

UDC 629.424-82:004.031.2

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 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. Lazaryan, Lazaryan 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. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 733 19 61, e-mail koroman@ua.fm, ORCID 0000-0003-1416-4770

INFORMATION-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 the existing hydraulic transmission test stands 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 test systems for hydraulic transmission of diesel locomotives, BelAZ earthmover, aircraft tug, slag car, truck, BelAZ wheel dozer, some brands of tractors, etc. The problem for creation the information-measuring test systems for diesel locomotive hydraulic transmission is being solved, starting in the first place from the possibility of automation of the existing test stand of diesel locomotives hydraulic transmission at Dnipropetrovsk Diesel Locomotive Repair Plant «Promteplovoz». **Methodology.** In the work the researchers proposed the method to create a microprocessor automated system of diesel locomotives hydraulic transmission stand testing in the locomotive plant conditions. It acts by justifying the selection of the necessary sensors, as well as the application of the necessary hardware and software for information-measuring systems. **Findings.** Based on the conducted analysis there was grounded the necessity of improvement the plant hydraulic transmission stand testing by creating a microprocessor testing system, supported by the experience of developing such systems abroad. Further research should be aimed to improve the accuracy and frequency of data collection by adopting the more modern and reliable sensors in tandem with the use of filtering software for electromagnetic and other interference. **Originality.** The authors developed the information-measuring system that improves the hydraulic transmission test process by automating and increasing 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 plant post-repair tests. **Practical value.** The paper proposed the alternate design of microprocessor hydraulic transmission test system for 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

Introduction

Most locomotives with hydraulic power transmission used in Ukraine need the overhaul repair or reconditioning. When performing the overhaul repair one of the complex and responsible diesel locomotive units is hydraulic transmission. After overhauls of locomotive hydraulic transmissions

one conducts their running-in testing without load as well as testing with load to check the basic parameters. Specifications of companies that repair hydraulic transmission recommend performing a certain amount of evaluation and adjustment tests to monitor their post-repair condition. According to the repair rules in the non-load and load running-in process mainly there is controlled the level

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

of noise, tightness, temperature, pressure in the oil system, turbine shaft acceleration, triggering of blocking devices, reverse clutch and modes engagement, body vibration magnitude, reliability and accuracy of the automatic control system [12]. The quality of these tests affects the transmission resource and its efficiency.

Purpose

In Ukraine today for hydraulic transmission testing, particularly at locomotive repair plants and other repair enterprises of the equipment with hydraulic transmission, there are used out-of-date stands developed in the USSR. These stands do not allow capturing the measured test parameters in dynamics and therefore drawing a full conclusion as to the repair flaws of the tested device. That often resulted in returning of not properly repaired hydraulic transmission for revision after such tests. Also there are no production standards for these stands.

Today in Ukraine there are almost no information-measuring test systems of diesel locomotive hydraulic transmission. Hence it is necessary to create a unique system of its kind that has no analogues in Ukraine based on the experience and development of foreign scientists. So the important is a detailed review of existing foreign information-measuring test systems of diesel locomotive hydraulic transmission and problem statement to create a national test system, based primarily on the automation capabilities of the existing test stand of locomotive hydraulic transmission at Dnipropetrovsk Diesel Locomotive Repair Plant «Promteplovoz».

Previous studies analysis

Analogues of test systems for locomotive hydraulic transmission and other vehicles exist in Russia [6, 14, 15] and some other countries [9]. The research works reviewed in [1, 3, 7] are dedicated to the problem of improvement of hydraulic transmission locomotive testing. Industry research laboratory «Technical maintenance and diagnostics of locomotives» of Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V.Lazaryan is working to improve testing of locomotive hydraulic transmissions under the conditions of Diesel Locomotive Repair Plant [2, 16, 5, 8].

At the Ukrainian enterprises, which repair the hydraulic transmission for tests, they use typical stands

most of which were designed and have been used since 1980-s.

The Dnipropetrovsk Diesel Locomotive Repair Plant «Promteplovoz» uses UGP750-1200 stand for testing the unified hydraulic transmission. The hydraulic transmission of this type is installed on most locomotives with hydraulic transmission that operate at the industrial transport enterprises and «Ukrzaliznytsia».

