

UDC (УДК) 519.2

*J. RUSNÁK, M. KADNÁR, F. TÓTH, M. BOŠANSKÝ***THE IMPACT OF SELECTED ENVIRONMENTALLY FRIENDLY LUBRICANTS ON THE WEAR OF THE SLIDING BEARING**

В статті наведено аналіз впливу деяких екологічно чистих мастил з аналогічним класом в'язкості на зношування заданого ковзного підшипника як частини ковзної пари. Знос ковзного підшипника було оцінено по наступним параметрам: зменшення маси спряженої ковзної пари, змінення шорсткості поверхні підшипника в зоні контакту та змінення допуску циліндричності. Отримані статистичні дані були оброблені та представлені у вигляді рисунків та таблиць.

Ключові слова: зношування, шорсткість поверхні, зменшення маси.

В статье представлен анализ воздействия некоторых экологически чистых масел с аналогичным классом вязкости на износ заданного подшипника скольжения как части пары скольжения. Износ подшипника скольжения был оценен по следующим параметрам: уменьшению массы сопряженной пары скольжения, изменению шероховатости поверхности подшипника в зоне контакта и изменения допуска цилиндричности. Полученные статистические данные были обработаны и представлены в виде рисунков и таблиц.

Ключевые слова: износ, шероховатость поверхности, уменьшение массы.

The paper presents the impact analysis of the selected environmentally friendly oils of the same viscosity class on the wear of the defined sliding bearing as a part of sliding matched-pair. Sliding bearing wear was assessed by means of the following parameters: changes in mass loss of the sliding matched-pair; changes in bearing surface roughness in the contact area; and changes in cylindricity tolerance. The results are statistically processed and shown in the provided figures and tables.

Keywords: wear, surface roughness, mass loss.

Introduction. Nowadays, the usage of environmentally friendly lubricants in kinetic gear represents one of the possibilities of pollution elimination of soils, water and groundwater, etc. The expanding market with the environmentally friendly lubricants provides an opportunity to choose from the great number of products by various producers. The presented paper is focused on the comparison of the selected environmentally friendly oils impacts on the wear of sliding bearing as a part of tribological system.

Material and Methods. Tribological experiments were performed using Tribotestor M'06. This universal test device enables performing various types of tests such as limit load tests (seizing test), limit velocity tests (velocity seizing test), capacity tests for the determination of pv diagram and life (durability) tests.

The test device consists of three main parts. The test part itself is made of the drive units of samples rotational motion, vertical loading force and measuring head. Another part contains the elements of a pneumatic circuit and all of the electronic devices. The last part is a control-evaluating unit in the form of a connected desktop computer. Starting, check, control, data collection and test evaluation itself are performed on the connected computer.

Our experiment was performed through the seizing test.

The fig. 1 shows the measuring device with the detailed view on the measuring head and test sample. The couple of bodies, creating a planar contact by rotating of the test shaft against sliding bearing, forms the sliding node. The sliding bearing marked as B60 M4 was moulded into the measuring head and has the following dimensions: external diameter is of ϕ 30 mm; internal diameter is of ϕ 25 mm; and the bearing bush length is of 20 mm. The bearing shell of the test shaft with ϕ 25 mm for external diameter and with length 25 mm was made from steel 14 220 and fixed to the cylindrical part of the supporting shaft. The supporting shaft was attached to the drive unit by a shrink conic connection through tightening force over the internal thread in the cone. The sliding node was lubricated using the test ecological oil, which was gravitationally dropping through the upper part of the measuring head.

The tested lubricating mediums were the ecological oils Mogul HEES 46, Hydros 46, Fuchs Plantohyd 46 S and Shell Naturelle 46 HF-E.

