

Petro Luzan, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Ruslan Kisilyov**, PhD tech. sci., **Olena Luzan**, PhD tech. sci.
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Substantiation of Sieve Parameters with Slits of Unstable Size

The purpose of the work is to develop a design of a sieve with slits of unstable size for the separation of grain mixtures, the justification of its parameters depending on the given specific load and the necessary separation efficiency and the establishment of analytical connections of the technological characteristics of the separation process with the structural parameters of the sieve.

In the work on the basis of the elements of probability theory a mathematical model of separation of grain mixtures on the sieve with slits of non-constant size is developed. The justification of the parameters of the proposed grids is performed depending on the given specific load and the required separation efficiency. Analytical relations of technological characteristics of the separation process and structural parameters of the sieve are established. The method of determining the speed of movement, the required length of the sieve and the coefficient of reduction, which takes into account the dimensional characteristic of the grain material, is proposed. With the increase in the velocity of grain, the completeness of the selection of particles of different sizes occurs in different ways. With an increase in the speed of the grain mixture, the efficiency of the selection of particles of all sizes initially increases. This is due to the fact that the increase in speed contributes to the stretching of the layer of grain mixture and its height decreases. This improves the completeness of particle separation. Further decreases, because the particles that could stand out, do not have time to move to the slits of the sieve. With an increase in the specific load, the completeness of the selection of particles of all sizes is reduced. Better to separate small particles, therefore, when separating cereal mixtures with high content of large impurities, specific loads need to be reduced

It has been established that using grate-cleaning machines with gratings of non-constant size can achieve a significant reduction of energy costs for the separation process and ensure their self-cleaning without the use of additional devices. The material content of grain cleaning machines created on the basis of such grills is reduced by 10-12% compared to existing machines, and the quality of cleaning is increased by 14-16%.

sieve, grain cleaning, grain cleaning machine, separation efficiency

Одержано (Received) 30.06.2019

Прорецензовано (Reviewed) 10.10.2019

Прийнято до друку (Approved) 23.12.2019

УДК 631.539.3 2

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2019.49.154-160>

Л.Г. Малай, доц., канд. техн. наук, **В.Ф. Горобец**, доц., канд. техн. наук,
А.Т. Попескул, доц., канд. пед. наук

Государственный аграрный университет Молдовы, Кишинёв, Молдова
e-mail: leondanus@mail.ru, gorobet@uasm.md, popescula@mail.ru

Восстановление подшипниковых узлов скольжения полиамидоэпоксидными композиционными материалами

Целью работы является изучение трибологического поведения полиамидоэпоксидных композиционных материалов (ПЭКМ), в зависимости от концентрации отдельных компонентов. В качестве объекта исследования были выбраны трибологические пары металл-ПЭКМ, наполненные стеклянными микросферами и другими материалами.

базальтовое волокно, коэффициент трения, стеклянные микросферы, дисульфид молибдена, Полиамид-12

© Л.Г. Малай, В.Ф. Горобец, А.Т. Попескул, 2019

Л.Г. Малай, доц., канд. техн. наук, В.Ф. Горобец, доц., канд. техн. наук, А.Т. Попескул, доц., канд. пед. наук
 Державний аграрний університет Молдови, Кишинів, Молдова

Відновлення підшипникових вузлів ковзання поліамідопоксидними композиційними матеріалами

Мета роботи полягає у вивченні трибологічної поведінки поліамідопоксидних композиційних матеріалів (ПЕКМ), в залежності від концентрації окремих компонентів. В якості об'єкта досліджень були обрані трибологічні пари метал–ПЕКМ, які наповнені скляними мікросферами та іншими матеріалами.

