

Для цитирования: Морозов С.А., Чукарин А.Н. Экспериментальные исследования процесса виброакустической динамики при местном упрочнении деталей шарико-стержневым упрочнителем. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2018;45(4):52-58. DOI:10.21822/2073-6185-2018-45-4-52-58

For citation: Morozov S. A., Chukarin A.N. Pilot studies of process of vibroacoustic dynamics at local hardening of details a shariko-rod uprochnitel. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2018; 45(4): 52-58. (In Russ.) DOI:10.21822/2073-6185-2018-45-4-52-58

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ И ХИМИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 62-922.4

DOI: 10.21822/2073-6185-2018-45-4-52-58

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВИБРОАКУСТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ ПРИ МЕСТНОМ УПРОЧНЕНИИ ДЕТАЛЕЙ ШАРИКО-СТЕРЖНЕВЫМ УПРОЧНИТЕЛЕМ

Морозов С.А.¹, Чукарин А.Н.²

¹Институт сферы обслуживания предпринимательства, филиал ДГТУ в г. Шахты,
¹346500, Ростовская область, г. Шахты, ул. Шевченко, 147, Россия,

²Ростовский государственный университет путей сообщения,

²344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного ополчения,
2, Россия,

¹e-mail: morozov-sergey@sssu.ru, ²e-mail: OPM@rgups.ru

Резюме. Цель. Одной из важнейших задач современного машиностроения является повышение долговечности изделий, их эффективности и конкурентоспособности на мировом рынке. В настоящее время закономерности формирования акустических характеристик изучены в основном для металлорежущих и деревообрабатывающих станков различных типов. Формирование звукового поля при шарико-стержневом упрочнении (ШСУ) изучено недостаточно. Цель исследований, результаты которых приведены в данной статье, заключалась в изучении закономерностей спектрального состава шума и вибраций при обработке шарико-стержневом упрочнении деталей с различными способами закрепления. **Метод.** В процессе экспериментальных исследований использовались известные методы измерения и обработки экспериментальных данных применительно к акустическим и вибрационным характеристикам. **Результат.** Установлено, что спектры шума при шарико-стержневом упрочнении деталей с различными способами закрепления имеют идентичные закономерности шумообразования и характеризуются ярко выраженным высокочастотным характером. Доказано, что доминирующими источниками являются упрочняемая деталь и упрочнитель. **Вывод.** Установлены величины превышений уровней звукового давления системы «упрочнитель-деталь» в высокочастотной части спектра 500-8000Гц. Установленные закономерности формирования спектрального состава являются основой для выбора средств снижения уровней шума. Статья выполнена в рамках инициативной научно-исследовательской работы.

Ключевые слова: динамика, виброакустика, машиностроение, шарико-стержневой упрочнитель

POWER, METALLURGICAL AND CHEMICAL MECHANICAL ENGINEERING

PILOT STUDIES OF PROCESS OF VIBROACOUSTIC DYNAMICS AT LOCAL HARDENING OF DETAILS A SHARIKO-ROD UPROCHNITEL

Sergey A. Morozov¹, Alexander N. Chukarin¹

¹*Institute of Services Industry of Business, Branch of the Don State Technical University, Shakhty, Russia,*

¹*147 Shevchenko Str., Rostov region, Shakhty 1346500, Russia,*

²*Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russia,*

²*2 Rostov Rifle Regiment of the People's Militia, Rostov-on-Don 2344000, Russia,*

¹*e-mail: morozov-sergey@sssu.ru, ²e-mail: OPM@rgups.ru*

Abstract Objectives *The most important problem of modern mechanical engineering is increase in durability of products, their efficiency and competitiveness in the world market. The equipment for machining creates the increased noise levels in a working zone of operators. Now regularities of formation of acoustic characteristics are studied generally for metal-cutting and woodworking machines of various types. Formation of the sound field at shariko-rod hardening is studied insufficiently. The purpose of researches which results are given in this article consisted in studying of regularities of spectral structure of noise and vibrations when processing ShSU of details with various ways of fixing. **Method.** In the course of pilot studies the known methods of measurement and processing of experimental data in relation to acoustic and vibration characteristics were used. **Results.** It is established that noise ranges at ShSU of details with various ways of fixing have identical regularities of a shumoobrazovaniye and are characterized by pronounced high-frequency character. It is proved that the dominating sources yaa-lyatsya the strengthened detail and an uprochnitel. **Conclusion.** Sizes of excesses of levels of sound pressure systems "up-rochnitel-detal2 in a high-frequency part of a range 500-8000gts are installed. The established regularities of formation of spectral structure are a basis for the choice of means of decrease in noise levels. Work is performed within initiative research work*

