

УДК: 621.9  
OECD: 1.03 AA  
DOI: 10.56408/2412-8627.2026.12.2.007

## Экспериментальные исследования виброакустических характеристик гаммы расточных станков

Стуженко Н.И.

К.т.н., доцент кафедры «Строительство и техносферная безопасность»,  
Донской государственной технической университет, Институт сферы обслуживания  
и предпринимательства (филиал) ДГТУ в г. Шахты, РФ

### Аннотация

В статье представлены результаты экспериментальных исследований виброакустических характеристик станков расточной группы, включающих горизонтально-расточные, отделочно-расточные, координатно-расточные и алмазно-расточные станки различных компоновок. Измерения уровней звука проводились в условиях производственной эксплуатации при выполнении операций сверления, растачивания, зенкерования и нарезания резьбы. На основе анализа полученных данных вся гамма станков разделена на шесть групп по уровням создаваемого шума. В ходе экспериментов выявлены закономерности распределения уровней звука в зависимости от типа станка, вида технологической операции, мощности привода главного движения и режимов резания. Полученные результаты могут быть использованы для разработки мероприятий по снижению шума на рабочих местах операторов расточных станков.

**Ключевые слова:** экспериментальные исследования, расточные станки, уровни звука, сверление, растачивание

## *Experimental studies of vibroacoustic characteristics of a range of boring machines*

*Stuzhenko N.I.*

*Ph.D., Associate Professor of the Department of Construction and Technosphere Safety,  
Don State Technical University, Institute of Service Sector and Entrepreneurship (branch)  
of DSTU in Shakhty, Russia*

### **Abstract**

*This article presents the results of experimental studies of the vibroacoustic characteristics of boring machines, including horizontal boring machines, finishing boring machines, jig boring machines, and diamond boring machines of various configurations. Sound level measurements were conducted under production conditions during drilling, boring, countersinking, and thread cutting operations. Based on an analysis of the obtained data, the entire range of machines was divided into six groups based on noise levels. The experiments revealed patterns in the distribution of sound levels depending on the machine type, the type of technological operation, the power of the main drive, and the cutting modes. The obtained results can be used to develop noise reduction measures in the boring machine operator workstations.*

**Keywords:** *experimental studies, boring machines, sound levels, drilling, boring*

## Введение

Настоящая работа посвящена экспериментальному исследованию виброакустических характеристик широкой гаммы расточных станков, эксплуатируемых на машиностроительных предприятиях. Экспериментальные исследования уровней шума и вибрации проводились на горизонтально-расточных, отделочно-расточных для горизонтальной и вертикальной компоновки изделий, координатно-расточных, алмазно-расточных станков одно и двусторонней компоновки, а также специальных станков в условиях их реальной эксплуатации на предприятиях. На этих станках реализуется обработка отверстий в корпусных деталях для операций растачивания, сверления, зенкерования и нарезания резьбы. Следует отметить, что при зенкерровании и нарезании резьбы при токарной обработке уровни шума и вибрации значительно ниже, чем при сверлении и, в особенности, при растачивании вследствие малых скоростей резания и амплитуд силового воздействия. Поэтому анализ закономерностей формирования виброакустических характеристик выполнен для операций сверления и растачивания. На вышеуказанной гамме станков обрабатывается широкая номенклатура, отличающаяся габаритными размерами, массами, а также параметрами режимов резания, такими как глубина, скорости резания и подачи, что существенно влияет на разброс акустических и вибрационных характеристик. Поэтому на первом этапе экспериментальных исследований измерялись только уровни звука (дБА) для различных условий реализации технологических процессов растачивания и сверления [1], [2].

Актуальность темы обусловлена тем, что расточные станки относятся к категории металлорежущего оборудования, работающего, как правило, в условиях интенсивных режимов резания, что сопровождается генерацией высоких уровней шума и вибрации, оказывающих неблагоприятное воздействие на операторов и окружающую производственную среду. В связи с ужесточением санитарно-гигиенических нормативов и переходом к концепции «зеленого» производства задача снижения шумности станочного парка приобретает первостепенное значение. Однако для разработки эффективных мероприятий по снижению шума необходимо располагать достоверными данными об источниках, уровнях и спектрах акустического излучения, полученными в реальных условиях эксплуатации.

