

УДК 658.345 + 06

М. В. Гричишин, А. Н. Чукарин

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ШУМА ПРИ РАСТАЧИВАНИИ НА СВЕРЛИЛЬНО-ФРЕЗЕРНО-РАСТОЧНЫХ СТАНКАХ

Аннотация. В данной статье приведены результаты экспериментальных исследований спектров шума сверлильно-фрезерно-расточных станков, проведенные в условиях их промышленной эксплуатации при различных технологических нагрузках. Настоящая работа посвящена экспериментальному исследованию спектрального состава шума при растачивании. Целью исследования является определение основных частотных компонентов шума, генерируемого различными узлами и процессами станка, и оценка их влияния на общий уровень шума. В зависимости от технических характеристик этих станков при выполнении работ согласно технологическому регламенту определяются источники создающие повышенные уровни шума, к ним относятся резец, ползун и заготовка, а вот изучением станины можно пренебречь.

Ключевые слова: уровни звука, октавные уровни звукового давления, сверлильно-фрезерно-расточные станки, экспериментальные исследования

Для цитирования: Гричишин, М. В. Экспериментальные исследования спектрального состава шума при растачивании сверлильно-фрезерно-расточных станков / М. В. Гричишин, А. Н. Чукарин // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 3. – С. 24 – 32.

Сверлильно-фрезерно-расточные станки, являясь одним из основных видов металлообрабатывающего оборудования, генерируют значительный уровень шума, который оказывает негативное воздействие на здоровье и работоспособность персонала. Экспериментальные исследования спектрального состава уровней звукового давления при фрезеровании, сверлении и растачивании станков показали идентичность в закономерности распределения интенсивности звукового излучения по октавам. Интенсивность шума, создаваемого этими станками, обусловлена сложной кинематикой и динамикой процесса обработки, включающей вращение режущего инструмента, вибрации элементов конструкции, а также взаимодействие инструмента с обрабатываемым материалом. Различия наблюдаются только в уровнях звукового давления пропорциональных мощности привода главного движения (рис.1).

Одним из главных аспектов исследования является измерение уровней звукового давления в различных режимах работы станков. Современные методики позволяют детально анализировать спектры шумов, начиная от низких частот, характерных для колебаний основных узлов, до высокочастотных составляющих, порождаемых трением и резанием материалов. Анализ этих данных даёт возможность выявить закономерности в изменении параметров звука при смене скорости вращения шпинделя, подачи инструмента и обработки разных видов заготовок. Эти исследования имеют высокую актуальность не только для обеспечения комфорта операторов станков, но и для повышения общей экологической безопасности производственного процесса.

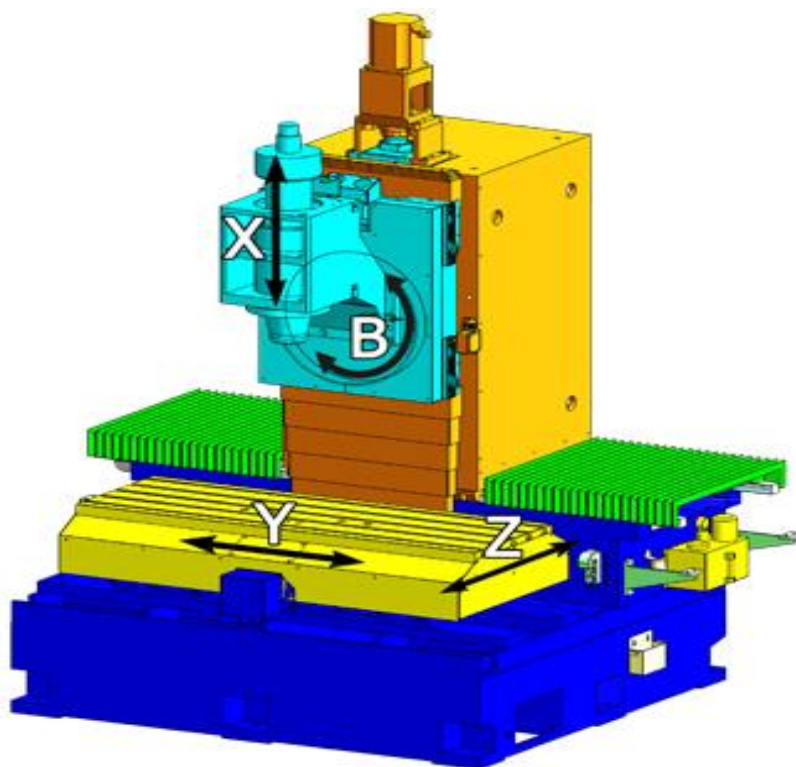


Рис. 1. Сверлильно-фрезерно-расточный станок

Процесс растачивания значительно изменяет характер спектра шума. В рабочем режиме измерялись уровни звукового давления при растачивании длиномерных втулок с различными диаметрами отверстия и толщиной стенки: $\varnothing 250 \times 50$ мм и $\varnothing 350 \times 10$ мм (в дальнейшем детали № 1 и № 2). Измерения проводились на рабочем месте станочника при открытом и закрытом ограждении зоны резания, со стороны растачиваемого отверстия противоположного шпинделю; со стороны растачиваемого отверстия со стороны коробки скоростей; снизу заготовки; сверху над заготовкой; сзади станка; внутри растачиваемых отверстий. Результаты измерений, проведенных на рабочем месте приведены на рис. 2 и 3.