The stand allows to measure the oil temperature before and after hydraulic transmission using sensors (range of 0-150°C, scale division – 5°C); oil pressure in the lubrication system (0-1.5 MPa, scale division – 0.2 MPa); drive motor current (0-600 A, scale division – 50 A); rotary speed of drive motor and generator (125-1500 min⁻¹, scale division – 50 min⁻¹).

Of course, the number of control parameters and measurement accuracy of the above stand (with analogue pointed indicators) do not correspond to the current level of computing. The stand does not record the process dynamics. The absence of automatic fixing of measured parameters and test protocol reduces the opportunities for analysing test results and those of the test stand.

The closest modern analogue of the stands existing in Ukraine (without computerized recording of parameters) is the test stand used by Special-purpose Equipment Plant «Standard» for testing the unified hydraulic transmission UGP 230 [15].

The stand is designed for acceptance testing of unified hydraulic transmission UGP 230 after repair for inspection and setting of the basic performance data.

While testing the hydraulic transmission there are checked build quality, tightness, oil system pressure, temperature control, reverse switch, assembly and operation quality of friction clutches, drive shaft speed.

Tests are conducted in two modes: train and shunting.

Hydraulic transmission test stands are used not only at the locomotive repair plants, but also at the enterprises that perform repair of quarry vehicles, track vehicles and other vehicles. For example, RDC «Technical diagnostics and precision measurement» created a computerized stand for hydraulic transmission testing and running-in (HMT) [6]. This stand is used to test hydraulic transmission of BelAZ earthmovers, aircraft tugs, slag cars, trucks, BelAZ wheel dozers, some brands of tractors, etc. Fig. 1 shows a block diagram of such a stand.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

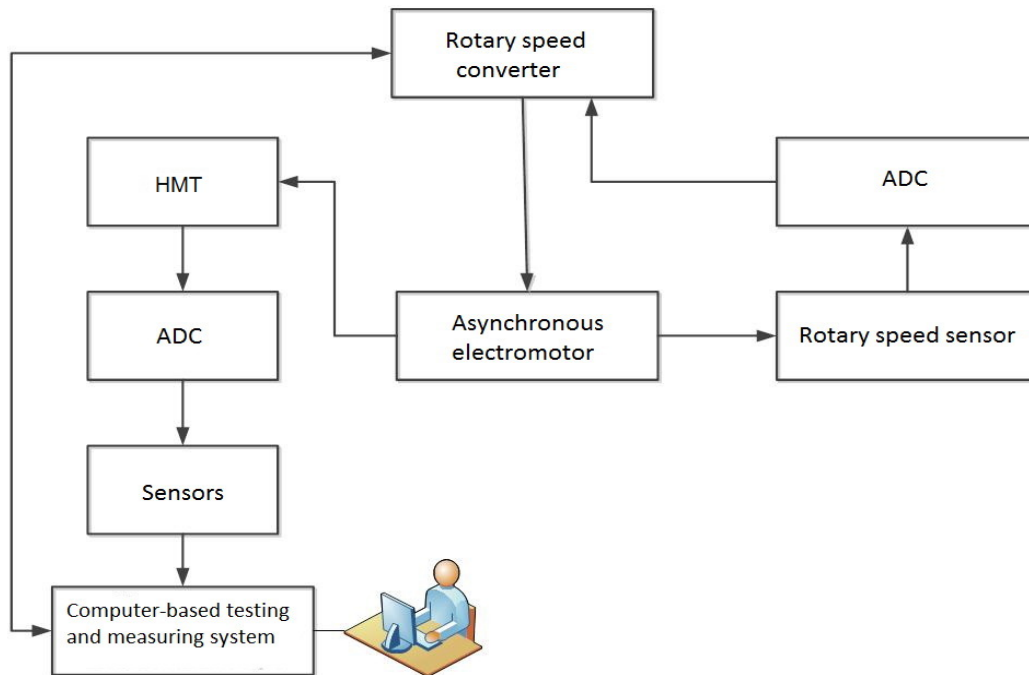


Fig. 1. – Block diagram of the computer stand for testing and running-in the hydromechanical transmission (HMT) [6]

The stand performs testing of HMT using an asynchronous electromotor. Data from the sensors are transmitted to the computer via ADC. The asynchronous electromotor has a feedback from the computer through the rotary speed converter that allows adjusting the motor rotary speed.

The considered stand controls the torque fixing the rotary speed of the input and output shafts, temperature and flow rate in the cooling system, the pressure in HMT oil systems (main passage, torque converter, lubrication system, lock friction clutch engagement channel). Also the test time is fixed.