## 1 Методика проведения исследований

Методика проведения экспериментальных исследований предусматривала выбор типовых представителей расточного оборудования, охватывающих все основные компоновочные схемы и размерные группы. Объектами измерений стали горизонтально-расточные станки моделей 2А620Ф1, 2А691, 2А692, отделочно-расточные станки моделей 285, 2А78Н, 2А710, координатно-расточные станки моделей 2421, 2431, 2Д450, 2Е440А, а также алмазно-расточные станки 278 и 280. Общее количество обследованных единиц оборудования составило несколько десятков экземпляров, что обеспечило репрезентативность выборки.

Измерения уровней звука проводились в условиях реальной производственной эксплуатации на предприятиях при выполнении различных технологических операций: сверления, растачивания, зенкерования и нарезания резьбы. Использовалась стандартная измерительная аппаратура, включающая прецизионные шумомеры с октавными фильтрами. Точки измерений располагались в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.050-86 на расстоянии 1 м от контуров оборудования и на высоте 1,5 м от уровня пола, что соответствует положению органов слуха оператора. Дополнительно проводились измерения в ближнем поле для локализации основных источников шума.

Регистрация параметров режимов резания осуществлялась по показаниям встроенных датчиков и данных технологической документации [3]-[5].

## 2 Результаты исследований

Результаты измерений показали, что уровни звука, создаваемые расточными станками, варьируются в широком диапазоне. На основании статистической обработки массива экспериментальных данных вся обследованная гамма станков может быть разделена на шесть групп по величине порождаемого шума. В первую группу попадают расточные станки, уровень шума которых не превышает 80 дБА, то есть находится в допустимых пределах. Вторую группу составляют станки, издающие звук в диапазоне от 80 до 85 дБА. К третьей издающие звук в диапазоне от 85 до 90 дБА, четвертой – от 90 до 95 дБА, пятой – от 95 до 100 дБА. Шестая группа - это станки, генерирующие шум более 100 дБА. Анализ частотных спектров показал, что максимум акустической энергии приходится на средне- и высокочастотные октавные полосы с частотами от 500 до 8000 Гц, что наиболее неблагоприятно с точки зрения слухового восприятия [6], [7].

Сопоставление полученных значений с требованиями гигиенических нормативов СанПиН 1.2.3685-21 выявило, что лишь в 5-15 % случаев уровни звука не превышают предельно допустимых значений (80 дБА). В остальных 85-95 % случаев фиксируется превышение нормативных уровней. Причем наибольшие превышения – от 19 до 26 дБА – зарегистрированы при выполнении операций чернового и получистового растачивания на станках большой мощности (от 37 до 55 кВт). Превышение на 15-18 дБА характерно для отделочно-расточных станков при обработке точных отверстий в корпусных деталях, а на 10-14 дБА – для координатно-расточных станков при выполнении ответственных операций.

По результатам измерений уровней звука гамма обследованных станков разбита на шесть групп. В частности, в первую группу, гистограмма распределения уровней приведена на рисунке 1, вошли следующие модели: 278 и 280 алмазно-расточного станки, а также координатно-расточные 2421, 2431, 2Д450.