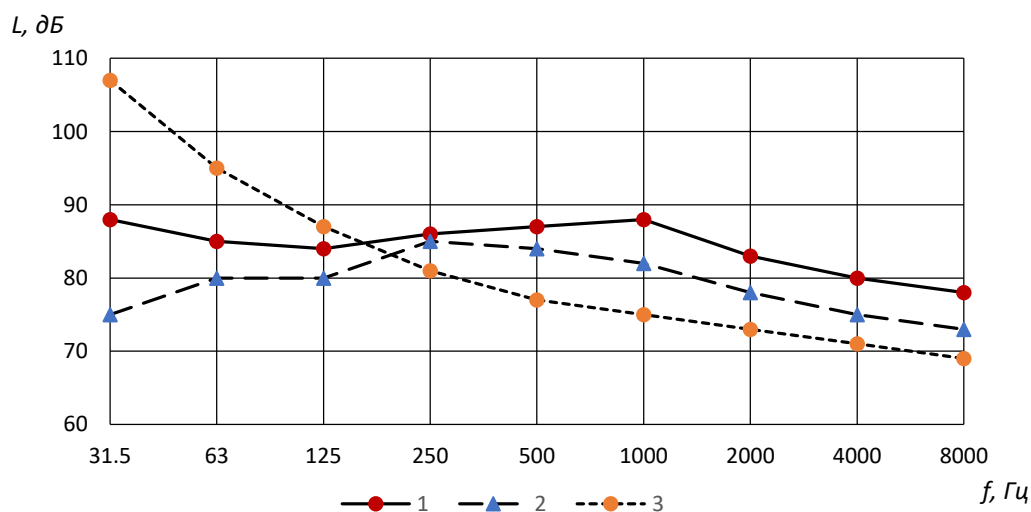


Рис. 2. Спектры шума при растачивании детали № 1:

1 – при открытом ограждении; 2 – при закрытом ограждении; 3 – спектр предельно-допустимого уровня

Уровни звукового давления превышены в области частот 250 — 8000 Гц. При открытом ограждении уровни звукового давления достигают 87 дБ в шестой октаве, в пятой — 85 дБ и седьмой — 83 дБ, в восьмой — 80 дБ, в девятой — 70 дБ. При закрытом ограждении (соответственно) 87 дБ, 81 дБ, 78 дБ, 75 дБ и 73 дБ.

При растачивании деталей № 2 (рис. 3) спектр шума имеет практически идентичный характер, но уровни звукового давления по октавам увеличиваются на 3 – 6 дБ. В этом случае уровни звукового давления при открытом и закрытом ограждении составляют (соответственно): в четвертой октаве 86 и 82 дБ, в пятой 90 и 85 дБ, в шестой 91 и 87 дБ, в седьмой 90 и 85 дБ, в восьмой 88 и 83 дБ, в девятой 84 и 78 дБ. Таким образом, минимальные величины превышений уровней звукового давления составляют 16 дБ при открытом ограждении и 12 дБ при закрытом.