Test is performed on this stand automatically by a computer: software selection of HMT type, selection and shifting of transmission, setting of running-in modes for each HMT transmission, setting of running-in time and automatic maintenance of speed mode. The measured parameters are monitored and displayed on the computer monitor. There is an option of emergency stop when the measured parameters exceed the set value. Furthermore there are options of documentation and archiving of test results, protocol printing.

The disadvantages of the stand include the absence of brake load (generator unit for hydraulic transmission testing in load mode).

The next development of the aforementioned plant is a stand for hydraulic transmission running-in and testing [14], which is in fact an improved version of the previously considered one.

Block diagram of the stand is shown in Fig. 2.

The main distinguishing feature of the stand is the use of asynchronous electromotors (AEM) paired with frequency converters, both as driving and braking load devices, and the use of the braking load generator. Herewith, the frequency converters are connected by means of DC bus that allows to transmit the power from braking AEM to drive AEM, and thus to provide power recuperation. Rotary speed and load are programmable. Sensor readings are recorded in the program and displayed on the screen in real time. After the test completion the report is formed.

The stand allows to check HMT build quality, the pressure in HMT oil systems in different temperature regimes, reverse clutch engagement in different temperature regimes, turbine shaft spin-up at different temperatures, the stability of the feed pump, transients, operation in stop mode.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

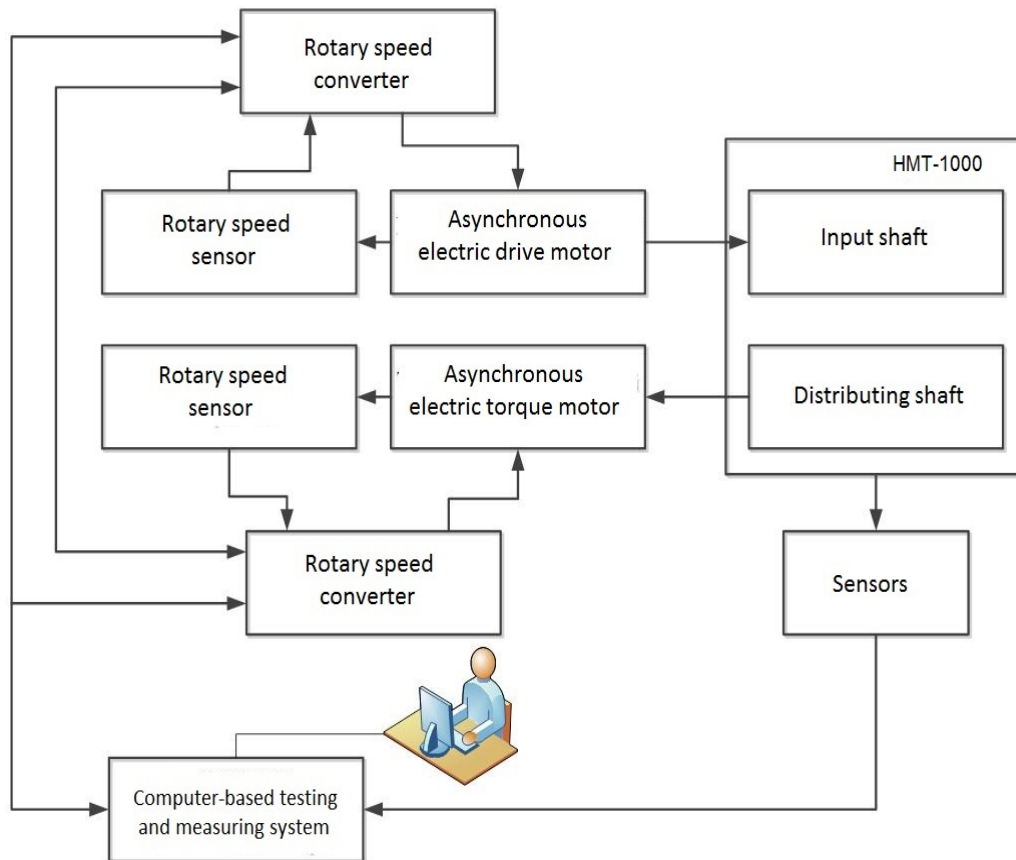


Fig. 2. Block diagram of the stand for testing and running-in the hydraulic transmission HMT-1000

Analysis of existing hydraulic transmission test systems in order to improve the technology of plant post-repair testing of hydraulic transmission by creating an information system of testing and diagnostics based on test stand of the locomotive repair plant.