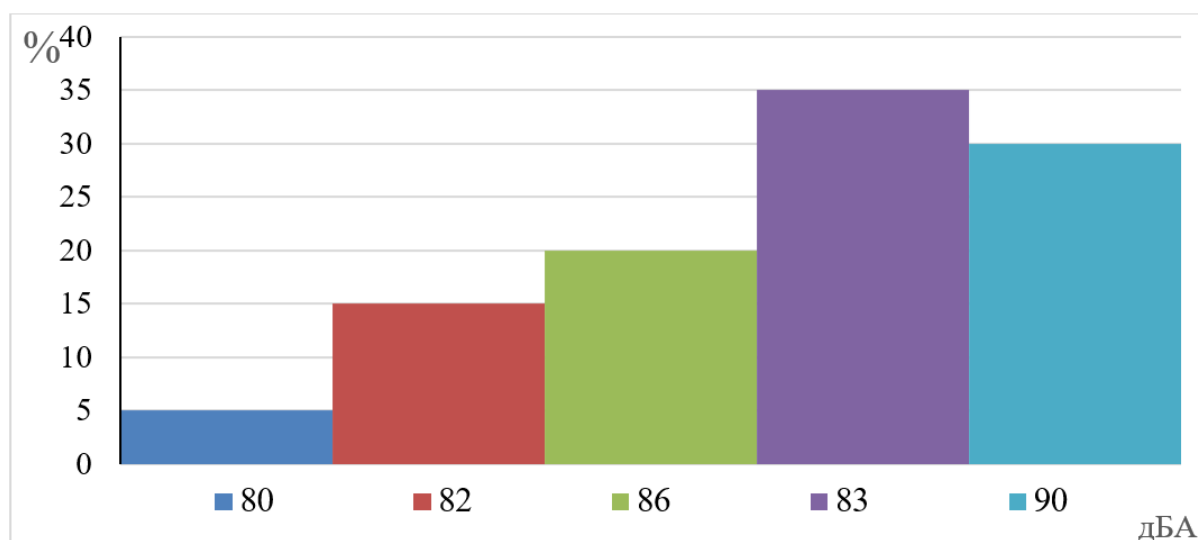


Рисунок 1 – Распределение уровней звука станков 1 группы

Фактически только 5 % ситуаций реализации технологических процессов уровни звука соответствуют предельно-допустимым значениям. В 15% ситуаций величины превышения уровней звука составляют 2 дБ, что соответствует погрешности проведения

эксперимента. В 20 % ситуаций уровни звука достигают значения 86 дБ дБА, что на 6 дБА превышает допустимое значение. Важно подчеркнуть, что эти данные относятся к сверлению отверстий диаметром 10 мм. Наиболее высокие показатели шума наблюдаются именно при сверлильных работах: в 35% вариантов уровень достигает 83 дБА, а в 30% – 90 дБА, что превышает предельно допустимые значения на 8 и 10 дБА соответственно.

Вторая группа включает горизонтально-расточные станки 2М615, отделочно-расточные с горизонтальным расположением шпинделя 2705, 2706, 2711, 2712, 2713, 2714; отделочно-расточные в вертикальном расположении шпинделя 2776, 2777, 2Е470. Гистограмма распределения уровней звука приведена на рисунке 2.

