

## Исследование транспортного процесса карьерных автосамосвалов

*Обозначена роль скорости движения карьерных автосамосвалов в транспортном процессе. Охарактеризованы основные методы расчета скоростей движения. Определены доверительные интервалы скоростей движения и ускорений карьерных автосамосвалов в зависимости от продольного уклона трассы.*

**Ключевые слова:** скорость движения, карьерный автосамосвал, ускорение, доверительный интервал

Скорость автосамосвалов — это наиболее информативный комплексный показатель эффективности работы карьерного транспорта [1]. Ее влияние на транспортный процесс значительно и противоречиво. С одной стороны, от нее в большой степени зависит производительность карьерных автосамосвалов и движение с неоправданно низкой скоростью приводит к низкой эффективности использования карьерного автотранспорта и увеличению себестоимости перевозок [2]. С другой стороны, с ростом скорости движения автосамосвалов по маршрутам снижается ресурс шин и опорных металлоконструкций, повышается расход топлива, что тоже приводит к росту себестоимости перевозок через увеличение затрат на эксплуатацию [3, 4].

В этой связи исследования скоростных режимов движения и интенсивности их изменения в зависимости от условий эксплуатации является важной и в то же время сложной задачей.

Методам расчета скоростей движения в различных дорожных условиях посвящены работы В. М. Альтшулера, Мельникова Н. Н., Астафьева Ю. П., Васильева М. В., Данилова В. И., Еремеева В. И., Зырянова Н. В., Казареза А. Н., Зырянова И. В., Костина А. Д., Красневского Л. Г., Маријева П. Л., Кулешова А. А., Печкина В. А., Румшицкого Л. З. и др.

Наиболее простой метод расчета скоростей движения автосамосвала, широко применяемый при проектных и эксплуатационных расчетах, графо-аналитический, реализуемый с помощью динамической характеристики автосамосвала. Однако этот метод не совсем адекватно отражает физический характер процесса движения автосамосвала по карьерным дорогам [5]. Используемые в нем допущения об отсутствии неустановившихся режимов движения и полном использовании мощности двигателя при движении

в тяговом режиме значительно упрощают расчеты, но приводят к погрешностям до 30 %.

Более сложным вариантом расчета скоростей движения является применение экспериментальных методов получения данных о реальных скоростных режимах движения автосамосвалов в различных условиях и, затем, обработка их с помощью методов математической статистики для получения регрессионных зависимостей. Данный метод отличается достаточной точностью полученных результатов, однако проведение натурных экспериментов требует достаточно больших материальных и временных затрат, а полученные регрессионные функции применимы только в горнотехнических условиях, типичных для данного карьера и для каждой марки автосамосвала их необходимо получать отдельно.

Третьим методом расчета режимов движения карьерных автосамосвалов является моделирование. Любая модель движения базируется на системе дифференциальных уравнений, описывающих процесс движения на основе теории автомобиля. Различные условия эксплуатации при этом вводятся в модель в виде вероятностных характеристик. Это позволяет достаточно точно воспроизвести с помощью модели любую ситуацию, возникающую в процессе перевозок, и сделать соответствующие выводы, необходимые для более детального планирования транспортного процесса.

Применение теоретических зависимостей для расчета скоростей движения дает завышенные результаты, поэтому необходимо определить доверительные интервалы скоростей движения карьерных самосвалов в целях корректирования их значений, полученных по теоретическим зависимостям.

При изменении эксплуатационных параметров трасс существующие модели определения

скоростей движения автосамосвалов либо не учитывают неустановившиеся режимы его движения, либо построены на основе предельных интенсивностях разгона. В этом случае необходимо проведение дополнительных исследований, направленных на определения характера изменения скоростных режимов движения карьерных автосамосвалов, а также доверительных интервалов скоростей движения и ускорений. В этих целях был проведен эксперимент в условиях АО "Красный Брод" ОАО Холдинговая компания "Кузбассразрезуголь". Были использованы три автосамосвала БелАЗ-75131 грузоподъемностью 130 т, перевозившие вскрышные породы на маршруте "Забой — Отвал — Забой". Данный маршрут протяженностью 4200 м характеризуется различными продольными уклонами трассы (от 0 до 114 ‰), одним поворотом (радиусом 140 м), дорожным покрытием переходного типа со средними значениями неровности от 5 до 10 см.