Methodology

The measuring tools of the existing hydraulic transmission test stand at the plant DLRP «Promteplovoz» are analogue control devices that are obsolete. Control devices do not correspond to the current level of computing. The equipment has low accuracy and cannot collect and analyze data on the technical condition of hydraulic transmission. Thus information content of hydraulic transmission test is decreased and creation of a holistic view of the hydraulic transmission technical condition is complicated.

In order to eliminate these shortcomings the authors are working on development and implemen-

tation of information-measuring test system of locomotive hydraulic transmission [13] under the conditions of Diesel Locomotive Repair Plant DLRP «Promteplovoz.» Based on the experience of the above mentioned systems and hydraulic transmission test technology there are selected the types of sensors and their installation place.

In the first stage of development according to the plant test program there were selected the most essential and critical 13 process parameters, which include:

- Oil temperature in circulation circle of the first and second torque converters, and oil temperature before and after hydraulic transmission (0-120°C, scale division – 1°C);
- Oil pressure in circulation circle of the first (see. Fig. 3) and the second torque converters (0 ... 0.25 MPa, scale division – 0.01 MPa);
- Rotary speed of the turbine shaft of hydraulic transmission, drive motor and generator (up to 1500 min⁻¹, scale division – 1 min⁻¹);

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

– Current and voltage of drive motor and load generator (current – 500 A, scale division – (according to plant test program and expert opinion) – 1 A, voltage 600 V, scale division – 1 V); Sensor scanning must be made with a frequency of at least 2 Hz.

As pressure sensors there were selected MIDA-DI-02P [5]. The spaced design of sensors MIDA-DI-02P (primary converter is cable-connected with the processing unit) allows to use them in a wide range of measurement environment temperatures (50-150°C) while maintaining high performance.



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

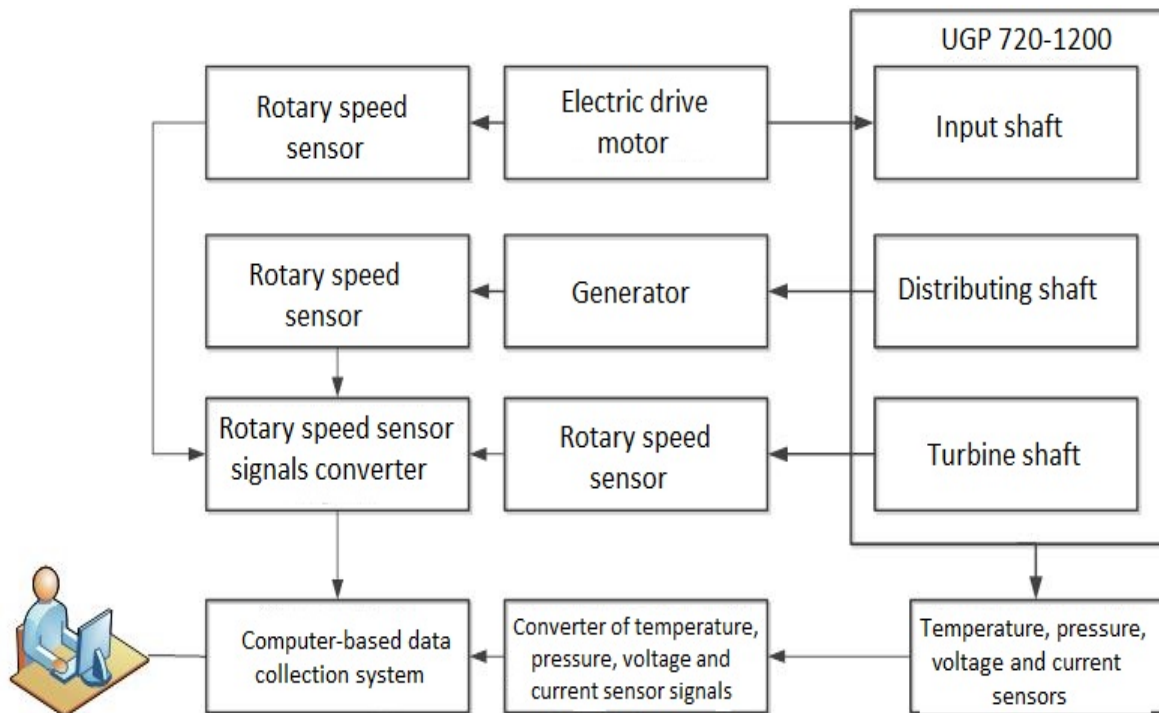


Fig. 4. – Block diagram of information and measuring testing system of diesel locomotives hydraulic transmissions within Diesel Locomotive Repair Plant DLRP «Promteplovoz»