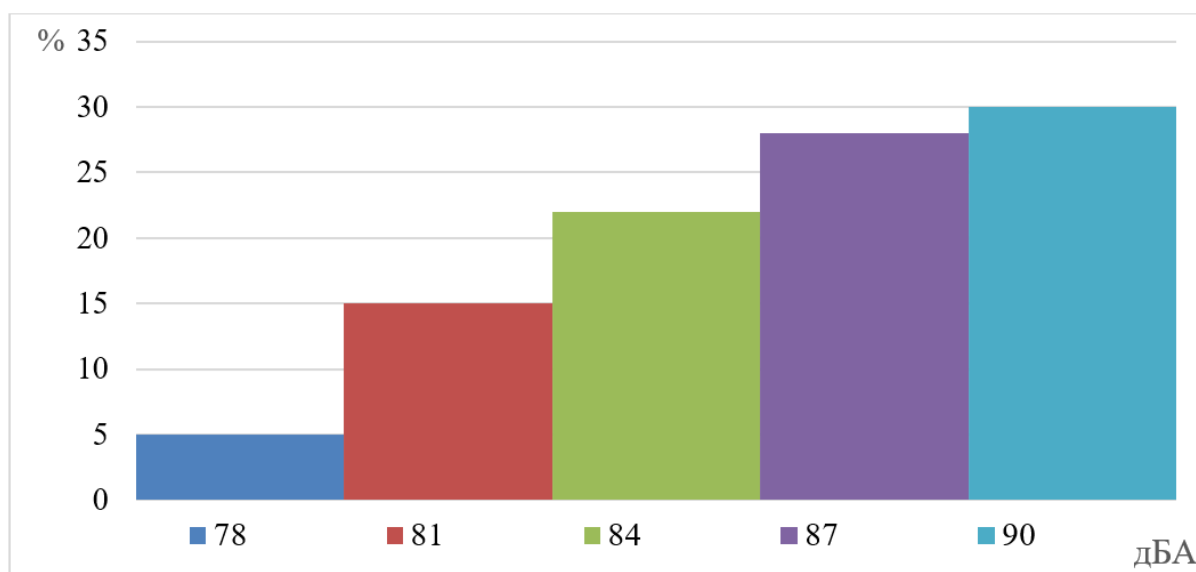


Рисунок 2 – Распределение уровней звука станков 2 группы

Аналогично приведенным выше данным измерений, для станков 2 группы только 5% реализаций технологических процессов уровни звука не превышают предельно допустимой величины. Следует отметить, что эти результаты получены при зенкеровании и нарезании резьбы, поскольку эти процессы выполняются при невысоких оборотах режущего инструмента. В 15 % случаев уровни звука достигают значений 84 дБА и, как в вышеуказанной 1 группе, что создается при сверлении заготовок. При выполнении расточных работ уровни звука достигают величин 87 дБА в 22% ситуаций, 90 дБА в 28% ситуаций и 93 дБА в 30% ситуаций. Таким образом, 80% ситуаций превышения уровней звука составляют 87-93 дБ и максимальным значениям (10-13 дБА) соответствуют 58%.

В третью группу входят горизонтально-расточные станки моделей 2622, координатно-расточный 2Е450 и двухсторонние алмазно-расточные модели 2706, 2А715, 2708, 2712, 2А716 и 2792. Распределение уровней звука отражено на рисунке 3. Для данной группы станков результаты измерений показали, что уровни звука превышают допустимое значение на 4-16 дБА. Лишь в 10% случаев уровни звука превышают 4 дБА, 15% ситуаций соответствуют превышению до 7 дБА, причем это соответствует процессу сверления, при котором превышение уровней звука достигает 4-5 дБА. В 55% ситуаций реализации процесса расточки зафиксированы превышения уровня звука 10-16 дБА, причем в 30% случаев превышения составляют 8-10 дБА, а в 25% – 13-16 дБА.

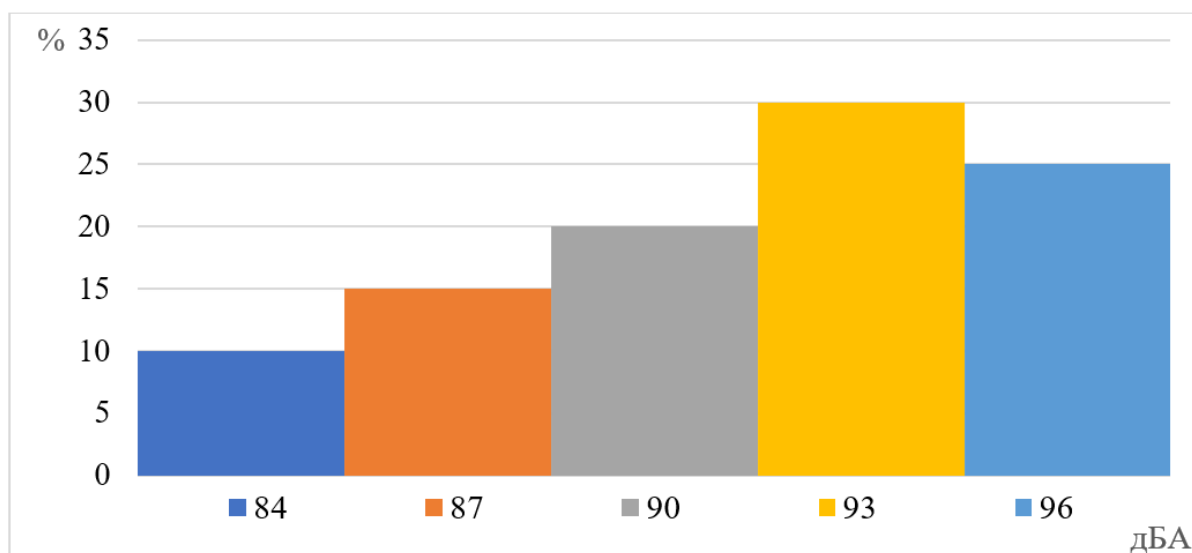


Рисунок 3 – Распределение уровней звука станков 3 группы

В четвертую группу входят станки горизонтально расточные моделей 2А620, 2Н614, 2620 мощность главного привода которых составляет от 8,3 до 11 кВт. Гистограмма распределения уровней звука приведена на рисунке 4.

