

УДК 621.9.06:628.5

## СТАТИСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ ПРОФИЛЕЙ ДОРОЖЕК КАЧЕНИЯ ПОДШИПНИКОВ ЦИЛИНДРОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

**М.Ю. ЩЕРБА**

(Ростовский государственный университет путей сообщения),

**В.А. КОХАНОВСКИЙ**

(Донской государственный технический университет)

*Приведены результаты статистической обработки отклонений профилей дорожек качения наружного и внутреннего колец подшипников цилиндрошлифовальных станков. Установлены закономерности формирования спектров вибрации подшипников одной и той же серии и типоразмера, определяющие выбор практических рекомендаций по снижению уровней шума подшипниковых узлов.*

**Ключевые слова:** подшипниковые узлы, цилиндрошлифовальный станок, статистическая обработка, отклонение профилей, спектры вибрации, виброизоляция.

**Введение.** Экспериментальные исследования шума и вибраций цилиндрошлифовальных станков [1] показали наличие повышенных уровней вибрации на подшипниковых узлах оси цилиндра. Известно, что у подшипников одной и той же серии и типоразмера разброс уровней шума и вибраций очень значителен и достигает 20 дБ, что непосредственно связано с топографией дорожек качения. Поэтому нами проведена статистическая обработка отклонений дорожек качения подшипников узла цилиндра.

**Методика проведения исследования.** Для того чтобы определить влияние отклонений профиля дорожек качения наружного и внутреннего колец подшипников на их шумовые и вибрационные характеристики, после проведения экспериментов исследуемые подшипники разбирали и маркировали их наружные и внутренние кольца. Чтобы при разборке подшипников предотвратить возникновение забоин, царапин, подшипники предварительно были залиты парафином. В таком состоянии высверливали заклепки сепараторов и после этого подшипник разбирали. Профилограммы дорожек качения внутренних и наружных колец всех разобранных подшипников записывали на приборе «Талиронд» (Англия). По профилограммам определяли среднее арифметическое отклонение профиля от средней линии и максимальную амплитуду отклонений  $\rho_{\max}$ . Степень разбросанности профилограмм относительно средней линии определяли дисперсией  $D$  или среднеквадратичным отклонением  $\sigma$ . Полученную совокупность измерений обрабатывали математически с использованием блока стандартных программ для исследования случайных стационарных процессов, обладающих свойствами эргодичности. Для выявления свойств одновременного дифференциального закона распределения профилограмм построены гистограммы.

**Статистические исследования отклонений дорожек качения подшипников.** Анализ профилограмм дорожек качения колец показал, что погрешности их изготовления носят случайный характер и у серийных подшипников находятся в неизвестных сочетаниях. По характеру акустического сигнала определить вид и количественные соотношения отдельных дефектов изготовления серийных подшипников практически невозможно, так как между виброакустическим сигналом и отдельной погрешностью изготовления существует слабая корреляционная связь. Поэтому в процессе всестороннего изучения взаимосвязи шума с точностными характеристиками в качестве основных параметров точности изготовления дорожек качения выбраны максимальная амплитуда отклонения профиля, амплитуда среднего арифметического отклонения и среднеквадратичное отклонение профилограмм.

Анализ полученных данных показал, что интенсивность звукового излучения определяется амплитудами и особенно среднеквадратичным отклонением распределения отклонений профиля внутреннего (вращающегося) кольца. Влияние неточностей изготовления наружных колец на много меньше.

Подшипник № 10, характеризующийся наименьшим уровнем шума, имеет минимальные значения амплитуды среднего арифметического ( $M$ ) и среднеквадратичного отклонения распределения отклонений профиля дорожки качения внутреннего кольца ( $M = 1,2$  мкм,  $\sigma = 0,63$  мкм), а самый шумный подшипник № 13 – наибольшие ( $M = 6,1$  мкм,  $\sigma = 2,15$  мкм). При этом характеристики наружного кольца подшипника № 10 намного хуже, чем у подшипника № 13 ( $M = 3,1-1,9$  мкм,  $\sigma = 1,6-0,9$  мкм соответственно). Такое же явление наблюдается и у других подшипников (например, у подшипников № 4 и 12, № 2 и 9). Особо следует отметить, что корреляционная связь между среднеквадратичным отклонением погрешностей изготовления дорожек качения внутренних колец и уровнем шума линейна.