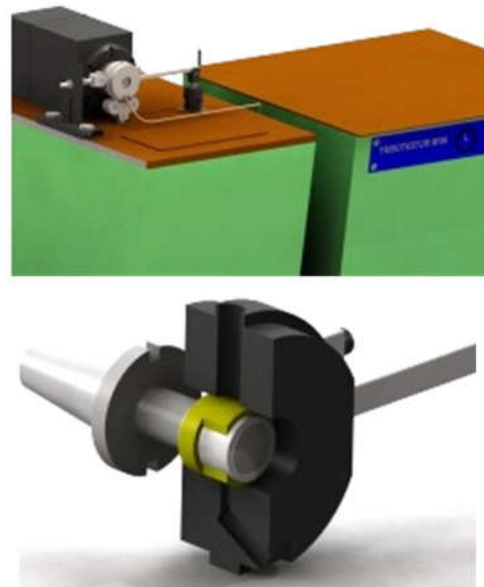


Fig. 1 – Measuring device Tribotestor M'06 and a detailed view of the measuring head and test samples

Mogul HEES 46 is an ecological oil produced on the base of synthetic esters. It is designated for extremely stressed hydrostatic systems of machines and equipment working at temperatures between -20°C and 80°C throughout a year. There is expected a lifetime similar to the lifetime of petroleum oils.

Hydros 46 is a biologically decomposable oil on the base of saturated synthetic esters. It is characterized by excellent properties under high pressure and temperature and multiple extension of exchange intervals. It is neutral for seals, preserves its properties under high frosts, and has good lubricating properties and a minimum foam ability.

Fuchs Plantohyd 46 S is environmentally friendly, rapidly biologically decomposable oil on the base of synthetic esters of HEES type, following the standard VDMA 24 568. It is usable in all of the hydraulic and circulation systems that require using the oil of the ISO VG 46 class. It is suitable for mobile and stationary hydraulic systems.

Shell Naturelle 46 HF-E is a fully synthetic, environmentally friendly hydraulic oil. It is determined for usage

in hydraulic and liquid gear systems. Shell Naturelle 46 HF-E is an easily biologically decomposable hydraulic oil with low ecotoxicity, particularly suitable for use in ecologically sensitive fields.

Experimental tests were performed under the following operating conditions:

- revolutions 180 min^{-1} , constant throughout the test duration in clockwise direction;
- test duration 70 min, of which 10 min represented running-up;
- loading ranging from 500 N to 3000 N, according to fig. 2.

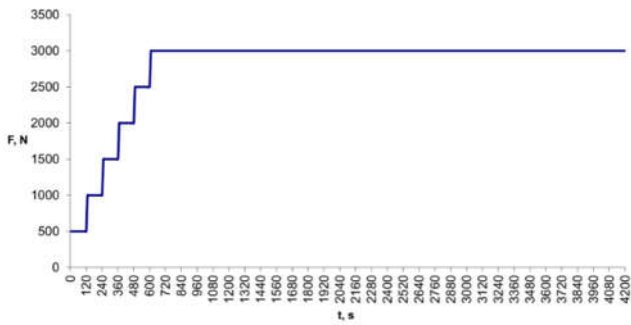


Fig. 2 – Continuation of loading force depending on time

Cylindricity measurement was done using the MUK – F 300 PC device (fig. 3). This device is designated for measuring variations of shape: roundness, cylindricity, conicity, and straightness of external and internal rotation surfaces with and without interruptions. Measured parameters were evaluated numerically in the form of figures and were simultaneously displayed on the monitor. The diagram of observed deviations was displayed automatically. Information from the screen was also archived and printed on A4 paper. Sliding bearings were weighed before and after the experiment on the accurate Voyager Pro VP 613CN scales, and surface roughness was measured with Mitutoyo SJ-201 (fig. 3). The monitored parameter was R_a . The value of R_a represents the mean arithmetic value of absolute deviations of the profile in n chosen points of the profile on the basic length.



Fig. 3 – Devices used: MUK – F 300 PC, Mitutoyo SJ-201 and Voyager Pro VP 613 CN

Results and Discussion. By using the device MUK-F 300 PC we conducted the laboratory measurements of sliding bearing cylindricity, which defined the value of absolute deviation of cylindricity ΔC . Fig. 4 shows the outputs of MUK-F 300 PC before and after the experimental tests. Measurements were carried out on all the test samples

both before and after the experimental test. On this basis, we determined the resulting value of absolute deviation of cylindricity for individual ecological oils and they were subsequently processed in graphic form (fig. 5).

