teplovoznov* [Repair of hydraulic transmission of diesel locomotives]. Moscow, Transport Publ., 1975. 264 p.
13. Khmarskyi Yu.I., Ochkasov O.B., Koreniuk R.O., Kliushnyk I.A. Rozrobka informatsiino-vymiriuvanoi systemy vyprobuvannia hidravlichnykh peredach teplovozniv [The development of information and measuring systems of testing hydraulic transmission of diesel locomotives]. *Tezisy 75 Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. «Problemy i perspektivy razvitiya zheleznodorozhnogo transportu (14.05–15.05.2015)»* [Thesis of 75 Int. Sci. and Practical Conf. «Problems and prospects of development of railway transport (14.05–15.05.2015)»], 2015, pp. 13-14.
14. Stend dlya ispytaniy i obkatki gidroperedachi [Stand for testing and running of hydraulic transmission]. *OOO NTTs «Tekhnicheskaya diagnostika i pretsizionnyye izmereniya»* [STC «Technical diagnostics and precision measurements»], 2014. Available at: <http://www.diag-meas.ru/stendgt.html> (Accessed 6 July 2015).
15. Stend dlya provedeniya ispytaniy unifikirovannoy gidroperedachi UGP 230 [Stand for testing of unified hydraulic transmission UGP 230]. *Zavod spetsializirovannogo oborudovaniya «Standart»* [The plant of specialized equipment «Standard»], 2014. Available at: <http://inovcom.ru/catalog/stendy/stend-dlya-ispytaniya-unifikirovannoy-gidroperedachi-ugp-230> (Accessed 6 July 2015).
16. Bodnar B.Ye., Minchuk V.P., Ochkasov O.B., Koreniuk R.O. Udoskonalennia stendu vyprobuvannia hidravlichnykh peredach teplovozniv [Improvement of test bench hydraulic transmission of diesel locomotives]. *Tezy 75 Mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferentsii «Problemy ta prespektyvy rozvytku zaliznychnoho transportu»* [Thesis of 75 Int. Sci.-Practical Conf. «Problems and prospects of railway transport development»], 2015, pp. 23-24.
17. Isermann R. *Engine Modeling and Control: Modeling and Electronic Management of Internal Combustion Engines*. Berlin, Springer-Verlag Publ., 2014. 637 p. doi 10.1007/978-3-642-39934-3.
18. Kuang J., Wang G., Bian J. A Modbus Protocol Stack Compatible with RTU/TCP Frames and Embedded Application. *Business, Economics, Financial Sciences, and Management Advances in Intelligent and Soft Computing*, 2012, vol. 143, pp. 765-770. doi: 10.1007/978-3-642-27966-9_102.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. В. В. Скалзубом (Україна); д.т.н., проф. В. В. Ткачовим (Україна)

Надійшла до редколегії 11.06.2015

Прийнята до друку 20.08.2015