There is measurement limits from 0 to 1 MPa. Permissible basic deviation is ± 0.25 . Output signals 4 ... 20 mA (or 0...5 V). Description of output signal – linearly increasing. Variation of output signal does not exceed 0.5.

As the temperature sensors there were selected resistance temperature transducers TSM-364-01. Working range of measured temperatures from 0 to + 150°C. Permissible deviations of indicators constitute $\pm |0.3 + 0.005t|^\circ\text{C}$. Switching-on is per-

formed by bridge circuit with the supply voltage (24 ... 36) V.

To register the characteristics deviations from the nominal sensor values the pressure and temperature sensors were calibrated in conjunction with converters.

As signal converters of temperature, pressure, voltage and current sensors the indicators of technological parameters «MicRA I3» and «MicRA I4» were used. These indicators convert the re-

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

ceived analogue signals into the digital ones and transmit them to the data collection system. According to the documentation [12,11] for measuring range the above mentioned devices fully satisfy the technical requirements for testing, because their built ADC bit capacity is 21 bit. Current and voltage are measured through the shunt, where the maximum voltage is 75 mV. Sensor scanning is performed at a speed of 2.5 Hz, which also satisfies the given conditions.

To implement this task all indicators are RS-485 standard networked, and using the specially designed by university IRL converter of RS-485 interface into USB 2.0 the data are transferred directly to the data collection system. The data exchange is performed using link layer protocol Modbus RTU [18], which gives additional protection against high electromagnetic fields produced during the tests at industrial enterprises. Modbus RTU protocol can detect logical errors, as well as errors in data transfer that when used as a communication line of shielded twisted pair and complete galvanic isolation in RS-485 to USB 2.0 interface converter provides the necessary protection of the above negative impacts.

Given the considerable electromagnetic interference during testing, one should use both hardware obstacles (shielded twisted pair, RS-485) and program digital filters, such as Kalman filter [17].

A separate development is the rotation velocity sensor data processing subsystem. In terms of plant testing the data on rotary speed of drive motor, generator, turbine shaft are measured using obsolete (to save money) tachometric sensors D-2MMU-2, which transmit pre-processed analogue signal to the special ATMEL microcontroller for further processing and transmission through USB 2.0 interface to the computer. However, D-2MMU-2 sensor characteristics do not allow to perform measurements in the low speed range of electric motors (due to the fact that the speed-voltage generator transfers imperfect sinusoidal signal as shown in Fig. 5, and the amplitude increases in proportion to rotary speed and therefore at the speed of up to 125 min^{-1} it is not possible to get reliable indicators at all). Herewith the measurement range made $125\text{-}1500 \text{ min}^{-1}$, and the accuracy is quite low (significant nonlinearity of indications when reducing scale division below 125 min^{-1}). However, work is underway on the use of modern

optical encoder to expand the measurement range, and to greatly improve the measurement accuracy.

At this stage of development it became possible to implement the check of temperature, turbine shaft acceleration, hydro device filling time, time measuring for switching transients of hydro devices (Fig. 6).