Keywords: *dynamics, vibroacoustics, mechanical engineering, ball-rod hardener*

Введение. Важнейшей задачей современного машиностроения является повышение долговечности изделий, их эффективности и конкурентоспособности на мировом рынке. Одним из основных путей решения этой задачи является использование методов упрочнения поверхностным пластическим деформированием (ППД). Такие методы позволяют повысить ресурс зоны действия концентрации напряжений (отверстий, галтелей, пазов, переходных поверхностей и т.п.) до ресурса участков деталей с гладкой поверхностью, что дает возможность полнее использовать высокие механические свойства металлов и обеспечить равнопрочность поверхностей деталей по критерию усталостной долговечности. Особенно эффективным является местное упрочнение ППД участков концентраторов напряжений, которое значительно производительней и дешевле, чем повсеместно используемое.

Одним из наиболее эффективных устройств для местного упрочнения является шарико-стержневой упрочнитель (ШСУ), который объединяет технологические возможности вибрационной ударной обработки (гибкость обрабатываемой среды) и достоинства простой чеканки (высокая интенсивность воздействия). ШСУ может использоваться для упрочнения как плоских, так и лекальных поверхностей, создания сжимающих остаточных напряжений, сглаживания каверн, нанесения регулярного микрорельефа.

Оборудование для механической обработки создает повышенные уровни шума в рабочей зоне операторов. В настоящее время закономерности формирования акустических характеристик изучены в основном для металлорежущих и деревообрабатывающих станков различ-

ных типов [1-6]. Формирование звукового поля при шарико-стержневом упрочнении изучено недостаточно.

Постановка задачи. Цель исследований, результаты которых приведены в данной статье, заключалась в изучении закономерностей спектрального состава шума и вибраций при обработке ШСУ деталей с различными способами закрепления.

Методы исследования. Экспериментальные исследования проводились в соответствии с методами специальной оценки условий труда [7-10] операторов технологического оборудования для механической обработки деталей. Измерения проводились акустическим комплектом «Экофизика».

При экспериментальных исследованиях процесса обработки ШСУ определялись уровни звукового давления для сварных швов следующих типов деталей: короткие сплошные с использованием заднего центра, короткие полые с задним центром, короткие сплошные с консольным закреплением, короткие полые с консольным закреплением, полые детали с внутренней воздушной полостью с консольным закреплением и с задним центром, длинные сплошные и полые детали с использованием заднего центра.

Акустическая система включает следующие элементы: компрессор, несущую систему токарного станка, упрочнитель, упрочняемую деталь. Испытаниям подвергались детали различных диаметров и длины.

Обсуждение результатов. Анализ результатов измерений показал, что у однотипных деталей с соответствующими способами закрепления характер спектров шума практически идентичен. Различия наблюдаются только в интенсивности звукового излучения, что, в первую очередь, связано с конфигурацией упрочняемых деталей. Поэтому на спектрах шума приведены данные, соответствующие наиболее и наименее шумоактивным режимам упрочнения.

На рисунках 1 (а и б), приняты следующие обозначения: 1 – наиболее шумоактивный режим; 2 – наименее шумоактивный; 3 – предельный спектр.