The weight loss of sliding bearings was determined using the accurate Voyager Pro VP 613CN scales, by measuring the weight of samples before and after the experimental test. Fig. 6 compares the weight losses of sliding bearings depending on the ecological oil used. Mogul HEES 46 had the lowest value of weight loss, followed by Hydros 46, the third one was Plantohyd 46 S, and the highest value of weight loss was observed in Naturelle HF-E 46

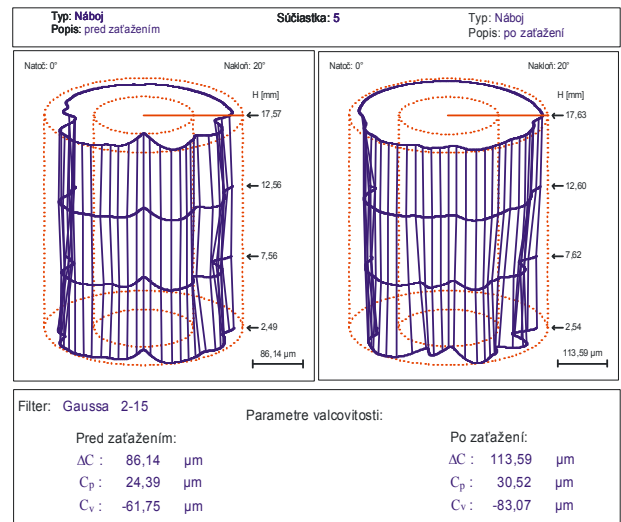


Fig. 4 – Sample output from MUK F-300 PC

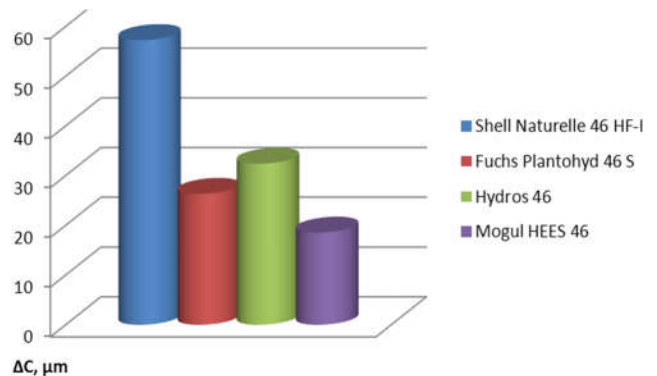


Fig. 5 – Comparison of changes in the deviation of sliding bearings cylindricity ΔC

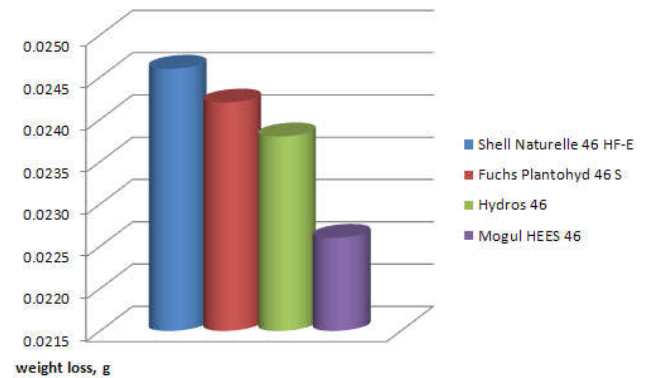


Fig. 6 – Comparison of weight losses depending on the oil used

The evaluation of roughness changes considerably illustrates the ongoing processes of wear during experimental tests in the sliding node. The roughness of sliding

bearings was measured using the Mitutoyo SJ-201 laboratory device before and after completion of experimental tests; the monitored parameter was R_a .

The change of roughness R_a for sliding bearings depending on the oil used is shown in Fig. 7. In all cases, there was a decline in roughness R_a . The highest decline was recorded in Naturelle HF-E 46 and the lowest decline in Hydros 46.