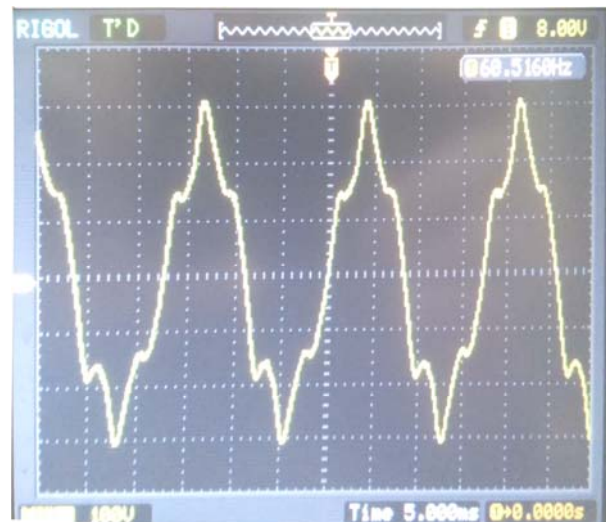


Fig. 5. Oscillogram of signal from tachometric sensor D-2 MMU-2

All data received from the sensors are recorded in an electronic test report with print option. When developing the information-measuring system the technical requirements for testing hydraulic transmission are met (except for the requirements for range and accuracy of rotary speed measurement), but for further research survey the suggested 2 Hz sensor scanning speed and the resulted after the system implementation 2.5 Hz speed is unsatisfactory and cannot follow the fast dynamic processes such as, for example, change in voltage and current values. Fig. 7 shows current and voltage graphs where it can be observed that transients are not clearly traced because of the low sampling frequency.

Therefore it is necessary to implement as rotary speed sensors the modern optical encoders, and in order to measure current and voltage to implement digital ammeters and voltmeters on microcontrollers to obtain the necessary and sufficient speed scanning.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

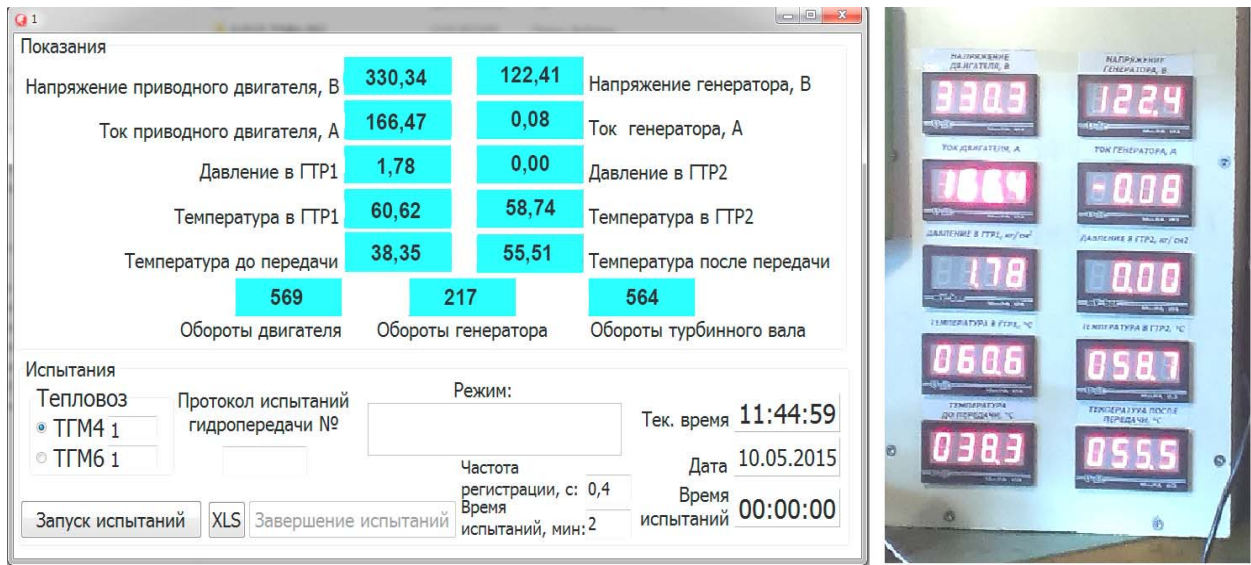


Fig. 6. Developed research system of testing the diesel locomotive hydraulic transmission