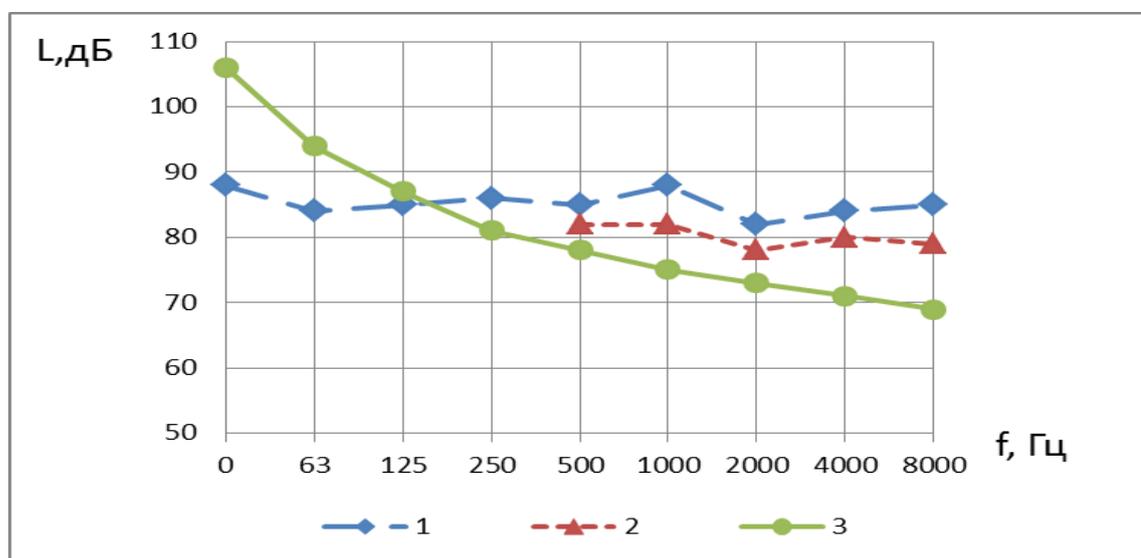
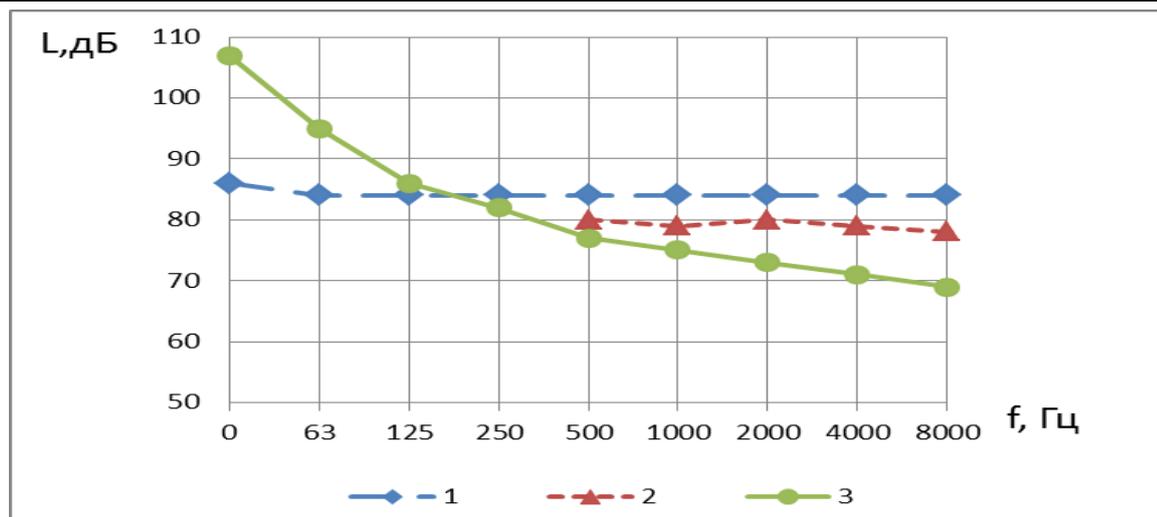


Рис. 1 Спектры шума при шарико-стержневом упрочнителе
а) коротких сплошных заготовок с использованием заднего центра
Fig. 1 Noise spectra with ball-rod hardener
a) short solid blanks with the use of the rear centre

Результаты измерений показали, что изменение технологических режимов обработки приводит к изменениям интенсивности звукового излучения при неизменном характере спектра.