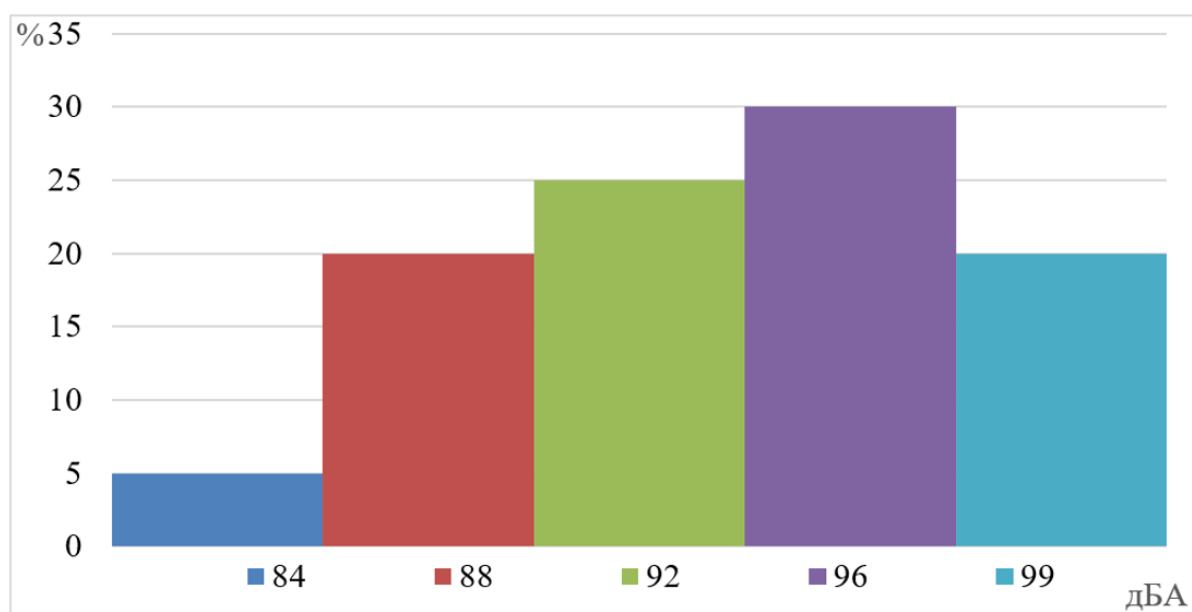


Рисунок 4 – Распределение уровней звука станков 4 группы

Для станков данной группы установлен разброс уровней звука в диапазоне 4-19 дБА. По процентному соотношению установлены следующие закономерности: в 5% ситуаций превышение составляет до 4 дБА, до 8 дБА – 20%, до 92 дБА – 25%, до 96 дБА – 30%, до 99 дБА – 20%. Следует отметить, что в 75% ситуациях уровни звука превышают предельно-допустимое значение на 10-19 дБА, что соответствует процессам растачивания. При сверлении уровни звука достигают значений 84-86 дБА, что соответствует превышению до 6 дБА.

В пятую группу станков входят горизонтально-расточные станки моделей 2636, 2637 и 2Е656, мощность привода главного движения которых составляет 19 кВт. Распределение уровней звука приведено на рисунке 5.