В процессе проведения эксперимента было проведено более 3000 замеров скоростей движения автосамосвалов по маршруту методом фотометрической съемки через каждые 2 с.

Результаты измерений показывают большую вариацию значений мгновенной скорости в фиксированный момент времени и в заданной точке пространства. Это определяется стохастической природой транспортного процесса при влиянии на него большого числа факторов [6].

На рис. 1—4 представлены результаты статистической обработки скоростей движения и ускорений карьерных автосамосвалов в программе STATISTICA 6.0. По всем участкам распределение скоростей и ускорений описывается нормальным законом, доверительные интервалы определены с вероятностью 95 %.

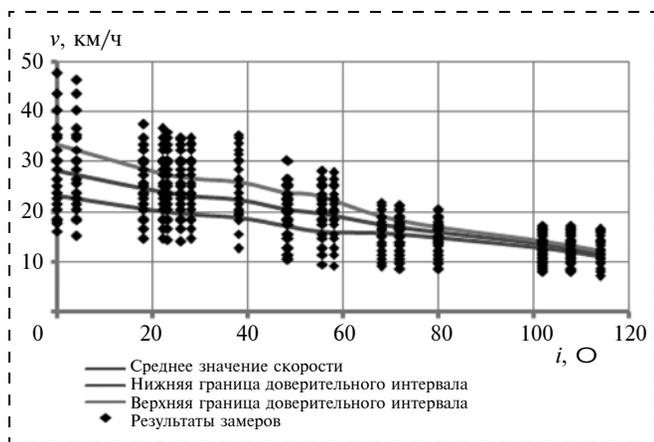


Рис. 1. Распределение скоростей движения  $v$  в зависимости от продольного уклона трассы  $i$  при движении в груженом направлении

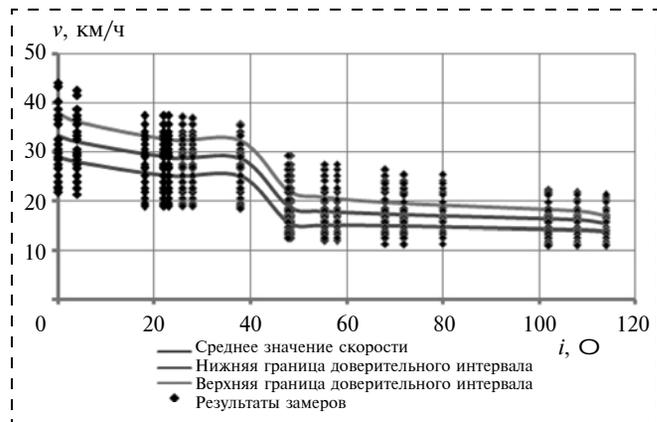


Рис. 2. Распределение скоростей движения  $v$  в зависимости от продольного уклона трассы  $i$  при движении в порожнем направлении

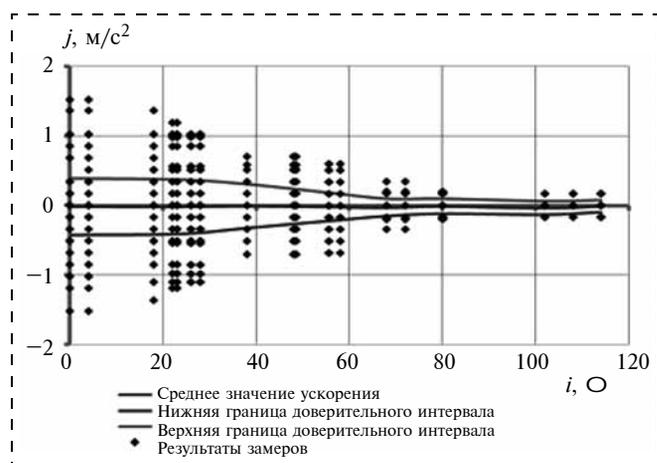


Рис. 3. Распределение ускорений  $j$  автосамосвалов в зависимости от продольного уклона трассы  $i$  при движении в груженом направлении