б)

Рис. 1 Спектры шума при шарико-стержневом упрочнителе б) сплошных деталей и консольным креплением

Fig. 1 Noise spectra with ball-rod hardener b) solid parts and cantilever fastening

Следует отметить, что очень большую разницу в интенсивности звукового излучения имеют сплошные и полые детали. Увеличение уровней шума у полых заготовок составляет 16-18 дБ. Этот факт объясняется тем, что при равной площади, излучающей звук поверхности сплошной и полый заготовки, последняя имеет жесткость намного меньше (пропорционально соотношению осевых моментов инерции) и, следовательно, намного больше значения уровней вибрации и шума. Кроме этого, внутренний воздушный объем полый заготовки является также источником акустического излучения.

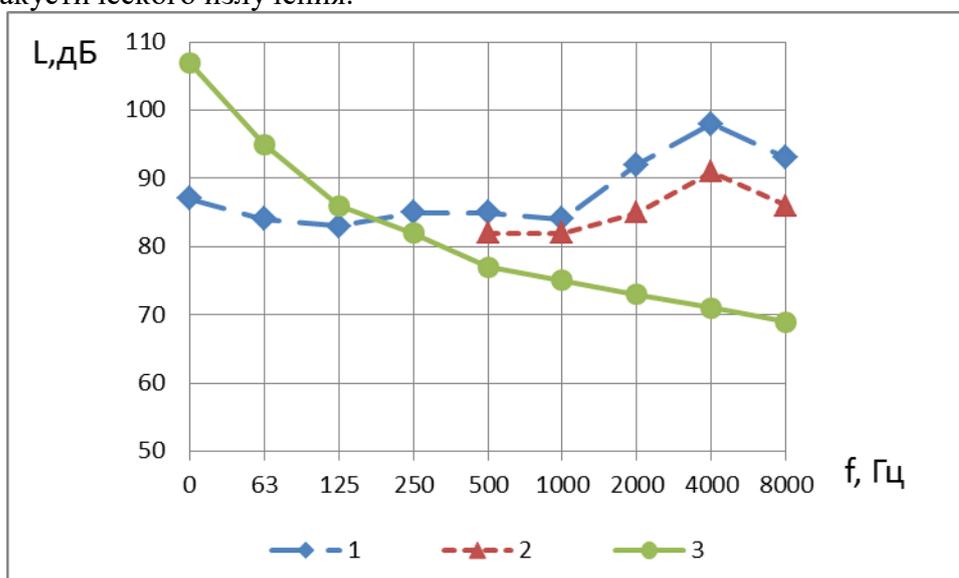


Рис. 2 Спектр шума при шарико-стержневом упрочнителе полый заготовки с задним центром

Fig. 2 Noise spectrum with a ball-core hardener of a hollow billet with a rear center

При обработке коротких заготовок с консольным креплением превышение уровней шума над предельно-допустимыми значениями наблюдается и в среднечастотной части спектра 250-500 Гц. Величины превышений не составляют более 5-8 дБ и этот факт объясняется вкладом самого станка.

Возможности снижения шума в самом источнике проверялись на полых деталях, у которых внутренняя полость заполнялась резиновыми пробками, устанавливаемыми с натягом по наружному диаметру. Этот способ демпфирования (вследствие возможности задемпфировать наружную поверхность, которая подвергается упрочнению) позволил ненамного понизить

уровни шума. Снижение уровней шума составило 3-6 дБ что, крайне недостаточно для решения задачи обеспечения санитарных норм шума в рабочей зоне оператора.