Гистограммы распределения амплитуд отклонений дорожки качения внутреннего кольца у подшипника № 10 лучше, чем у № 13 (рис. 1).

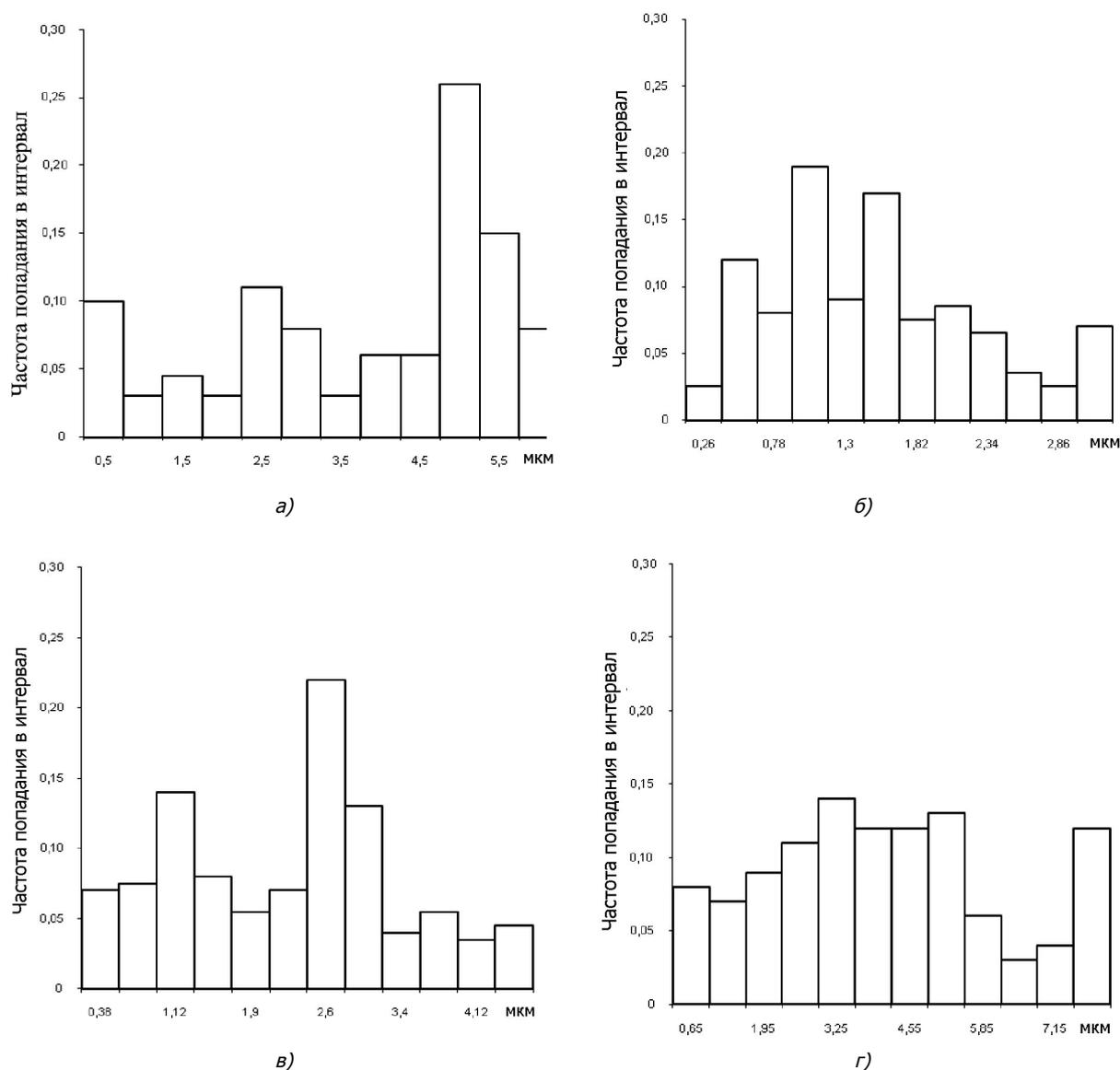


Рис. 1. Гистограммы распределения отклонений дорожек качения подшипников:  
 а – 206 № 13 – наружное кольцо; б – 206 № 13 – внутреннее кольцо;  
 в – 206 № 10 – наружное кольцо; г – 206 № 10 – внутреннее кольцо