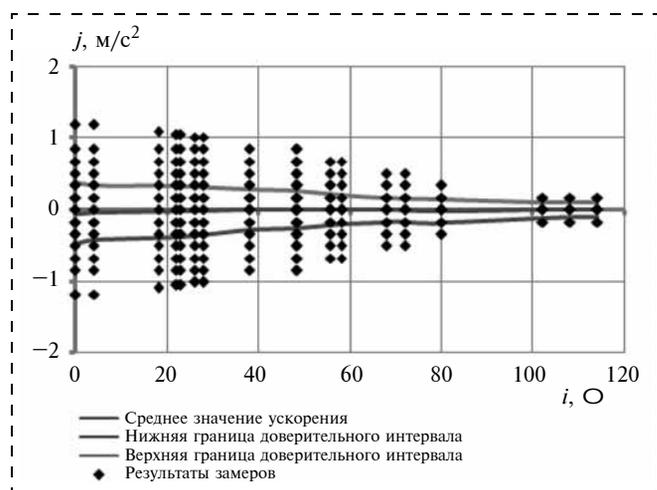


Рис. 4. Распределение ускорений  $j$  автосамосвалов в зависимости от продольного уклона трассы  $i$  при движении в порожнем направлении

Наибольшее рассеивание значений скоростей наблюдается на ровных участках, на которых значения ускорений изменяются от  $-2,03$  до  $1,52$  м/с<sup>2</sup> в груженом направлении и от  $-1,19$  до  $1,19$  м/с<sup>2</sup> в порожнем направлении. На подъемах движение более равномерное, значения ускорений на этих участках приближаются к нулю. При движении автосамосвала под уклон более 55° основная масса значений ускорения лежит в пределах от  $-0,34$  до  $0,34$  м/с<sup>2</sup>, при этом наблюдается большой разброс скоростей, которые водители выбирают из соображений безопасности спуска. С увеличением крутизны спуска эта неравномерность выбора уменьшается.

Средние значения ускорений, близкие к нулю, означают, что в модели движения автосамосвала значения начальной и конечной скоростей отличаются друг от друга незначительно и движение можно считать равномерным. В случае различия их значений следует использовать доверительные интервалы ускорений, что позволяет получить достаточно точные данные о скоростях движения карьерных автосамосвалов и снизить материальные и трудовые затраты. Так, например, отклонение расчетных и средних фактических скоростей на выше приведенном маршруте в условиях АО "Красный Брод" ОАО ХК "Кузбассразрезуголь" на горизонтальных участках, характеризующихся большой неравномерностью дви-

жения, не превышает 13,3 %, а на участках с уклоном — 10 %. Таким образом, использование доверительных интервалов в модели движения позволяет детально планировать транспортный процесс карьерных автосамосвалов.

#### Список литературы

1. **Фурман А. С., Шадрин В. Н., Ашихмин В. Е.** Скоростные и рабочие режимы карьерных автосамосвалов // Вестник КузГТУ. 2012. № 4. С. 123—125.
2. **Фурман А. С., Ходосевич А. Н.** Сравнительная оценка карьерных автосамосвалов по себестоимости // VII Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых с международ. участием "Россия молодая". Кемерово. 2015. С. 612.
3. **Фурман А. С.** Влияние продольного уклона дороги на эффективность использования экскаваторно-автомобильных комплексов // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 3 (1). С. 116—119.
4. **Фурман А. С., Буялич Г. Д.** Закономерности изменения производительности карьерных автосамосвалов от продольного уклона трассы // Междунар. науч.-практ. конф. "Современная наука: проблемы и пути их решения". Кемерово. 2015. С. 33—35.
5. **Мариев П. Л., Кулешов А. А., Егоров А. Н., Зырянов И. В.** Карьерный автотранспорт. СПб.: Наука, 2004. 429 с.
6. **Фурман А. С., Буялич Г. Д.** Исследование скоростных режимов движения карьерных автосамосвалов // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 10-2 (41). С. 22—25.