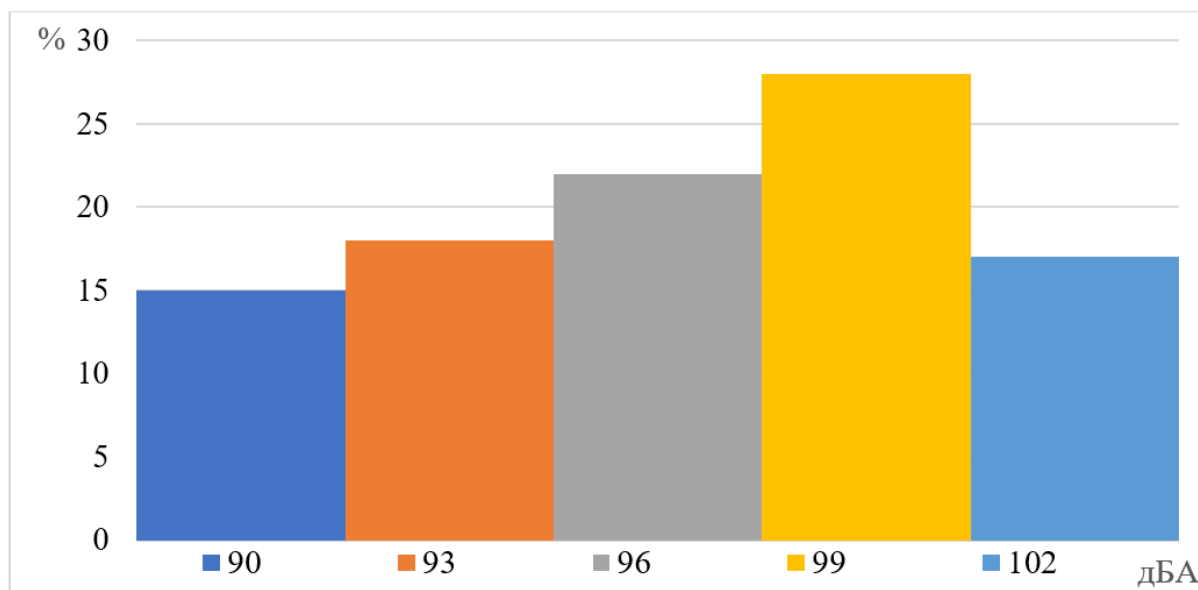


Рисунок 5 – Распределение уровней звука станков 5 группы

Диапазон превышений уровней звука составляет 7-22 дБА. До 10 дБА превышения зафиксированы в 15% ситуаций, до 13 дБА в 18%, до 16 дБА в 22%, до 19 дБА 28% и до 10 дБА в 17% ситуаций. Причем все вышеуказанные закономерности соответствуют процессам растачивания.

В шестую группу входят горизонтально расточные станки большой мощностью 2650, 2651 (мощность привода 37 кВт) и 2Б660 (мощность привода 55 кВт). Несмотря на значительные различия, в мощностях уровни звука данных станков практически равны, поскольку их соотношение по критерию:

$$\frac{N_1 n_1}{N_2 n_2} = \frac{800 \cdot 37}{510 \cdot 55} = 1,05(1)$$

где  $n_1$  и  $n_2$  – мощность привода станков 2651 и 2Б660, кВт соответственно;  $N_1$  и  $N_2$  – частоты вращения шпинделя,  $\text{мин}^{-1}$ .

Это объясняется конструктивными особенностями и режимами работы. Станок 2Б660, обладая более мощным приводом, работает при пониженных оборотах шпинделя ( $510 \text{ мин}^{-1}$ ), что смещает спектр шума в низкочастотную область, тогда как 2651 с меньшей мощностью (37 кВт) развивает  $800 \text{ мин}^{-1}$ , генерируя более высокочастотные вибрации. В результате интегральные уровни звукового давления оказываются сопоставимыми, хотя субъективно характер шума различен. Расчет по формуле (1) показывает, что разница в акустической энергоэффективности не превышает 5%, что находится в пределах погрешности измерений.

Гистограмма распределения уровней звука приведена на рисунке 6.

Уровни звука вышеуказанных станков достигают 106 дБА, что на 26 дБА превышает предельно допустимые величины. Следует отметить, что в 15% ситуаций уровни звука достигают 106 дБА, в 20 % 103 дБА (что на 23 дБА превышает допустимое значение), в 25% ситуаций до 100 дБА, в 15% – 97дБА, в 12% 94 – дБА, в 8% – 91 дБА и 5% – 88 дБА. Максимальные уровни, превышающие допустимое значение на 10-26 дБА, создаются в 93% ситуациях реализации технологических процессов растачивания для данной группы.