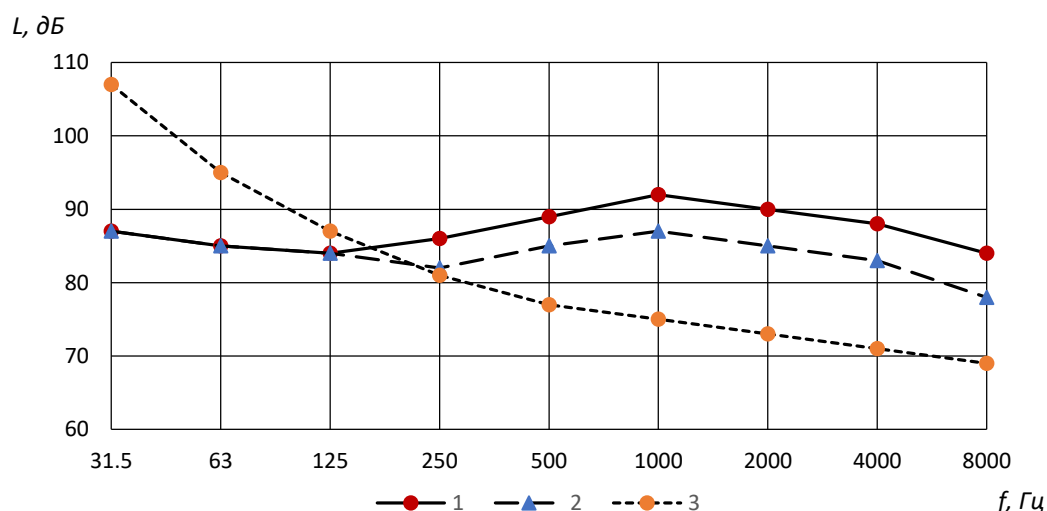


Рис. 3. Спектры шума при растачивании детали № 2:

1 – при открытом ограждении; 2 – при закрытом ограждении; 3 – спектр предельно-допустимого уровня

Спектры шума, у торца растачиваемых деталей № 1 и № 2 противоположного корпусу коробки скоростей приведены на рис. 4 и 5 (соответственно).

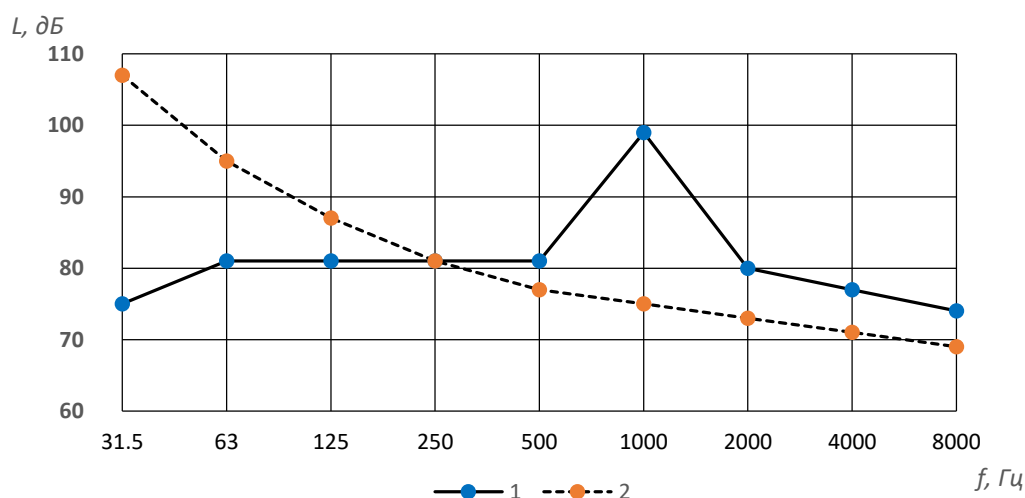


Рис. 4. Спектр шума при растачивании детали большего диаметра:

1 – около отверстия большего диаметра; 2 – спектр предельно-допустимого уровня

В области частот 31,5-250 Гц характер спектра шума идентичен холостому ходу. Изменяется только интенсивность звукового излучения – уровни шума возрастают 3-5 дБ, что объясняется увеличением вибраций несущей системы станка от воздействия сил резания. Существенно изменяется спектральный состав в частотном диапазоне 500 – 8000 Гц. Превышение октавного уровня звукового давления на среднегеометрической частоте 500 Гц составляет 4 дБ. Особо следует отметить то, что характер спектра шума приближается к тональному. Действительно, максимальный уровень звукового давления зафиксирован в шестой октаве и превышение над предельно- допустимым значением составляет 24 дБ. Уровни звукового давления в пятой и седьмой октавах 7 и 9 дБ (соответственно) ниже. Нормативные величины превышены на 7 дБ в седьмой октаве, на 5 дБ – в восьмой и на 4 дБ – в девятой. Спад к интенсивности звукового излучения составляет в восьмой и девятой октавах 5 и 4 дБ. Характер спектра шума детали № 2 (рис. 5) практически полностью идентичен предыдущему.