**G. D. Buyalich**, Professor, e-mail: gdb@kuzstu.ru, **A. S. Fuhrman**, Senior Lecturer, e-mail: asf30@mail.ru, Kuzbass State Technical University after T. F. Gorbachev, Kemerovo, Russia

## Study of the Transport Process Mining Dump Trucks

*The role of the speed of movement of mining trucks in the transport process. Defines the basic methods for the determination of speeds. Determined the confidence intervals of the velocities and accelerations of career dump trucks depending on the longitudinal gradient of the route.*

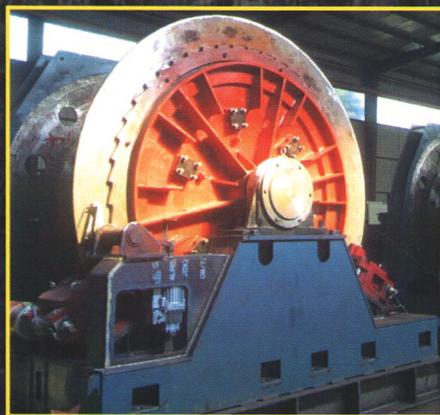
**Keywords:** speed, mining dump truck, acceleration, confidence interval

#### References

1. **Furman A. S., Shadrin V. N., Ashihmin V. E.** Skorostnye i rabochie rezhimy kar'ernyh avtosamosvalov, *Vestnik KuzGTU*, 2012, no. 4, pp. 123—125 (in Russian).
2. **Furman A. S., Hodosevich A. N.** Sravnitel'naja ocenka kar'ernyh avtosamosvalov po sebestoimosti, *VII Vseros. nauch.-prakt. konf. molodyh uchenykh s mezhdunar. uchastiem "Rossija molodaja"*, Kemerovo, 2015, pp. 612 (in Russian).
3. **Furman A. S.** Vlijanie prodol'nogo uklona dorogi na jeffektivnost' ispol'zovanija jekskavatorno-avtomobil'nyh kompleksov, *Mezhdunarodnyj Nauchno-Issledovatel'skij Zhurnal*, 2015, no. (1), pp. 116—119 (in Russian).

4. **Furman A. S., Bujalich G. D.** Zakonomernosti izmenenija proizvoditel'nosti kar'ernyh avtosamosvalov ot prodol'nogo uklona trassy, *Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Sovremennaja nauka: problemy i puti ih reshenija"*, Kemerovo, 2015, pp. 33—35 (in Russian).
5. **Mariev P. L., Kuleshov A. A., Egorov A. N., Zyrjanov I. V.** *Kar'ernyj avtotransport*, Saint Petersburg, Nauka, 2004, 429 p. (in Russian)
6. **Furman A. S., Bujalich G. D.** Issledovanie skorostnyh rezhimov dvizhenija kar'ernyh avtosamosvalov, *Mezhdunarodnyj Nauchno-Issledovatel'skij Zhurnal*, 2015, no. 10-2 (41), pp. 22—25 (in Russian).

# ГОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА



**5<sub>(132)</sub> ♦ 2017**

Учредитель: Издательство "НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ"

**Главный редактор**

КАНТОВИЧ Л.И., д.т.н., проф.

**Зам. гл. редактора:**

ЛАГУНОВА Ю.А., д.т.н., проф.

ХОРЕШОК А.А., д.т.н., проф.

**Редакционный совет:**

КОЗОВОЙ Г.И., д.т.н.

(сопредседатель)

ТРУБЕЦКОЙ К.Н., акад. РАН, д.т.н.

(сопредседатель)

АНТОНОВ Б.И.

ГАЛКИН В.А., д.т.н.

КОЗЯРУК А.Е., д.т.н., проф.

КОСАРЕВ Н.П., д.т.н., проф.

МЕРЗЛЯКОВ В.Г., д.т.н., проф.