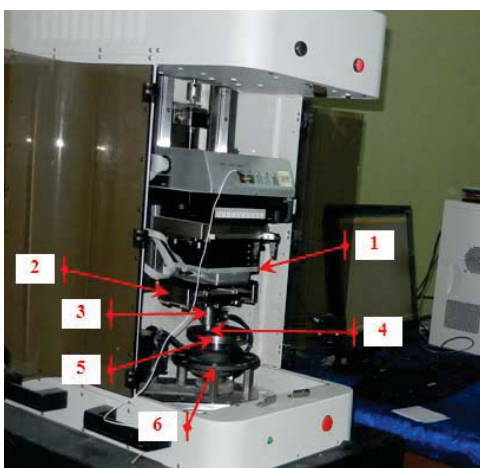
базальтне волокно, коефіцієнт тертя, скляні мікросфери, дісульфід молібдену, Поліамід–12

Постановка проблеми. Надежность, производительность и конкурентоспособность сельскохозяйственной техники, а также и смежных отраслей, в значительной степени определяется ресурсом подшипниковых узлов скольжения, которые во время эксплуатации, находятся под влиянием множества неблагоприятных факторов таких как: высокое содержание пыли, непогода, колебания температуры, высокая влажность, агрессивная среда, неравномерные нагрузки, механические удары, вибрации и ударные нагрузки, недостаточная смазка и т.д. Поэтому разработка и внедрение новых материалов для восстановления подшипниковых узлов скольжения, способных работать в таких условиях, является достаточно актуальной и представляет интерес для науки и практики в области технического сервиса сельскохозяйственной техники.

Анализ основных исследований и публикаций. Повышение износостойкости трущихся поверхностей деталей машин возможно в результате использования износостойких материалов. Для этого используют сплавы, псевдосплавы, керамические, порошковые материалы, среди которых наиболее перспективными являются композиционные материалы (КМ) [1–5].

Постановка задачи. Исходя с выше изложенного, целью данной работы является разработка и внедрение новых материалов для восстановления подшипниковых узлов скольжения.

Изложение основного материала. Трибологические испытания проводили на универсальном триботестере УМТ–2 с использованием специального модуля для пар трения «штифт–диск» (рис. 1). Визуализация и запись результатов исследований осуществляли при помощи специальной программы.



1 – двойной сенсор для силы трения и нагрузки; 2 – система подвески; 3 – фиксатор штифта;
 4 – штифт; 5 – диск; 6 – стол–опора для диска

Рисунок 1 – Универсальный триботестер УМТ–2 (CETR®, США),
 с модулем для пар трения «штифт–диск»

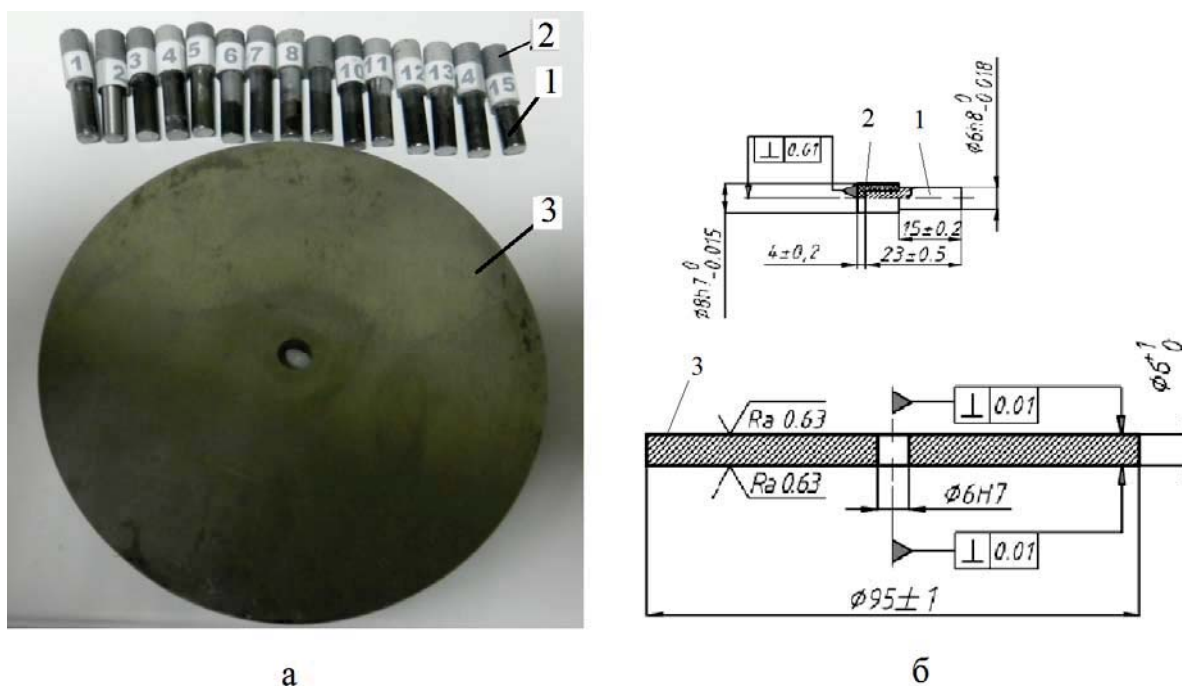
Перед испытанием образцы (штифты с покрытием ПЭКМ) были притерты шлифованием на наждачной бумаге PS22K 120 125мм 241627, с автоматической фиксацией, до достижения наибольшего контакта между штифтом и диском. Перпендикулярность контакта штифта с диском была обеспечена за счет точности расположения поверхностей монтажа образцов и зажимного устройства. Отклонение расположения соответствующих поверхностей не превышает 25% от величины размерного допуска соответствующих поверхностей (рис. 2).