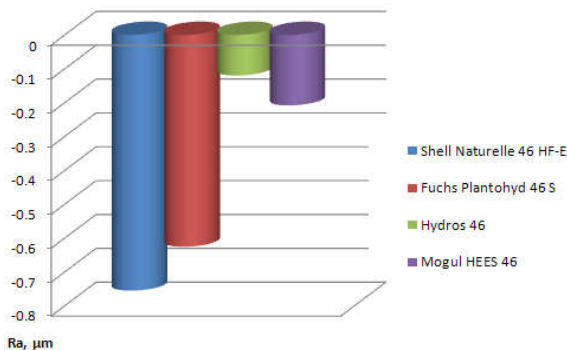


Fig. 7 – Relationship between the change of roughness R_a and the ecological oil used

Conclusion Table 1 gives a summary of the monitored parameters determining the sliding bearing wear. The obtained records also indicate that the highest value of the change of cylindricity deviation ΔC of the sliding bearing was recorded in Shell Naturelle HF-E 46, the ecological oil Hydros 46 reached the second highest value of change, followed by Fuchs PlantoHyd 46 S, and the ecological oil Mogul HEES 46 reached the lowest value of change in cylindricity deviation ΔC .

The second parameter was sliding bearing weight loss. The highest value of weight loss was recorded in Shell Naturelle HF-E 46; on the contrary, Mogul HEES 46 reached the lowest value. The change of roughness R_a confirms the greatest changes of sliding bearing when using the ecological oil Shell Naturelle HF-E 46. On the contrary, the lowest changes of roughness R_a were recorded in Mogul HEES 46 and Hydros 46.

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Вплив деяких екологічно нешкідливих мастильних матеріалів на зношування підшипників ковзання / Ю. Руснак, М. Каднар, Ф. Тот, М. Бошанські // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Проблеми механічного приводу. – X. : НТУ "ХПІ", 2017. – № 25 (1247). – С. 124–127. – Бібліогр.: 4 назв. – ISSN 2079-0791.

Влияние некоторых экологически безвредных смазочных материалов на износ подшипников скольжения / Ю. Руснак, М. Каднар, Ф. Тот, М. Бошански // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Проблеми механічного приводу. – X. : НТУ "ХПІ", 2017. – № 25 (1247). – С. 124–127. – Библиогр.: 4 назв. – ISSN 2079-0791.

The impact of selected environmentally friendly lubricants on the wear of the sliding bearing / J. Rusnák, M. Kadnár, F. Tóth, M. Bošanský // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Problem of mechanical drive. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2017. – No. 25 (1247). – P. 124–127. – Bibliogr.: 4. – ISSN 2079-0791.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Юрій Руснак – професор, доктор філософії, кафедра конструювання машин, Технічний факультет, Словацький сільськогосподарський університет в Нітрі, Нітра, Словаччина; тел. 0910212501; e-mail: juraj.rusnak@uniag.sk.

Юрий Руснак – профессор, доктор философии, кафедра конструирования машин, Технический факультет, Словацкий сельскохозяйственный университет в Нитре, Нитра, Словакия; тел. 0910212501; e-mail: juraj.rusnak@uniag.sk.

Juraj Rusnák – Prof. Ing., PhD., professor CSc./PhD., Department of Machine Design, The Faculty of Engineering Slovak University of Agriculture in Nitra, Nitra, Slovakia, tel. 0910212501; e-mail: juraj.rusnak@uniag.sk.

Мілан Каднар – доцент, доктор філософії, кафедра конструювання машин, Технічний факультет, Словацький сільськогосподарський університет в Нітрі, Нітра, Словаччина; тел. 0903849857; e-mail: milan.kadnar@uniag.sk.

Милан Каднар – доцент, доктор философии, кафедра конструирования машин, Технический факультет, Словацкий сельскохозяйственный университет в Нитре, Нитра, Словакия; тел. 0903849857; e-mail: milan.kadnar@uniag.sk.