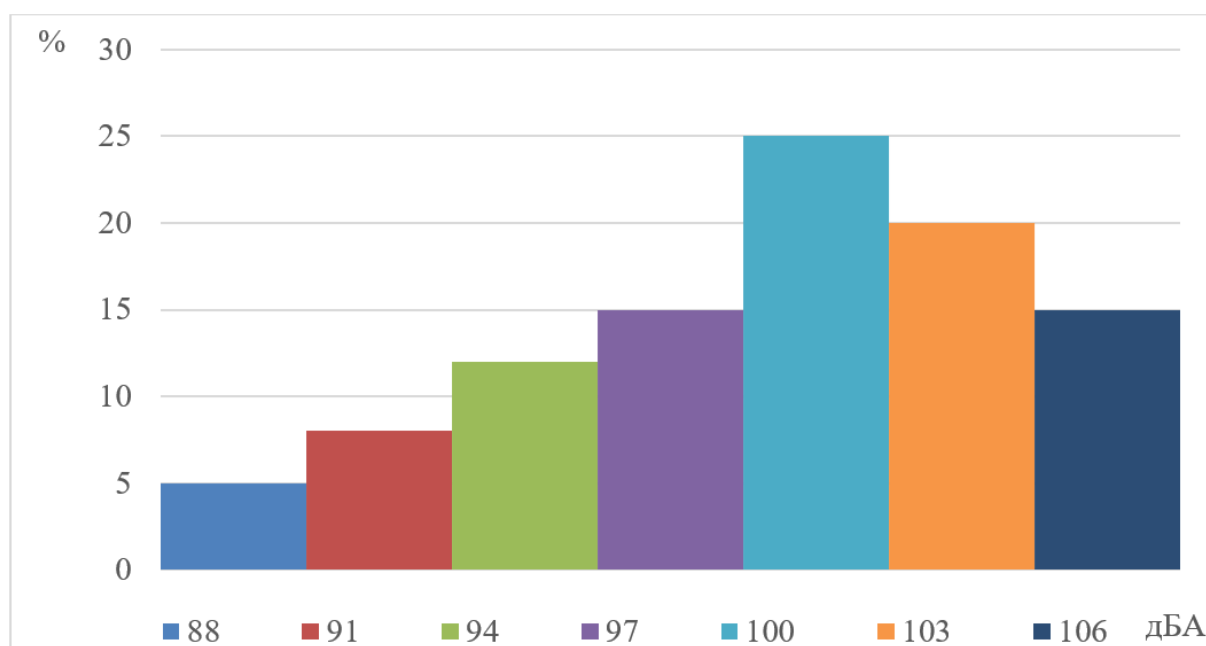


Рисунок 6 – Распределение уровней звука станков 6 группы

### Заключение

Таким образом, результаты экспериментальных исследований закономерностей распределения уровней звука в процессе эксплуатации гаммы расточных станков, показали, что фактически только не более, чем в 15% ситуаций уровни звука превышают допустимые значения до 8 дБА и это соответствует операциям сверления. Наиболее высокие уровни звука, превышающие предельно-допустимую величину до 26 дБА создаются при операциях растачивания [8]-[10].

Результаты работы могут быть использованы для оценки шумности эксплуатируемого оборудования, выбора рациональных режимов резания с точки зрения акустической безопасности, а также для разработки мероприятий по снижению шума на рабочих местах операторов расточных станков. Таким образом, экспериментальное исследование подтвердило нелинейный характер виброакустических процессов в расточных станках и их прямую зависимость от конструктивных особенностей.

### Список использованных источников

1. Баланова, М. В. Методика и техническое обеспечение проведения экспериментальных исследований по определению шума на рабочих местах / М.В. Баланова, Т.А. Финоченко, И.А. Яицков // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2019. – № 1(46). – С. 5-7. – ISSN 1818-5509
2. Финоченко, Т.А. Методика проведения экспериментальных исследований шума прутковых токарных автоматов / Т. А. Финоченко // Инновационные технологии в машиностроении и металлургии : Материалы IV Международной научно-практической конференции, Ростов-на Дону, 05-07 сентября 2012 года. – Ростов-на Дону: Донской государственный технический университет, 2012. – С. 263-268.
3. Стуженко, Н. И. Исследования и анализ закономерностей формирования акустических характеристик несущей системы станков расточной группы /

Н. И. Стуженко, А. Е. Шашурин, А. Н. Чукарин // *Noise Theory and Practice*. – 2025. – Т. 11, № 4(43). – С. 275-281.

4. Набоков, А.Е. Экспериментальные исследования шума на рабочих местах станочников резьбообрабатывающих и шлицефрезерных станков / А. Е. Набоков // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. – 2023. – № 5. – С. 77-84. – DOI 10.24412/2071-6168-2023-5-77-78.

5. Морозов, С.А. Экспериментальные исследования шума и вибрации при местном упрочнении деталей шарико-стержневым упрочнителем / С.А. Морозов, А.Н. Чукарин, Т.А. Финоченко // *Мониторинг. Наука и технологии*. – 2019. – № 1(39). – С. 65-69. – DOI 10.25714/MNT.2019.39.009.

6. Стуженко, Н. И. Анализ акустических характеристик при растачивании деталей типа колец / Н. И. Стуженко, А. Н. Чукарин, Т. А. Финоченко // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. – 2024. – № 9. – С. 239-243. – DOI 10.24412/2071-6168-2024-9-240-241.