Исследования были проведены при следующих условиях: давление 1 МПа, скорость скольжения 1,5 м/с, в качестве смазки использовали Литол 24.

Для большей достоверности результатов каждый тест был повторён трижды при одинаковых условиях, будучи реализованным на радиусе 40 мм от центра диска до оси образца.

Предложенный композиционный материал, в качестве матрицы содержит: полиамид ПА-12 (ОСТ 6-05-425) – 70% и эпоксидный олигомер П-ЭП. 534 (ТУ 6-10-189-83) – 30%, а в качестве наполнителей: дисульфид молибдена ДМ-1 (ТУ 48-19-133-90), полые стеклянные микросферы МС-ВП гр. 5-4% и базальтовое волокно [1-5]. Композиционный материал был нанесён методом горячего прессования на один из концов штифтов, изготовленных из обычной углеродистой стали, без термической обработки, которые впоследствии были обработаны на токарном станке [6].

Исследования по оптимизации состава ПЭКМ были проведены с использованием математического планирования экспериментов, а именно 3-х факторного некомпозиционного плана типа Бокса-Бенкина [6-7]. Полученные данные были обработаны с применением программы STATGRAPHICS [8-10].



а – схема; б – размеры пары трения; 1 – штифт; 2 – покрытие ПЭКМ; 3 – диск

Рисунок 2 – Пара трения «штифт-диск»

Источник: разработано авторами

При выборе материалов для ремонта трибологических пар, необходимо чтобы коэффициент трения материалов, которые составляют пару, был наименьшим. Тесты,

проведенные в режиме смазки с ЛИТОЛ 24 на триботестере УМТ–2, показали различное трибологическое поведение ПЭКМ в зависимости от процентного содержания дисульфида молибдена, полых стеклянных микросфер и базальтового микроволокна. Полученные результаты представлены на рисунке 3 и описаны с помощью уравнения регрессии (1), которое в кодированных координатах выражает эволюцию коэффициента трения композиционного материала на обыкновенной углеродистой стали.

$$K=0,157-0,039x_1-0,024x_2-0,017x_3+0,01 x_1x_2+0,0075x_1x_3+0,0075x_2x_3+0,002x_1^2+0,012x_2^2+0,019x_3^2 \tag{1}$$

Анализ уравнения (1) визуализируемого на рисунках 3 и 4, показывает, что все факторы вносят вклад в снижение коэффициента трения полиамидэпоксидной композиции со сталью (b_1 , b_2 и b_3 , имеют отрицательные значения). Больше всего влияет на коэффициент трения дисульфид молибдена, затем стеклянные микросферы и, наконец, базальтовое микроволокно ($|b_1|>|b_2|>|b_3|$). Влияние каждого составляющего на коэффициент трения довольно легко проследить на рисунке 4.