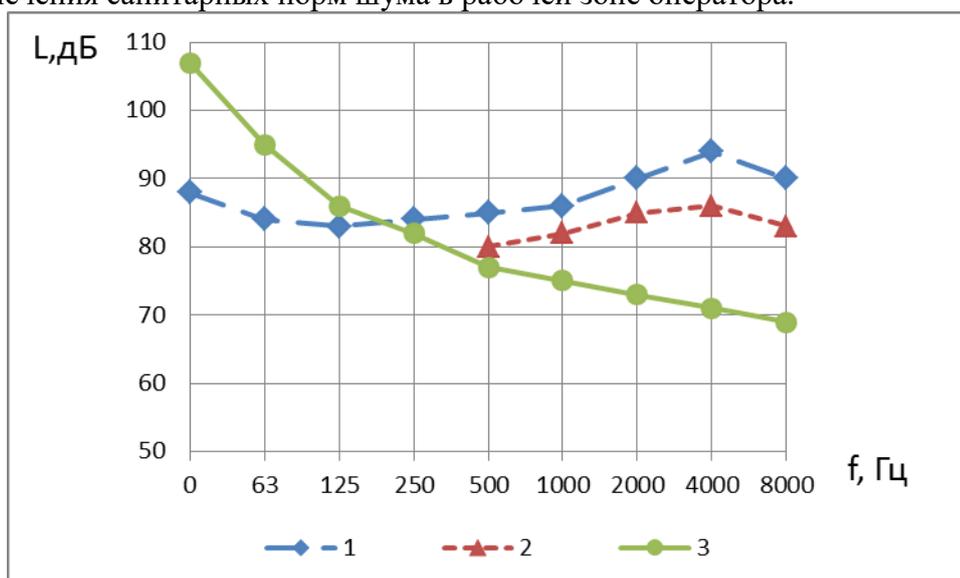


Рис. 3. Спектры шума полой заготовки с демпфирующими элементами с задним центром
Fig. 3. Noise spectra of a hollow billet with damping elements with rear center

При исследовании акустических характеристик при обработке ШСУ длинных деталей зафиксированы наиболее высокие уровни шума, которые достигают 110 дБ в высокочастотной части спектра. Увеличение уровней шума в сравнении с обработкой коротких деталей достигает 10 дБ и более. Этот факт объясняется увеличением площади излучающей звук поверхности заготовки, т.к. уровень технологической нагрузки не изменился в сравнении с обработкой коротких заготовок. В остальном характер спектра не претерпел изменений. Введение демпфирующих элементов позволило понизить уровни шума только на 2-4 дБ.

При измерениях уровней звукового давления определить количественный вклад акустического излучения отдельно заготовки и инструмента очень затруднительно. Поэтому в следующей серии экспериментов измерялись уровни вибрации для косвенного подтверждения сделанных выводов о закономерностях формирования звукового поля. Измерения вибраций производится на невращающейся заготовке. Результаты измерений приведены на рис. 4-5.

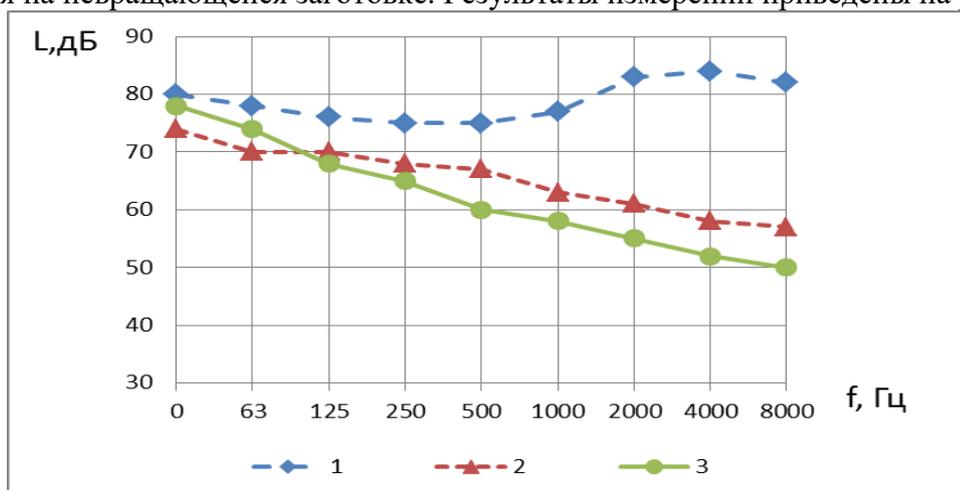


Рис. 4. Спектры вибраций: 1- на упрочнителе; 2- на шпиндельной бабке; 3- на стенде
Fig. 4. Vibration spectra: 1- on the hardener; 2- on the spindle stock; 3- at the stand