Milan Kadnar – Doc. Ing., associate professor CSc./PhD., Department of Machine Design, The Faculty of Engineering Slovak University of Agriculture in Nitra, Nitra, Slovakia; tel. 0903849857; e-mail: milan.kadnar@uniag.sk.

Table 1 – Summary of results of wear parameters of the defined sliding bearing, depending on the selected ecological lubricants

	Cylindrical deviation ΔC , μm	Weight loss, g	Change of roughness R_a , μm
Shell Naturelle 46 HF-E	57,256	0,0246	-0,755
Fuchs PlantoHyd 46 S	26,3345	0,0242	-0,6255
Hydros 46	32,399	0,0238	-0,12
Mogul HEES 46	18,5414	0,0226	-0,208

The final summary of measured values shows that Mogul HEES 46 is the most suitable oil from the selected ecological oils for the given sliding pair and defined operating conditions.

Subsequent life tests will give a definitive answer for the usability of the examined oils in the field of slide assembly.

Acknowledgments. The research work reported here was made possible by grant projects VEGA 1/0227/15.

References

1. *Tóth F.* Application of technology of thermal spraying in areas of sliding notes / *Tóth F., Rusnák J., Kadnár M.* // In. 56th International Conference of Machine Design Departments (ICMD 2015), s. 381–388, ISBN 978-80-552-1377-4.
2. *Čavojský P.* Možnosti využitia ekologického oleja Hydros Uni v definovanom tribologickom systéme / *Čavojský P., Rusnák J., Tóth F.* // In. Medzinárodná vedecká konferencia s názvom Kvalita, technológie, diagnostika v technických systémoch. TF SPU Nitra 2015. Zborník vedeckých prác, s. 171–175, ISBN 978-80-552-1329-3.
3. *Kučera M.* Analýza poznatkov zo skúšania tribologických vlastností vybraných materiálov (Analysis of information from testing the tribological characteristics of selected materials) / *Kučera M.* // In. Nové trendy v konštruovaní a v tvorbe technickej dokumentácie 2004 : proceedings of scientific works. Nitra : Slovak University of Agriculture in Nitra, s. 75–80. ISBN 80-8069-362-5.
4. *Kučera M.* Analysis of the process of abrasive wear under experimental conditions / *Kučera M., Chotěborský R.* // In. Scientia agriculturales bohemica. ISSN 1211-3174, 2013, vol. 44, No. 2, s. 102–106.

Надійшло (received) 23.03.2017

Франтішек Тот – інженер, доктор філософії, кафедра конструювання машин, Технічний факультет, Словацький сільськогосподарський університет в Нітрі, Нітра, Словаччина; e-mail: frantisek.toth@uniag.sk.

Франтішек Тот – инженер, доктор философии, кафедра конструирования машин, Технический факультет, Словацкий сельскохозяйственный университет в Нитре, Нитра, Словакия; e-mail: frantisek.toth@uniag.sk

František Tóth – Ing., Ph.D., Department of Machine Design, Faculty of Engineering, Slovak University of Agriculture in Nitra, Nitra, Slovakia; email: frantisek.toth@uniag.sk.

Мірослав Бошански – професор, доктор філософії, професор інституту транспортних технологій та машинобудування, факультет інженерної механіки словацького технологічного університету в Братиславі, Словаччина; e-mail: miroslav.bosansky@stuba.sk.

Мірослав Бошански – профессор, доктор философии, профессор института транспортных технологий и машиностроения, факультет инженерной механики словацкого технологического университета в Братиславе, Словакия; e-mail: miroslav.bosansky@stuba.sk.

Miroslav Bošanský – Prof. Ing., Ph. D., professor at The Institute of Transport Technology and Designing, Faculty of Mechanical Engineering Slovak University of Technology in Bratislava, Slovakia; e-mail: miroslav.bosansky@stuba.sk.