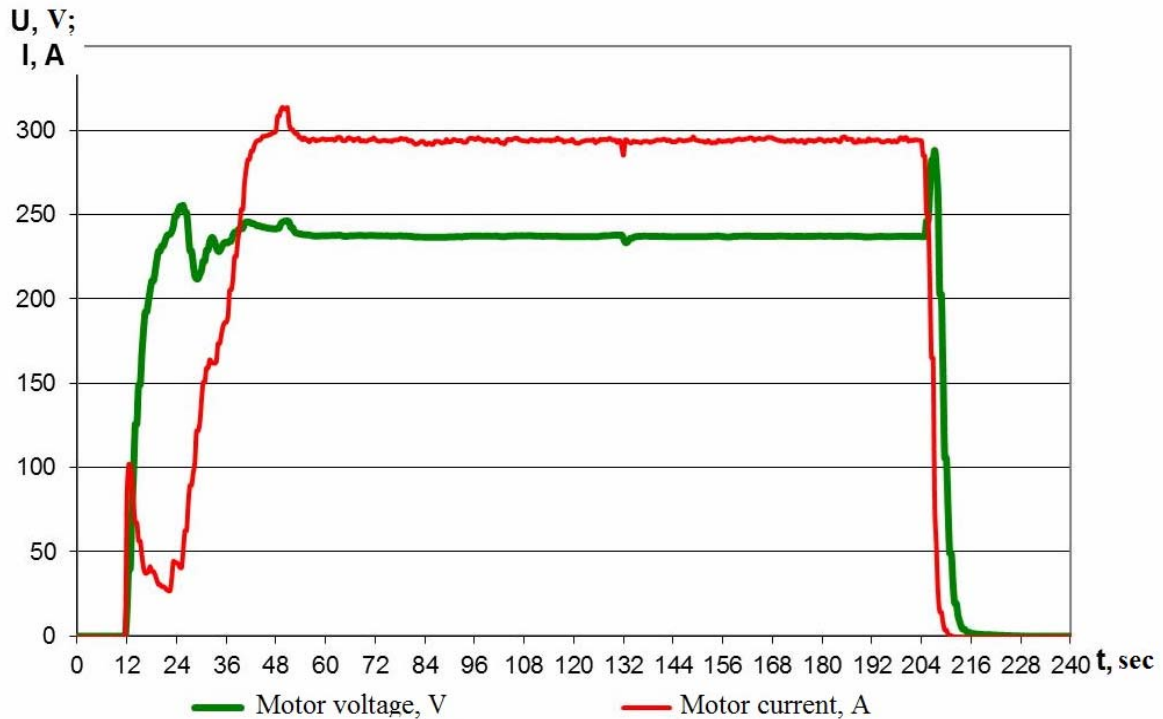


Fig. 7. Graph of current and voltage, obtained during designed system tests

Показания	Reading
Напряжение приводного двигателя, В	Voltage of drive motor, V
Ток приводного двигателя, А	Current of drive motor, A
Давление в ГТР1	Pressure in GTR1

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Температура в ГТР1	Temperature in GTR1
Температура до передачі	Temperature before transmission
Напряження генератора, В	Voltage of generator, V
Ток генератора, А	Current of generator, A
Давлення в ГТР2	Pressure in GTR2
Температура в ГТР2	Temperature in GTR2
Температура після передачі	Temperature after transmission
Обороти двигателя	Engine rpm speed
Обороти генератора	Generator rpm speed
Обороти турбінного вала	Turbine shaft rpm speed
Испытания	Tests
Тепловоз	Locomotive
ТГМ4	TGM4
ТГМ6	TGM6
Протокол испытаний гидротрансмісії №	Hydraulic transmission test report №
Режим	Mode
Частота реєстрації, с	Frequency of registration, sec
Время испытаний, мин	Testing time, min
Тек. время	Current time
Дата	Date
Время испытаний	Testing time
Запуск испытаний	Test start
Завершение испытаний	Test completion

Findings

Based on the conducted analysis there was grounded the necessity of improvement the plant hydraulic transmission stand testing by creating a microprocessor testing system, supported by the experience of developing such systems abroad.

Originality and practical value

The paper proposed the alternate design of microprocessor test system of diesel locomotive hydraulic transmission, which has no analogues in Ukraine. The data collection was automated during the test in order to capture the transient processes to determine the hydraulic transmission technical condition. The designed information-measuring

system improves the hydraulic transmission test process by automating and increasing 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 plant post-repair tests.

Conclusions

The existing hydraulic transmission test systems are reviewed. Based on the review the prototype of future microprocessor test system of locomotive hydraulic transmission was created according to test program of the plant «Promteplovoz». There was developed the information-measuring system enabling to raise and improve efficiency of

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

locomotive hydraulic transmission testing by automating and increasing the accuracy of measurements of control parameters. Further research should be aimed to improve the accuracy and frequency of data collection by adopting the more modern and reliable sensors in tandem with the use of filtering software for electromagnetic and other interference.