ЧЕРВЯКОВ С.А., к.т.н.

**Редакционная коллегия:**

АБРАМОВИЧ Б.Н., д.т.н., проф.

АНДРЕЕВА Л.И., д.т.н.

ГАЛКИН В.И., д.т.н., проф.

ГЛЕБОВ А.В., к.т.н.

ЕГОРОВ А.Н. (Белоруссия)

ЖАБИН А.Б., д.т.н., проф.

ЗЫРЯНОВ И.В., д.т.н.

МУХОРТИКОВ С.Г., к.т.н.

МЫШЛЯЕВ Б.К., д.т.н., проф.

ПЕВЗNER Л.Д., д.т.н., проф.

ПЕТРОВ В.Л., д.т.н., проф.

ПЛЮТОВ Ю.А., к.т.н., доц.

ПОДЭРНИ Р.Ю., д.т.н., проф.

СЕМЕНОВ В.В., к.т.н.

СТАДНИК Н.И. (Украина), д.т.н., проф.

ТРИФАНОВ Г.Д., д.т.н., доц.

ХАЗАНОВИЧ Г.Ш., д.т.н., проф.

ЮНГМЕЙСТЕР Д.А., д.т.н., проф.

**Редакция:**

ДАНИЛИНА И.С.

**Телефон редакции:**

(499) 269-53-97

**Факс:** (499) 269-55-10

**Email:** gma@novtex.ru

**http://novtex.ru/gormash**

## СОДЕРЖАНИЕ

От редакции . . . . .

**Хорешок А. А., Ютяев Е. Л., Мешков А. А., Маметьев Л. Е.** О подготовке кадров для угольной отрасли Кузбасса . . . . .

**Стебнев А. В., Габов В. В., Бабьрь Н. В.** Методика выбора параметров блока безымпурсного регулирования сопротивления гидравлических стоек секций крепи опусканию пород кровли . . . . .

**Буялич Г. Д., Шмат В. Н., Хуснутдинов М. К.** Особенности шарошечного бурового инструмента для получения некруглого поперечного сечения скважины . . . . .

**Гуляев В. Г.** Актуальность и проблемы создания автоматизированных струговых комплексов для безлюдной выемки пологих тонких угольных пластов Донецкого бассейна . . . . .

**Хорешок А. А., Маметьев Л. Е., Цехин А. М., Мешков А. А., Борисов А. Ю.** Обоснование параметров мощности привода двухкорончатого стреловидного исполнительного органа с дисковым инструментом на трехгранных призмах . . . . .

**Маметьев Л. Е., Цехин А. М., Нестеров В. И., Садыков С. И., Борисов А. Ю.** Определение устойчивости проходческого комбайна с двухкорончатым стреловидным исполнительным органом . . . . .

**Ещин Е. К.** Детализация расчетов динамических режимов работы электроприводов горных машин . . . . .

**Буялич Г. Д., Фурман А. С.** Исследование транспортного процесса карьерных автосамосвалов . . . . .

**Герике Б. Л., Дрозденко Ю. В., Герике П. Б., Кузин Е. Г., Мокрушев А. А.** Распознавание дефектов подшипников качения в редукторах горных машин по параметрам вибрационного сигнала . . . . .

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, и входит в систему Российского индекса научного цитирования.

GORNOE OБОRUDOVAНИЕ I ELEKTROMEХАНИКА

**Editor-in-Chief**

KANTOVICH L.I., Dr. Sci. (Tech.)

**Deputy Editor-in-Chief:**

KHORESHOK A.A., Dr. Sci. (Tech.)

LAGUNOVA Yu.A., Dr. Sci. (Tech.)

**Editorial Council:**

KOZOVY G.I. (co-chairman), Dr. Sci. (Tech.)

TRUBETSKOY K.N. (co-chairman),

Dr. Sci. (Tech.), Acad. RAS

ANTONOV B.I.

CHERVYAKOV S.A., Cand. Sci. (Tech.)

GALKIN V.A., Dr. Sci. (Tech.)