УДК 621.01(833)

Х. С. САМИДОВ, А. Б. АХАДОВ

ОПТИМИЗАЦИЯ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИВОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН ПО ВРЕМЕНИ ЗАТУХАНИЯ

Робота присвячена оптимізації коливальних процесів електромеханічних приводів технологічних машин під час затухання. Базуючись на методах оптимізації коливальних процесів машин, розроблена і реалізована методика оптимізації динамічних процесів технологічних машин, в тому числі металорізальних верстатів. Методика дозволяє на стадії проектування технологічних машин встановити зв'язок між конструктивними і динамічними характеристиками електромеханічних систем, побудувати машину з найшвидшими затуханнями коливаний.

Ключові слова: привод, оптимізація, машина технологіческая, затухання.

Работа посвящена оптимизации колебательных процессов электромеханических приводов технологических машин во время затухания. Базируясь на методах оптимизации колебательных процессов машин, разработана и реализована методика оптимизации динамических процессов технологических машин, в том числе металлорежущих станков. Методика позволяет на стадии проектирования технологических машин установить связь между конструктивными и динамическими характеристиками электромеханических систем, построить машину с быстрыми затуханиями колебаний.

Ключевые слова: привод, оптимизация, машина технологическая, затухания.

The work is dedicated to the optimization of oscillatory processes of electromechanical drives of technological cars on the decay time. Based on methods for optimizing the oscillatory processes of machines, a technique for optimizing the dynamic processes of technological machines, including machine tools, has been developed and implemented. The technique allows at the design stage of technological machines to establish a link between the design and dynamic characteristics of electromechanical systems, to build a machine with the fastest damping of oscillations.

Keywords: drive, optimization, machine, technological machine, damping.

Актуальность проблемы. Среди требований, поставленных перед современным машиностроением, весьма важными являются повышение производительности, экономичности, точности, надежности, долговечности, ветроустойчивости машин и аппаратов.

Эффективность решения этих задач в значительной степени зависит от уровня развития машиностроения, в частности станкостроения являющегося основой развития других отраслей машиностроения.

На основе вышеизложенного можно заключить, что разработка, реализация комплексных методов динамического анализа и оптимизации конструктивных параметров машин являются актуальной проблемой и отвечает дальнейшего прогресса машиностроения.

Цель работы. Данная работа ставит своей целью определение таких оптимальных параметров электромеханической системы технологической машины, в частности, токарного станка модели 1К625, при которых упругие колебания в переходном режиме работы затихают за минимальное время.

Материалы исследований. По предложенной нами блок-схеме алгоритма упрощения многомассовых динамических систем (рис. 1), кинематическая схема

привода станка модели 1К625 (рис. 2) упрощена и приведена к трехмассовой динамической модели (рис. 3, 4).

Дифференциальные уравнения, описывающие движение электромеханической системы, представленной на рис. 3, запишем в следующем виде [1]

$$\begin{aligned} M_1 \frac{1}{2\omega_k M_k} + M_1 \frac{S_k}{2M_k} &= S; \\ J_1 \dot{\varphi}_1 + C_{12} (\varphi_1 - \varphi_2) + (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) &= M_1; \\ J_2 \ddot{\varphi}_2 - C_{12} (\varphi_1 - \varphi_2) - \beta_{12} (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) + \\ &+ C_{23} (\varphi_2 - \varphi_3) + \beta_{23} (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3) = -M_2; \\ J_3 \ddot{\varphi}_3 - C_{23} (\varphi_2 - \varphi_3) - \beta_{23} (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_3) &= M_3, \end{aligned} \quad (1)$$

где M_k , S_k – критические момент и скольжение двигателя по статической механической характеристике:

$$\begin{aligned} M_k &= \lambda_m M_H; \\ S_k &= S_H \{[\lambda_m + 5(\lambda_m - 1)S_H] \times \\ &\times \sqrt{[\lambda_m + 5(\lambda_m + 5(\lambda_m - 1)S)]^2 - 1}; \end{aligned} \quad (2)$$

S_H – скольжение при номинальном моменте M_H ;

λ_m – кратность максимального момента;

S_H , λ_m – определяются из каталога двигателей;

$S = (\omega_0 - \omega_1) \omega_0$, где $\omega_0 = \frac{\omega_2}{p}$ – скорость идеального