7. Яицкова, Н. М. Снижение шума металлорежущих станков / Н. М. Яицкова, Т. А. Финоченко, И. Г. Переверзев // *Труды Ростовского государственного университета путей сообщения*. – 2020. – № 2(51). – С. 112-115.

8. Borisova A.V., Finochenko T.A., Finochenko V.A. The Use of the Expert Method in Solving the Issues of Choosing the Instrumentation of the Procedure for Controlling Production Factors. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; IOP Publishing ([Bristol, UK], England)* – 2021. Vol. 666, № 2. DOI:10.1088/1755-1315/666/2/022022.

9. Theoretical study of the vibration excitation and noise generation processes of the grinding wheels of thread and spline grinding machines / Kurchenko P.S., Shashurin A.E., Razakov Zh.P., Chukarin A.E. // *AKUSTIKA*. 2021 Vol. 39. С.175-178. DOI 10.36336/akustika202139173.

10. Исаев, А.Г. Исследования виброакустических характеристик в рабочей зоне оператора при абразивной обработке сварных швов / Чукарин А.Н., Бескопыльный А.Н., Исаев А.Г. // *Безопасность труда в промышленности*. 2019. – № 11 – С. 7-12. – DOI: 10.24000/0409-2961-2019-11-712.

## References

1. Balanova, M. V. Methodology and technical support for conducting experimental studies to determine noise in the workplace / M. V. Balanova, T. A. Finochenko, I. A. Yaitskov // *Proceedings of the Rostov State Transport University*. - 2019. - No. 1. - Pp. 5-7.

2. Finochenko, T. A. Methodology for conducting experimental studies of the noise of bar turning machines / T. A. Finochenko // *Innovative technologies in mechanical engineering and metallurgy: Proceedings of the IV International scientific and practical conference, Rostov-on-Don, September 5–7, 2012*. – Rostov-on-Don: Don State Technical University, 2012. – Pp. 263-268.

3. Stuzhenko, N. I. Research and analysis of patterns of formation of acoustic characteristics of the supporting system of boring machine tools / N. I. Stuzhenko, A. E. Shashurin, A. N. Chukarin // *Noise Theory and Practice*. - 2025. - Vol. 11, No. 4 (43). - Pp. 275-281.

4. Nabokov, A.E. Experimental studies of noise at the workplaces of thread-processing and spline-milling machine operators / A. E. Nabokov // *Bulletin of Tula State University. Technical sciences*. - 2023. - No. 5. - Pp. 77-84. - DOI 10.24412/2071-6168-2023-5-77-78.

5. Morozov, S. A. Experimental studies of noise and vibration during local hardening of parts with a ball-and-rod hardener / S. A. Morozov, A. N. Chukarin, T. A. Finochenko

// Monitoring. Science and Technology. - 2019. - No. 1 (39). - Pp. 65-69. - DOI 10.25714/MNT.2019.39.009.

6. Stuzhenko, N. I. Analysis of acoustic characteristics during boring of ring-type parts / N. I. Stuzhenko, A. N. Chukarin, T. A. Finochenko // Bulletin of Tula State University. Technical sciences. - 2024. - No. 9. - Pp. 239-243. - DOI 10.24412/2071-6168-2024-9-240-241.

7. Yaitskova, N. M. Noise reduction of metal-cutting machines / N. M. Yaitskova, T. A. Finochenko, I. G. Pereverzev // Transactions of Rostov State Transport University. - 2020. - No. 2 (51). - Pp. 112-115.

8. Borisova A.V., Finochenko T.A., Finochenko V.A. The Use of the Expert Method in Solving the Issues of Choosing the Instrumentation of the Procedure for Controlling Production Factors. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; IOP Publishing ([Bristol, UK], England) – 2021. Vol. 666, No. 2. DOI:10.1088/1755-1315/666/2/022022.

9. Theoretical study of the vibration excitation and noise generation processes of the grinding wheels of thread and spline grinding machines / Kurchenko P.S., Shashurin A.E., Razakov Zh.P., Chukarin A.E. // AKUSTIKA. 2021 Vol. 39. P.175-178. DOI 10.36336/akustika202139173.

10. Isaev, A.G. Research of vibroacoustic characteristics in the operator's working area during abrasive processing of welded seams / Chukarin A.N., Beskopylny A.N., Isaev A.G. // Occupational safety in industry. 2019. - No. 11 - P. 7-12. - DOI: 10.24000/0409-2961-2019-11-712.