KOZYARUK A.E., Dr. Sci. (Tech.)

KOSAREV N.P., Dr. Sci. (Tech.)

MERZLYAKOV V.G., Dr. Sci. (Tech.)

**Editorial Board Members:**

ABRAMOVICH B.N., Dr. Sci. (Tech.)

ANDREEVA L.I., Dr. Sci. (Tech.)

EGOROV A.N. (Belarus)

GALKIN V.I., Dr. Sci. (Tech.)

GLEBOV A.V., Cand. Sci. (Tech.)

KHAZANOVICH G.Sh., Dr. Sci. (Tech.)

MUKHORTIKOV S.G., Cand. Sci. (Tech.)

MYSHLYAEV B.K., Dr. Sci. (Tech.)

PEVZNER L.D., Dr. Sci. (Tech.)

PETROV V.L., Dr. Sci. (Tech.)

PLYUTOV Yu.A., Cand. Sci. (Tech.)

PODERNI R.Yu., Dr. Sci. (Tech.)

SEMENOV V.V., Cand. Sci. (Tech.)

STADNIK N.I. (Ukraine), Dr. Sci. (Tech.)

TRIFANOV G.D., Dr. Sci. (Tech.)

YUNGMEYSTER D.A., Dr. Sci. (Tech.)

ZHABIN A.B., Dr. Sci. (Tech.)

ZYRYANOV I.V., Dr. Sci. (Tech.)

**Editorial Staff:**

DANILINA I.S.

**CONTENTS**

**Khoreshok A. A., Yutjaev E. L., Meshkov A. A., Mametyev L. E.** Regarding Training of Professionals for Coal Industry in Kuzbass . . . . .

**Stebnev A. V., Gabov V. V., Babyr' N. V.** Method of Choice of Parameters Non-Impact Regulation of Resistance of Hydraulic Racks of Sections Fix to Lowering of Breeds of a Roof . . . . .

**Buyalich G. D., Shmat V. N., Khusnutdinov M. K.** Features of Rolling Drilling Tool to Receive a Non-Circular Cross-Section Borehole . . . . .

**Gulyaev V. G.** Urgency and Problems of Creation of Automation Coal Plough Complexes for Unmanned Excavation of Sloping Low Seams of Donetsk Coalfield

**Khoreshok A. A., Mametyev L. E., Tsekhin A. M., Meshkov A. A., Borisov A. Yu.** Justification of Parameters of Drive Power Executive Body of Boom-Type with Two Crowns and Disk Tool on the Triangular Prisms . . . . .

**Mametyev L. E., Tsekhin A. M., Nesterov V. I., Sadykov S. I., Borisov A. Yu.** The Definition of the Stability of Roadheader with Executive Body of Boom-Type with Two Crowns . . . . .

**Eshchin E. K.** Detailed Calculations of Dynamic Operating Modes Electric Drives of Mining Machines . . . . .

**Buyalich G. D., Fuhrman A. S.** Study of the Transport Process Mining Dump Trucks . . . . .

**Gerike B. L., Drozdenko Yu. V., Gerike P. B., Kuzin E. G., Mokrusev A. A.** Recognition of Defects of Rolling Bearings in Gearboxes of Mining Machines Based on Evaluation of Vibration Parameters . . . . .

Information about the journal is available online at:  
<http://novtex.ru/gormash>, e-mail: [gma@novtex.ru](mailto:gma@novtex.ru)

**B. L. Gerike**<sup>1, 2</sup>, Professor, e-mail: gbl\_42@mail.ru,

**Yu. V. Drozdenko**<sup>1</sup>, Associate Professor, e-mail: duv.gmik@kuzstu.ru,

**P. B. Gerike**<sup>2</sup>, **E. G. Kuzin**<sup>3</sup>, Senior Lecturer, **A. A. Mokrushev**<sup>1, 2</sup>, Postgraduate Student

<sup>1</sup>Kuzbass State Technical University after T. F. Gorbachev, Kemerovo, Russia