Значение оптимального коэффициента трения ($K=0,115$) находится в следующей комбинации уровней факторов влияния:

Оптимальное значение $K = 0,115099$

Фактор	Low	High	Optim
Дисульфид молибдена	-1,0	1,0	1,0
Стеклянные микросферы	-1,0	1,0	0,537
Базальтовое микроволокно	-1,0	1,0	0,156

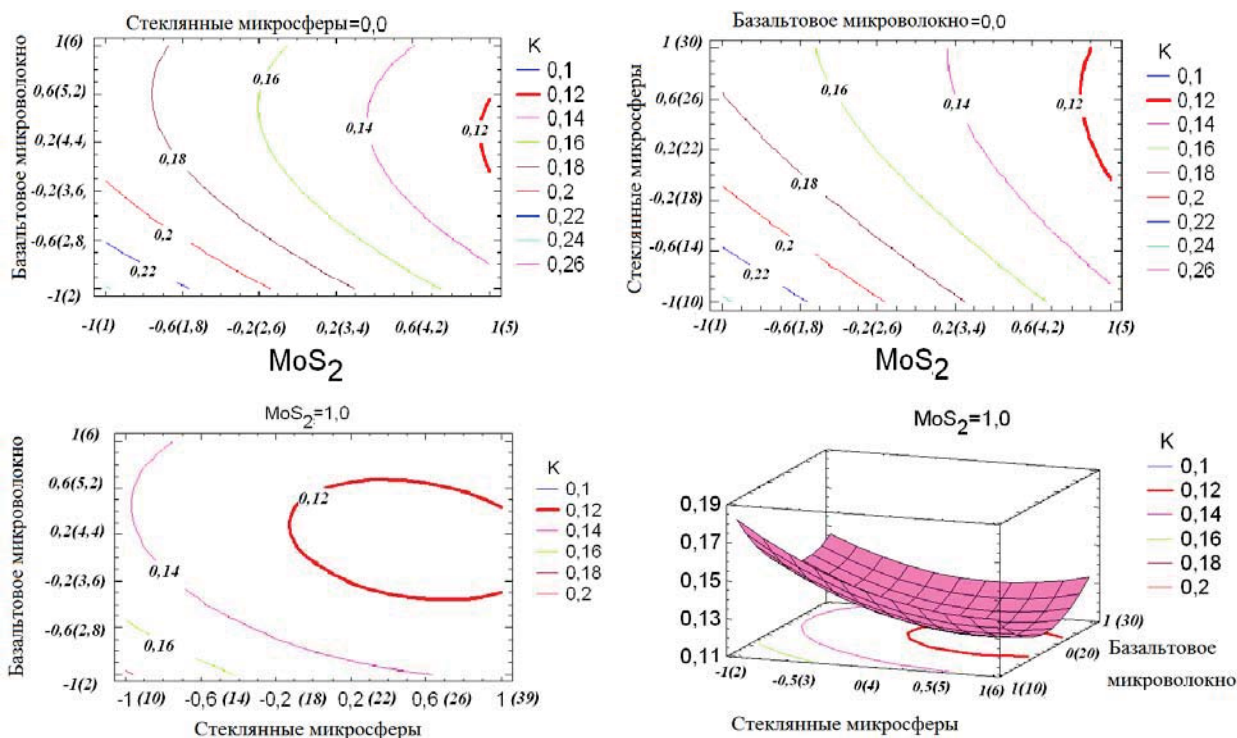


Рисунок 3 – Оценка эволюции коэффициента трения в зависимости от процентного содержания составляющих