У наружных колец наблюдается обратная картина. Распределение ординат профилограммы дорожки качения наружного кольца подшипника № 10 смещается в интервал 4–5 мкм, в то время как у подшипника № 13 максимум ординат попадает в интервал меньших значений – 2,2–3 мкм.

Из полученных данных следует, что распределение ординат профилограмм профилей дорожек качения колец подшипников нельзя считать нормальным. Особенно заметно влияние среднеквадратичного отклонения погрешностей изготовления дорожек качения внутренних колец на спектральный состав шума.

Также определены вероятностные характеристики дорожек качения и уровни шума подшипников (см. таблицу).

Вероятностные характеристики дорожек качения и уровни шума подшипников

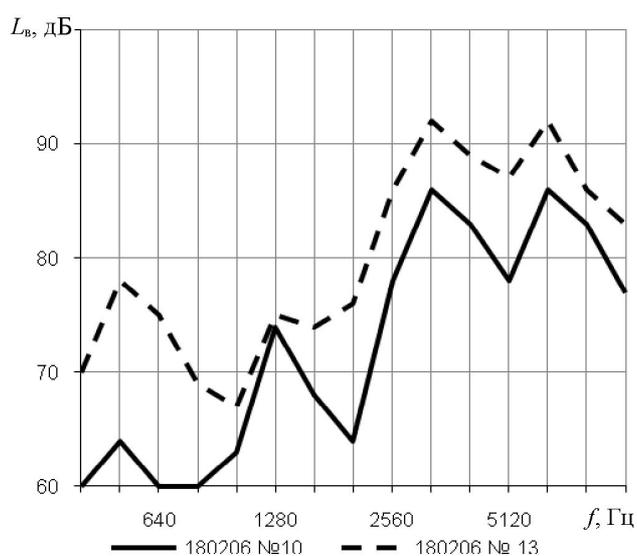
Номер подшипника	10	16	11	15	12	4	2	20	6	1	5	8	7	14	17	19	3	18	9	13
Максимальная амплитуда отклонения профилограммы, мкм																				
Наружного кольца	6,0	5,5	6,5	6,0	6,2	5,6	6,5	5,2	5,6	5,0	6,4	4,5	3,2	6,1	6,5	5,5	6,7	3,9	6,7	4,5
Внутреннего кольца	3,1	4,0	3,75	4,0	5,0	4,5	5,7	4,2	4,2	5,2	6,1	6,4	6,2	6,6	6,0	5,8	6,1	7,4	6,2	8,4
Амплитуда среднего арифметического отклонения профилограммы, мкм																				
Наружного кольца	3,5	3,5	4,0	3,3	3,5	2,9	4,3	3,1	2,5	2,9	4,0	2,5	1,8	3,4	3,2	3,6	3,7	2,2	3,7	2,1
Внутреннего кольца	1,3	2,5	3,1	2,7	3,0	2,8	3,4	2,9	3,0	3,7	4,0	2,6	4,5	4,6	4,3	3,9	4,4	5,0	4,6	6,7
Среднеквадратичное отклонение профилограммы, мкм																				
Наружного кольца	1,8	1,8	2,3	1,6	1,3	2,4	1,8	1,9	1,7	2,1	1,5	1,0	2,0	2,0	2,0	2,6	2,1	0,9	1,8	1,1
Внутреннего кольца	0,7	1,1	1,2	1,3	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0	2,0	2,5	2,6	2,7	2,9

Разница в уровнях звука лучшего подшипника № 10 и худшего № 13 составляет 10 дБА.