<sup>2</sup>SB RAS Kemerovo Science Center, Kemerovo, Russia

<sup>3</sup>Regional Campus of Kuzbass State Technical University after T. F. Gorbachev, Prokopyevsk, Russia

## Recognition of Defects of Rolling Bearings in Gearboxes of Mining Machines Based on Evaluation of Vibration Parameters

*In article an approach to recognition of defects of the rolling bearings used in various units of mining machines and equipment is considered. Approach is based on wavelet transformations of the vibroacoustic signals generated by various defects. Classification of the existing methods of diagnostics of technical condition of rolling bearings is given. Advantages and disadvantages of these methods are considered. Model of formation of shock impulses at appearance of defects is constructed and the opportunity of application of wavelet transformations for recognition the technical condition is shown. An example of bearings diagnostics of the DML drilling rig is also considered.*

**Keywords:** mine machine, vibration, rolling bearings, shock impulse, wavelet transformation, technical condition

### References

1. **Gerike B. L., Horeshok A. A., Drozdenko Ju. V.** Obespechenie kachestva vypuskaemoy produkcii zavodov gornogo mashinostroenija, *Vestnik KuzGTU*, no. 5, 2016, pp. 33–40 (in Russian).

2. **Diagnostika nepoladok podshipnikov**, NSK Motion&Control, 2009, 42 p. (in Russian).

3. **Povrezhdenija podshipnikov kachenija i ih prichiny**, SKF AB, 2002, 46 p. (in Russian).

4. **Shirman A. R., Solov'ev A. B.** *Prakticheskaja vibro-diagnostika i monitoring sostojanija mehanicheskogo oborudovanija*, Moscow, 1996, 276 p. (in Russian).

5. **Nerazrushajushij kontrol'**, spravochnik, v 8-mi vol., pod obshh. red. V. V. Kljueva, vol. 7, v 2-x kn, kn. 1, V. I. Ivanov, I. Je. Vlasov, *Metod akusticheskoy jemissii*, kn. 2, F. Ja. Ballykij, A. V. Barkov, N. A. Barkova i dr. *Vibrodiagnostika*, 2-e izd., ispr., Moscow, Mashinostroenie, 2006, 829 p. (in Russian).

6. **Rudloff L., Arghir M., Bonneau O., Guingo S., Chemla G., Renard E.** Experimental Analysis of the Dy-

namic Characteristics of A Hybrid Aerostatic Bearing, *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, vol. 134 (18), 2012.

7. **Kostjukov V. N., Naumenko A. P.** *Osnovy vibroakusticheskoy diagnostiki i monitoringa mashin*, ucheb. posobie, Omsk, Izd. OmGTU, 2011, 368 p. (in Russian).

8. **Sal'nikov A. F.** *Vibroakusticheskaja diagnostika tehniceskikh ob'ektov*, ucheb. posobie, Perm', Izd-vo PNIPU, 2011, 246 p. (in Russian).

9. **Kelly, S. Graham.** *Advanced vibration analysis*, 2013. 637 p.

10. **Shebalin O. D.** *Fizicheskie osnovy mehaniki i akustiki*, Moscow, Vysshaja shkola, 1981, pp. 184.

11. **Astaf'eva N. M.** *Vejvlet-analiz: osnovy teorii i primery primenenija*, *Uspehi Fizicheskikh Nauk*, 1996, vol. 166, no. 11, pp. 1145–1170 (in Russian).

12. **Vitjazev V. V.** *Vejvlet-analiz vremennyh rjadov*, ucheb. posobie, Saint Petersburg, Izd-vo S.-Peterb. un-ta, 2001, 58 p. (in Russian).

ООО "Издательство "Новые технологии", 107076, Москва, Стромынский пер., 4

Технический редактор *Е.В. Конова*. Корректор *З.В. Наумова*.

Сдано в набор 12.04.2017. Подписано в печать 30.05.2017. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 5,88. Заказ ГО417. Цена свободная.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-19854 от 15 апреля 2005 г.

Оригинал-макет ООО "Авансд солюшнз". Отпечатано в ООО "Авансд солюшнз". 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: [www.aov.ru](http://www.aov.ru)