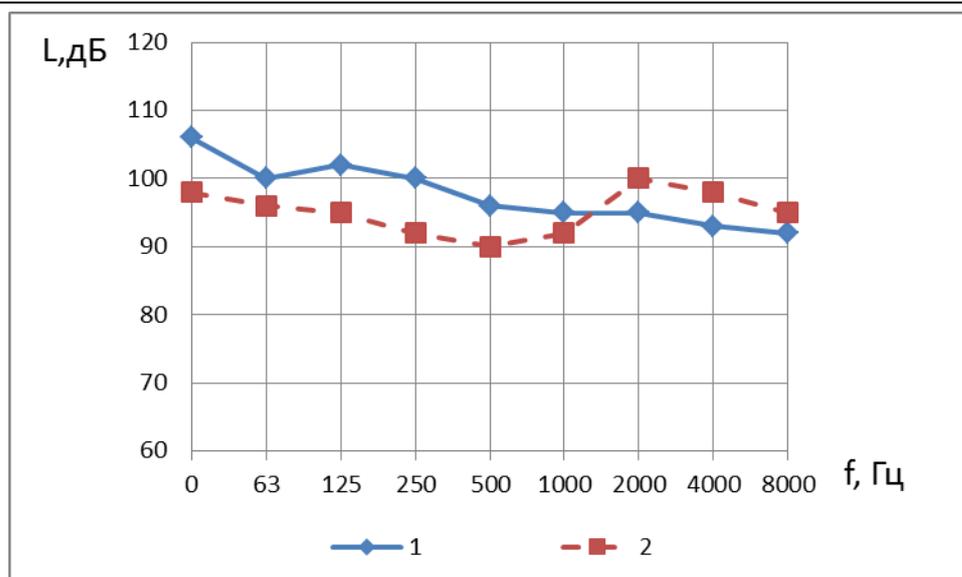


Рис 5. Спектры вибраций на заготовке: 1- на длинной; 2- на короткой.

Fig. 5. Vibration spectra on the workpiece: 1- for long; 2- in short.

Уровни вибраций на детали очень высоки и достигают 90-100 дБ даже в области высоких частот 2000-8000 Гц. Следует отметить, что это на 15-18 дБ больше, чем на инструменте. В связи с этим установлено, что в системе деталь-инструмент вклад звукового излучения детали намного больше чем от инструмента.

Вывод. Экспериментальные исследования показали, что для широкого класса номенклатуры размеров заготовок, подвергаемых обработке ШСУ, процесс формирования шума имеет идентичный характер, что позволяет подойти к решению задачи обеспечения санитарных норм в рабочей зоне оператора с единых позиций. При столь высокой шумоактивности данного метода обработки и невозможности добиться существенного снижения шума в самом источнике, а именно, системе инструмент-заготовка, добиться выполнения санитарных норм возможно только за счёт расчёта и проектирования звукозащитной конструкции с требуемой величиной звукоизоляции.

Библиографический список:

1. Litvinov, A.E. and Chukarin, A.N., Investigation of noise and vibration of cutting circular saws, Nauch. Zh. Kuban. Gos. Agrar. Univ., 2016, no. 122 (8), pp. 357-365.
2. Litvinov, A.E. and Kornienko, V.G., Study of cutting on band saw machines, Nauch. Zh. Kuban. Gos. Agrar. Univ., 2013, no. 9 (91), pp. 570-579.
3. Litvinov, A.E., Calculations for band saws for strength and tensile force to ensure sustainable cutting, Nauch. Zh. Kuban. Gos. Agrar. Univ., 2015, no. 113 (9), pp. 492-501.
4. Litvinov, A.E., The estimation of the impact of the "saw-saw guide" resonant frequency system on the process of cutting with band saws, Nauch. Zh. Kuban. Gos. Agrar. Univ., 2014, no. 96 (2), pp. 432-441.
5. Litvinov, A.E., Sukhonosov, N.I., and Kornienko, V.G., RF Patent 2548853, Byull. Izobret., 2015, no. 11
6. Litvinov, A.E., Theoretical study of the process of noise formation on band saws, World Appl. Sci. J., 2013, vol. 27, no. 12, pp. 1566-1573.
7. Чубарь, Е.П. Об особенностях аттестации рабочих мест по условиям труда (по опыту работы кафедры БЖД РГУПС)/ Е.П. Чубарь, В.М. Гарин, И.Г. Переверзев, Т.А. Финоченко// Всероссийская научно-практическая конференция "Транспорт -2004". – 2004. – С. 77
8. Чубарь, Е.П. Приоритетное направление охраны труда в современных условиях – аттестация рабочих мест/ Е.П. Чубарь, В.М. Гарин, И.Г. Переверзев, Т.А. Финоченко// Международная научная конференция "Актуальные проблемы развития транспорта России". – 2004. – С. 328-330.
9. Приложение №16 к Методике проведения специальной оценки условий труда, утвержденной приказом Минтруда России от 24 января 2014 №33н (Зарегистрировано в Минюсте России 21 марта 2014 №31689) [Электронный ресурс]: Приказ Министерства труда и социальной защиты России от 24 января 2014 г. №33н. – Режим доступа: <http://www.rosmintrud.ru/docs/mintrud/orders/170/>.
10. Приложение №20 к Методике проведения специальной оценки условий труда, утвержденной приказом Минтруда России от 24 января 2014 №33н (Зарегистрировано в Минюсте России 21 марта 2014 №31689) [Элек-

тронный ресурс]: Приказ Министерства труда и социальной защиты России от 24 января 2014 г. №33н. – Режим доступа: <http://www.rosmintrud.ru/docs/mintrud/orders/170/>.

References:

1. Litvinov A.Ye., Chukarin A.N., Issledovaniye shuma i vibratsii rezhushchikh diskovykh pil, Nauch. Zh. Kuban'. Gos. Agrar. Univ., 2016, № 122 (8), s. 357-365. [Litvinov, A.E. and Chukarin, A.N., Investigation of noise cutting, Nauch. Zh. Kuban Gos. Agrar. Univ., 2016, no. 122 (8), pp. 357-365. (in Russ.)]
2. Litvinov A.Ye., Korniyenko V.G. Issledovaniye rezki na lentochnopil'nykh stankakh, Nauch. Zh. Kuban'. Gos. Agrar. Univ., 2013, № 9 (91), str. 570-579. [Litvinov, A.E. and Kornienko, V. G., Nauch. Zh. Kuban Gos. Agrar. Univ., 2013, no. 9 (91), pp. 570-579. (in Russ.)]
3. . Litvinov A.Ye. Raschety dlya lentochnykh pil na prochnost' i rastyagivayushcheye usiliye dlya obespecheniya ustoychivoy rezki, Nauch. Zh. Kuban'. Gos. Agrar. Univ., 2015, net. 113 (9), s. 492-501. [Litvinov, A.E. Zh. Kuban Gos. Agrar. Univ., 2015, no. 113 (9), pp. 492-501. (in Russ.)]
5. Litvinov A.Ye., Sukhonosov N.I. i Korniyenko V.G. Patent RF 2548853, Byul. Izobr., 2015, № 11 [Litvinov, A.E., Sukhonosov, N.I., and Kornienko, V.G., RF Patent 2548853, Byull. Izobret., 2015, no. eleven(in Russ.)]
6. Litvinov A.Ye. Teoreticheskoye issledovaniye protsessa formirovaniya shuma na lentochnykh pilakh, World Appl. Sci. J., 2013, vol. 27, net. 12, s. 1566-1573. [Litvinov, A.E., Theoretical study on band saws, World Appl. Sci. J., 2013, vol. 27, no. 12, pp. 1566-1573. (in Russ.)]
7. Chubar', Ye.P. Ob osobennostyakh attestatsii rabochikh mest po usloviyam truda (po opytu raboty ka-fedry BZHD RGUPS) / Ye.P. Chubar', V.M. Garin, I.G. Pereverzev, T.A. Finochenko // Vserossiyskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya "Transport -2004". - 2004. - S. 77 [Chubar, E.P. About the features of certification of workplaces for working conditions (according to the experience of the department of Belarusian Railways RGUPS) / E.P. Chubar, V.M. Garin, I.G. Pereverzev, TA Finochenko // All-Russian Scientific-Practical Conference "Transport-2004". - 2004. - p. 77(in Russ.)]
8. Chubar', Ye.P. Prioritetnoye napravleniye okhrany truda v sovremennykh usloviyakh - attestatsiya ra-bochikh mest / Ye.P. Chubar', V.M. Garin, I.G. Pereverzev, T.A. Finochenko // Mezhdunarodnaya nauchnaya konfe-rentsia "Aktual'nyye problemy razvitiya transporta Rossii". - 2004. - S. 328-330. [Chubar, E.P. The priority direction of labor protection in modern conditions is the certification of workplaces / E.P. Chubar, V.M. Garin, I.G. Pereverzev, TA Finochenko // International Scientific Conference "Actual problems of the development of transport of Russia". - 2004. - pp. 328-330. (in Russ.)]
9. Prilozheniye №16 k Metodike provedeniya spetsial'nykh otsenok usloviy truda, utverzhdennym prikazom Mintruda Rossii ot 24 yanvarya 2014 goda №33n (Zaregistrirvano v Minyuste Rossii 21 marta 2014 goda №31689) [Elektronnyy resurs]: Prikaz Ministerstva truda i sotsial'noy zashchity Rossii ot 24 yanvarya 2014 goda g. №33n. - Rezhim dostupa: [http:// www.rosmintrud.ru/docs/mintrud/orders/170/](http://www.rosmintrud.ru/docs/mintrud/orders/170/). [Appendix No. 16 to the Methodology for conducting a special assessment of working conditions, approved by Order of the Ministry of Labor of Russia No. 33n of January 24, 2014 (Registered in the Ministry of Justice of Russia on March 21, 2014 No. 31898) [Electronic resource]: Order of the Ministry of Labor and Social Protection of Russia of January 24, 2014 city number 33n. - Access mode: [http:// www.rosmintrud.ru/docs/mintrud/orders/170/](http://www.rosmintrud.ru/docs/mintrud/orders/170/).(in Russ.)]
10. Prilozheniye №20 k Metodike provedeniya spetsial'nykh otsenok usloviy truda, utverzhdennykh prikazom Mintruda Rossii ot 24 yanvarya 2014 goda №33n (Zaregistrirvano v Minyuste Rossii 21 marta 2014 goda №31689) [Elektronnyy resurs]: Prikaz Ministerstva truda i sotsial'noy zashchity Rossii ot 24 yanvarya 2014 goda g. №33n. - Rezhim dostupa: [http:// www.rosmintrud.ru/docs/mintrud/orders/170/](http://www.rosmintrud.ru/docs/mintrud/orders/170/). [Appendix No. 20 to the Methodology for conducting a special assessment of working conditions, approved by Order of the Ministry of Labor of Russia No. 33n of January 24, 2014 (Registered in the Ministry of Justice of Russia on March 21, 2014 No. 31898) [Electronic resource]: Order of the Ministry of Labor and Social Protection of Russia of January 24, 2014 city number 33n. - Access mode: [http:// www.rosmintrud.ru/docs/mintrud/orders/170/](http://www.rosmintrud.ru/docs/mintrud/orders/170/).(in Russ.)]

Сведения об авторах:

Морозов Сергей Анатольевич - старший преподаватель кафедры «Информационные системы и радиотехника».

Чукарин Александр Николаевич - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Основы проектирования машин».

Information about the authors:

Sergey A. Morozov - Senior Lecturer, Department "Information Systems and Radio Engineering"

Alexander N. Chukarin - Dr. Sci. (Technical), Prof., Head of the Department "Fundamentals of Machine Design"

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Поступила в редакцию 22.10.2018.

Принята в печать 12.12.2018.

Conflict of interest.

The authors declare no conflict of interest.

Received 22.10.2018.

Accepted for publication 12. 12.2018.