Источник: разработано авторами

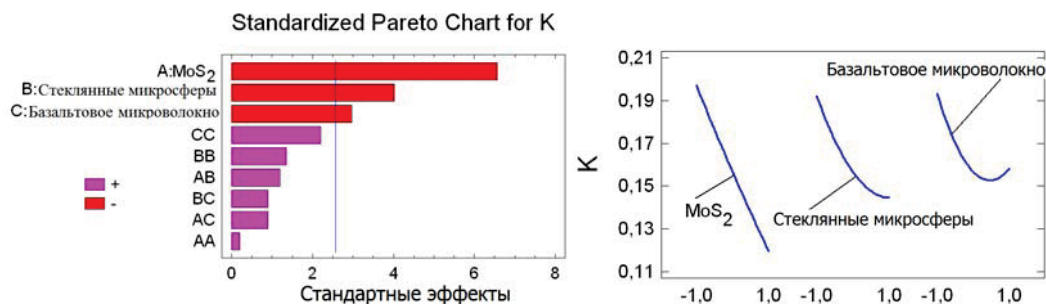


Рисунок 4 – Стандартные и доминантные эффекты полиамидоэпоксидного композиционного материала

Источник: разработано авторами

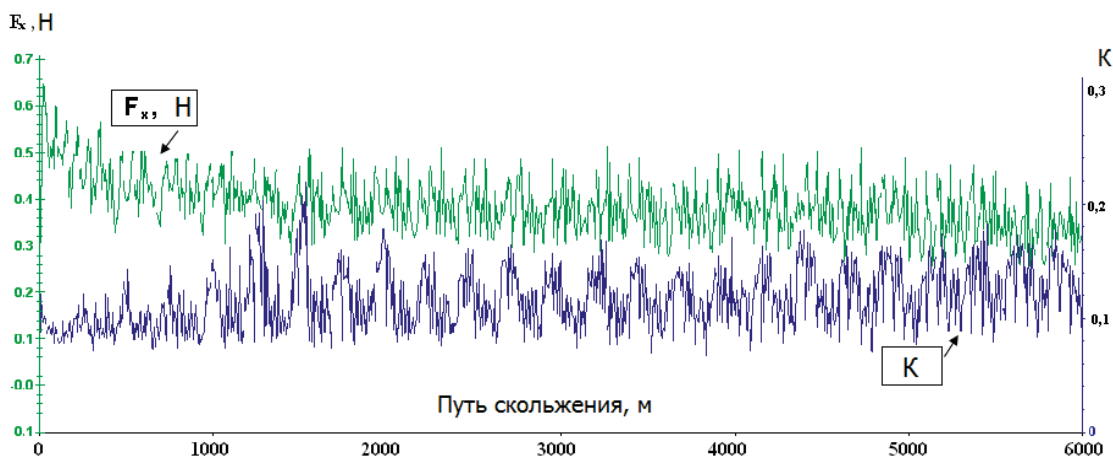


Рисунок 5 – Эволюция коэффициента трения во время тестирования пары трения «штифт с покрытием (ПЭ + 5% MoS₂ + 23% полые стеклянные микросферы, + 4,31% базальтовые микроволокна) – диск», из углеродистой стали в состоянии поставки. При следующих условиях: V=1,5 м/с; давление – 1МПа; условие смазки – граничное; смазка – Литол 24

Источник: разработано авторами

Значения этих факторов в закодированных координатах составляют: 5% – дисульфида молибдена, 23% – полые стеклянные микросферы и 4,31% – базальтовое микроволокно от состава композиции. Для композиционного материала данного состава, мы проследили эволюцию коэффициента трения, которая показана на рисунке 5.

Выводы:

1. Трибологический мониторинг лабораторных образцов из композиционных полиамидоэпоксидных материалов, тестированных на дисках из углеродистой стали с использованием смазки ЛИТОЛ, показал благотворное влияние всех компонентов композиции на коэффициент трения.

2. Полученные результаты позволили определить оптимальный состав ПЭКМ, при котором был достигнут наименьший коэффициент трения ($K=0,115$).

Список литературы

1. Астахов А.С., Буклагин Д.С., Голубев И.Г. Применение технической керамики в сельскохозяйственном производстве. Москва: Агропромиздат. 1988. 64 с.
2. Белоусов В.Я. Долговечность деталей машин с композиционными материалами. Львов: Вища школа, 1984. 180 с.