LIST OF REFERENCE LINKS

1. 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 залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2015. – С. 60–61.
2. 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.
3. Боднар, Є. Б. Основні вимоги та принципи створення бортових систем діагностування локомотивів / Є. Б. Боднар // *Наука та прогрес транспорту. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп.* – 2014. – № 1 (49). – С. 68–74. doi: 10.15802/stp2014-/22664.
4. Датчики давления МИДА-13П. Руководство по эксплуатации. – Ульяновск : Микроэлектронные датчики и устройства, 2011. – 74 с.
5. 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.
6. Компьютеризированный стенд для испытаний и обкатки гидромеханических передач (ГМП) автомобилей БелАЗ [Electronic resource] // ООО НТЦ «Техн. диагностика и прецизионные измерения». – 2014. – Available at: <http://www.diagmeas.ru/stendgmp.html>. – Title from the screen. – Accessed : 6.07.2015.
7. 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.
8. 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 залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2014. – С. 74–75.
9. 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.
10. Программируемый индикатор технологических параметров – индикатор давления МикРА И4. Руководство по эксплуатации. – Киев : МикРА, 2010. – 15 с.
11. Программируемый индикатор технологических параметров МикРА И3. Руководство по эксплуатации. – Киев : МикРА, 2010. – 16 с.
12. Ремонт гидравлических передач тепловозов / под ред. Г. Ф. Яковлева. – Москва : Транспорт, 1975. – 264 с.
13. 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.
14. Стенд для испытаний и обкатки гидропередачи [Electronic resource] // ООО НТЦ «Техническая диагностика и прецизионные измерения». – 2014. – Available at: <http://www.diagmeas.ru/stendgt.html>. – Title from the screen. – Accessed : 6.07.2015.
15. Стенд для проведения испытаний унифицированной гидропередачи УГП 230 [Electronic resource] // Завод специализированного оборудования «Стандарт». – 2014. – Available at: <http://inovcom.ru/catalog/stendy/stenddllyaispytaniya-unifitsirovannoy-gidropredachi-ugp-230>. – Title from the screen. – Accessed : 6.07.2015.
16. Удосконалення стенду випробування гідравлічних передач тепловозів / Б. Є. Боднар, В. П. Минчук, О. Б. Очкасов, Р. О. Коренюк // *Проблемы та перспективи розвитку залізн. трансп. : тези 75 Міжнар. наук.-практ. конф. / Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна.* – Дніпропетровськ, 2015. – С. 23–24.
17. 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.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

18. 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 УГП750-1200 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 быстропротекающие процессы для определения технического состояния гидравлической передачи.

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

I. В. ЖУКОВИЦЬКИЙ^{1*}, I. 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

REFERENCES

1. Bodnar V.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

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

- 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.
 5. Kapitsa M.I., Minchuk V.P., Korenyuk R.A. Opredeleniye velichiny teplovykh poter pri ispytanii 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. Kompyuterizirovannyi 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»* [LLC 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 teplovozov 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 teplovoziv [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 14. Rukovodstvo po ekspluatatsii* [Programmable indicator for process parameters – pressure indicator Micra 14. Manual]. Kyiv, MikRa Publ., 2010. 15 p.
 11. *Programmiruyemyi indikator tekhnologicheskikh parametrov MikRA 13. Rukovodstvo po ekspluatatsii* [Programmable indicator of technological parameters Micra I3. Manual]. Kyiv, MikRa Publ., 2010. 16 p.
 12. Yakovlev G.F. *Remont gidravlicheskikh peredach teplovozov* [Repair of hydraulic transmission of diesel locomotives]. Moscow, Transport Publ., 1975. 264 p.
 13. Khmarskyi Yu.I., Ochkasov O.B., Korenyuk R.O., Kliushnyk I.A. Rozrobka informatsiino-vymiriivalnoi systemy vyprobuvannia hidravlichnykh peredach teplovoziv [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»* [LLC 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 unifikatsirovannoy 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-unifikatsirovannoy-gidroperedachi-ugp-230> (Accessed 6 July 2015).
 16. Bodnar B.Ye., Minchuk V.P., Ochkasov O.B., Korenyuk R.O. Udoskonalennia stendu vyprobuvannia hidravlichnykh peredach teplovoziv [Improvement of test bench hydraulic transmission of diesel locomotives]. *Tezy 75 Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Problemy ta prespektyvy rozvytku zaliznychnoho*

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

- 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.

Prof. V. V. Skalozub, D. Sc. (Tech.), (Ukraine); Prof. V. V. Tkachov, D. Sc. (Tech.), (Ukraine) recommended this article to be published

Received: June 15, 2015

Accepted: Aug. 14, 2015