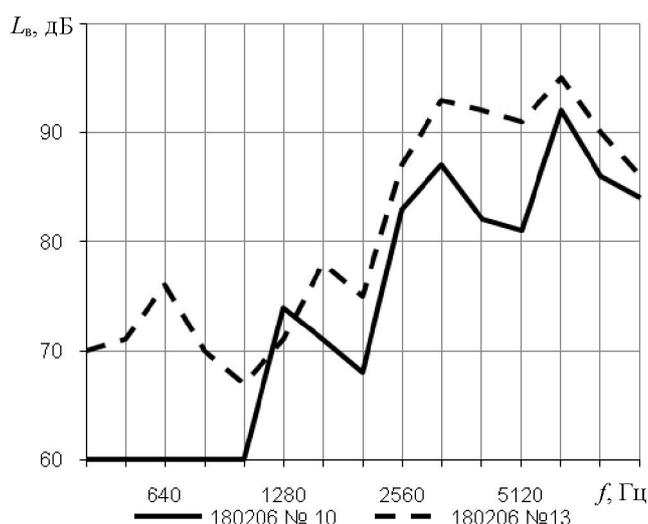
**Определение спектров виброускорения на корпусах подшипниковых щитов.** В ходе эксперимента определены спектры виброускорения на корпусах подшипниковых щитов подшипников 180206 № 10 и 13 (рис. 2).

Анализ результатов измерений позволяет сделать следующие выводы:

- разница в уровнях виброускорения лучшего и худшего подшипников составляет 6–9 дБ при небольшой частоте вращения;
- с увеличением частоты вращения уровни спектров возрастают, характер спектров при этом не меняется;
- максимум спектров виброускорения имеет место в диапазоне 4060–6450;
- разница уровней спектральных составляющих в среднечастотной части 508–1614 составляет 2–10 дБ при небольших частотах вращения. С увеличением частоты вращения эта разница достигает 18 дБ на частоте 508 Гц;
- разница уровней спектральных составляющих в диапазоне частот 4–6 кГц составляет 10–20 дБ.



а)



б)

Рис. 2. Спектры виброускорения на корпусах подшипниковых щитов:  
а – 2000 мин<sup>-1</sup>; б – 3000 мин<sup>-1</sup>

**Заключение.** Установленные закономерности формирования спектров вибрации подшипников одной и той же серии и типоразмера определяют выбор практических рекомендаций по снижению уровней шума подшипниковых узлов цилиндрошлифовальных станков. Один из способов основан на индивидуальном отборе подшипников по допустимому уровню вибрации на наружных кольцах. Он может быть использован в условиях заводов, изготавливающих данные станки и практически неприменим в условиях заводов, эксплуатирующих такое оборудование. Поэтому более рациональным вариантом является виброизоляция подшипниковых щитов путем установки между наружным кольцом подшипника и отверстием в подшипниковом щите специальных виброизолирующих многослойных втулок со специально подобранным слоем из вибропоглощающих материалов.

### **Библиографический список**

1. Чукарин А.Н. Экспериментальные исследования шума и вибраций бабинно-дисковых и цилиндрических шлифовальных деревообрабатывающих станков / А.Н. Чукарин, М.А. Тамаркин, М.Ю. Щерба // Вестн. Рост. гос. ун-та путей сообщения. – 2011. – № 4.

Материал поступил в редакцию 27.12.2011.

### **References**

1. Chukarin A.N. E`ksperimental`ny`e issledovaniya shuma i vibracij babinno-diskovy`x i cilindrovyy`x shlifoval`ny`x derevoobrabaty`vayushhix stankov / A.N. Chukarin, M.A. Tamarkin, M.Yu. Shherba // Vestn. Rost. gos. un-ta putej soobshheniya. – 2011. – # 4. – In Russian.

## **STATISTICAL STUDY ON PROFILE DEVIATIONS OF CYLINDER GRINDING MACHINE RACEWAYS**

**M.Y. SHCHERBA**

(Rostov State Transport University),

**V.A. KOKHANOVSKIY**

(Don State Technical University)

*The statistical analysis of the deviations of the outer and inner bearing race profiles of the cylinder grinding machines is resulted. The patterns of forming vibration spectra of the bearings of the same series and standard size, which designate the option of the practical recommendations on reducing noise levels of the bearing units, are deduced.*

**Keywords:** bearing units, cylinder grinding machine, statistical analysis, profile deviation, vibration spectra, vibroinsulation.