3. Кислый П.С., Боднарук Н.И., Боровиков М.С. Керметы. Київ: Наукова думка. 1985. 272 с.
4. Новицький А.В., Новицький Ю.А. Технічна оцінка споживчих якостей сільськогосподарської техніки. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК*. 2017. Вип. 264. С. 293–303.
5. Черновол М.И., Златопольский Ф.И., Лопата Л.А. Современные материалы для восстановления и упрочнения деталей машин. Кировоград. 1994. 83 с.
6. Малай Л., Марян Г. Выбор и оптимизация состава полиамида КМ, используемого для обновления подшипников. *Аграрная наука*. 2011. №2. С. 50–53.
7. Підручник дослідника / О.М. Васильковський, С.М. Лещенко, К.В. Васильковська, Д.І. Петренко. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. Кировоград, Харків: Мачулін, 2016. 204 с.
8. Douglas C. Montgomery and George C. Runge.r (2010). *Applied Statistics and Probability for Engineers*. 5th edition. John Wiley and Sons, New York.
9. Пен Р.З. Планирование эксперимента в Statgraphics Centurion. *Международный журнал экспериментального образования*. 2015. № 10-2. С. 160-161. URL: <http://expeducation.ru/ru/article/view?id=8573> (дата обращения: 10.09.2019).
10. Journal of Statistical Education (JSE). URL: http://www.amstat.org/publications/jse/jse_data_archive.htm (дата обращения: 11.09.2019).

References

1. Astahov, A.S., Buklugin, D.S. & Golubev, I.G. (1988). *Primenenie tehnicheckoy keramiki v selskohozyaystvennom proizvodstve [Application of technical ceramics in agricultural production]*. Moscow: Agropromizdat [in Russian].
2. Belousov, V.Ya. (1984). *Dolgovechnost detaley mashin s kompozitsionnymi materialami [Durability of machine parts with composite materials]*. Lvov: Vyshcha shkola [in Russian].
3. Kislyiy, P.S., Bodnaruk, N.I. & Borovikov, M.S. (1985). *Kermetyi*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
4. Novytskyi A.V., Novytskyi Yu.A. (2017). *Tekhnichna otsinka spozhyvchykh yakostei silskohospodarskoi tekhniki [Technical assessment of consumer qualities of agricultural machinery]*. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriya: tekhnika ta enerhetyka APK. Kyiv – Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: APC Engineering and Energy, 264, 293–303* [in Ukraine].
5. Chernovol, M.I., Zlatopolskiy, F.I. & Lopata, L.A. (1994). *Sovremennyye materialy dlya vosstanovleniya i uprochneniya detaley mashin [Modern materials for the restoration and hardening of machine parts]*. Kirovograd [in Russian].
6. Malay, L. & Maryan, G. (2011). *Vyibor i optimizatsiya sostava poliamida KM, ispolzuemogo dlya obnovleniya podshipnikov [Selection and optimization of the composition of KM polyamide used to update bearings]*. *Agrarnaya nauka –Agrarian Science, 2, 50-53* [in Russian].
7. Vasytkovskyi, O.M., Leshchenko, S.M., Vasytkovska, K.V. & Petrenko, D.I. (2016). *Pidruchnyk doslidnyka [Researcher's textbook]*. Kirovohrad, Kharkiv: Machulin [in Ukraine].
8. Douglas, C. Montgomery and George C. Runge.r (2010). *Applied Statistics and Probability for Engineers*. 5th edition. John Wiley and Sons, New York.
9. Pen, R.Z. (2015). *Planirovanie eksperimnta v Statgraphics Centurion [Planning an experiment at Statgraphics Centurion]*. *Mezhdunarodnyiy zhurnal eksperimentalnogo obrazovaniya – International Journal of Experimental Education, 10-2, 160-161. expeducation.ru*. Retrieved from <http://expeducation.ru/ru/article/view?id=8573> [in Russian].
10. Site of «Journal of Statistical Education (JSE)». www.amstat.org. Retrieved from http://www.amstat.org/publications/jse/jse_data_archive.htm.

Leonid Malai, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Vladimir Gorobet**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Angela Popescul**, Assoc. Prof., PhD ped. sci.

State Agrarian University of Moldova, Chisinau, Moldova

Restoration of Sliding Bearing Units With Polyamide–epoxy Composite Materials

The reliability, productivity and competitiveness of agricultural machinery, as well as related industries, is largely determined by the resource of sliding bearing units, which during operation are influenced by many adverse factors such as: high dust content, bad weather, temperature fluctuations, high humidity, aggressive medium, uneven loads, mechanical shocks, vibrations and shock loads, insufficient lubrication, etc. Therefore, the development and implementation of new materials for the restoration of sliding bearing units capable of

working in such conditions is quite relevant and is of interest to science and practice in the field of technical service of agricultural machinery.

Tribological tests were carried out on a universal tribometer UMT-2 using a special module for the pin-disk friction pairs. Visualization and recording of research results were carried out using a special program. The deviation of the location of the corresponding surfaces does not exceed 25% of the size tolerance of the corresponding surfaces. The studies were carried out under the following conditions: pressure 1 MPa, sliding speed 1,5 m/s, radius from the centre of the disk to the axis of sample 40 mm, Litol 24 was used as a lubricant. The proposed composite material as a matrix contains PA-12 polyamide (OST 6-05-425) – 70% and the epoxy oligomer P-EP.534 (TU 6-10-189-83) – 30%, and as fillers: molybdenum disulfide DM-1 (TU 48-19-133-90), hollow glass microspheres MS-VP gr. 5-4% and basalt fibre. The composite material was applied by hot pressing to one of the ends of the pins made of ordinary carbon steel without heat treatment.

Studies on optimizing the composition of PECM were carried out using mathematical planning of experiments, namely, a 3-factor non-compositional plan of the Box-Benkin type. The obtained data were processed using the STATGRAPHICS program. An analysis of the equation shows that all factors contribute to a decrease in the coefficient of friction of the polyamide epoxy composition with steel (b_1 , b_2 and b_3 , have negative values). Molybdenum disulfide, then glass microspheres and, finally, basalt microfiber ($|b_1| > |b_2| > |b_3|$) most affects the coefficient of friction. The value of the optimal coefficient of friction ($K=0,115$). The values of these factors in coded coordinates are 5% – molybdenum disulfide, 23% – hollow glass microspheres and 4,31% – basalt microfiber from the composition.

Based on the results of the studies, the following conclusions can be drawn: tribological monitoring of laboratory samples from composite polyamide-epoxy materials tested on carbon steel disks using LITOL lubricant showed a beneficial effect of all components of the composition on the friction coefficient; The results obtained made it possible to determine the optimal composition of PECM, at which the lowest coefficient of friction was achieved ($K=0,115$).

basalts microfibrils, friction coefficient, glass microspheres, molybdenum disulfide, Polyamide PA12.

Одержано (Received) 26.11.2019

Прорецензовано (Reviewed) 04.12.2019

Прийнято до друку (Approved) 23.12.2019

УДК 631.362.3 2

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2019.49.160-167>

О.В. Нестеренко, доц., канд. техн. наук

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна
e-mail: nov_78@ukr.net*

Статистична оцінка якісних показників пневмосепарації при багаторівневому введенні зерна

Враховуючи швидкоплинність пневмосепараційного процесу і вплив на нього значної кількості факторів є необхідним проведення його статистичної оцінки при контактній взаємодії легких домішок з зерном в робочій зоні пневмосепарації. В статті проведено моделювання контактної руху легких домішок через багат шаровий зерновий потік в вертикальному пневмосепаруючому каналі при їх багаторівневому одношаровому введенні. Отримано статистичну модель ймовірності проходження легких домішок через зернові шари, яка дозволяє встановити закономірності впливу основних параметрів пневмосепаруючого каналу на якісні показники процесу сепарації. На основі цього отримано аналітичну залежність повноти розділення легких домішок від продуктивності з урахуванням коефіцієнта розрідження зернового шару та кількості задіяних рівнів живильного пристрою пневмосепаруючого каналу.

пневмосепарація, пневмосепаруючий канал (ПСК), повітряний потік, багаторівневе введення, контактний рух, зерновий матеріал, якісні показники сепарації

© О.В. Нестеренко, 2019