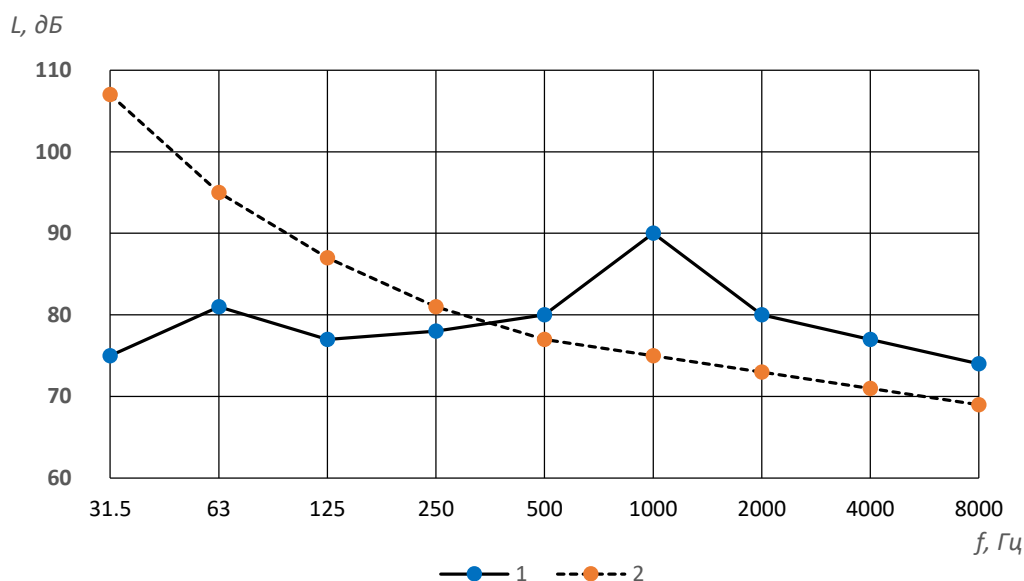


Рис. 5. Спектр шума при растачивании детали отверстия малого диаметра:
1 – около отверстия меньшего диаметра; 2 – спектр предельно-допустимого уровня

Максимальный уровень звукового давления, превышающий норматив на 16 дБ, также расположен в шестой октаве. Уровни звукового давления в пятой и седьмой октавах фактически на 10 дБ меньше. Фактически интенсивность звукового излучения в шестой октаве и определяет уровень звука (дБА). Превышения уровней звукового давления над нормативом составляет 9 дБ в седьмой октаве, 7 дБ – в восьмой и 6 дБ – в девятой. Таким образом, при полной идентичности спектрального состава уровни звукового давления возле отверстия меньшего диаметра на 2 дБ больше, чем у отверстия большего диаметра. Эти данные объясняются тем, что интенсивность звукового излучения возрастает при уменьшении изгибной жесткости расточной борштанги и воздушного объема растачиваемого отверстия. Эти данные наглядно подтверждаются результатами измерений уровней шума внутри отверстий корпуса как при нарезании отверстия (рис. 6).

Действительно, в отверстии меньшего диаметра уровни звукового давления на 3 – 5 дБ меньше, чем в отверстии большего диаметра практически во всем частотном диапазоне, за исключением второй и восьмой октав, в которых уровни шума равны между собой. Влияние звукового излучения, из растачиваемого отверстия, создаваемого возбуждением внутреннего воздушного объема, также наглядно подтверждается измерениями возле торца растачиваемых деталей (рис. 7 и 8) со стороны борштанг.

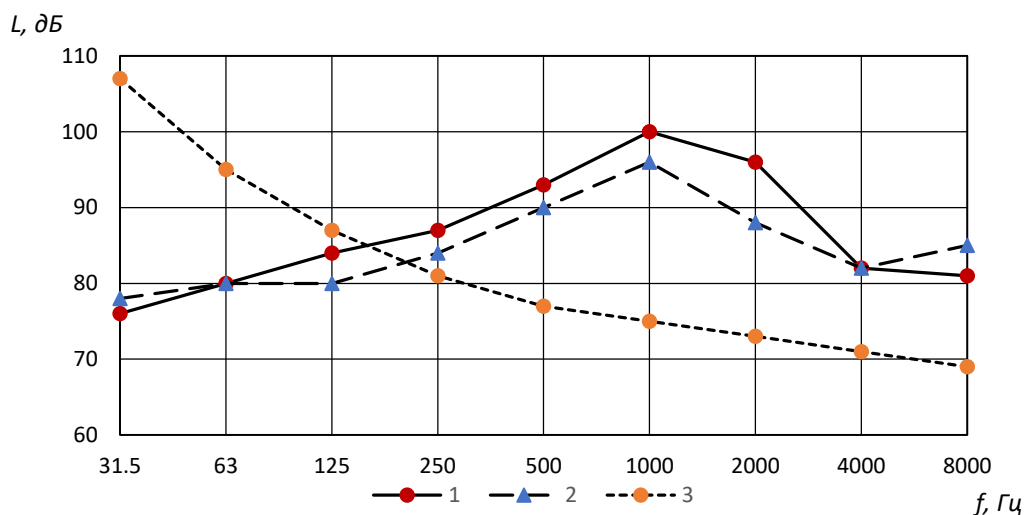


Рис. 6. Спектры шума при растачивании отверстий:

1 – большего диаметра; 2 – меньшего диаметра; 3 – спектр предельно-допустимого уровня

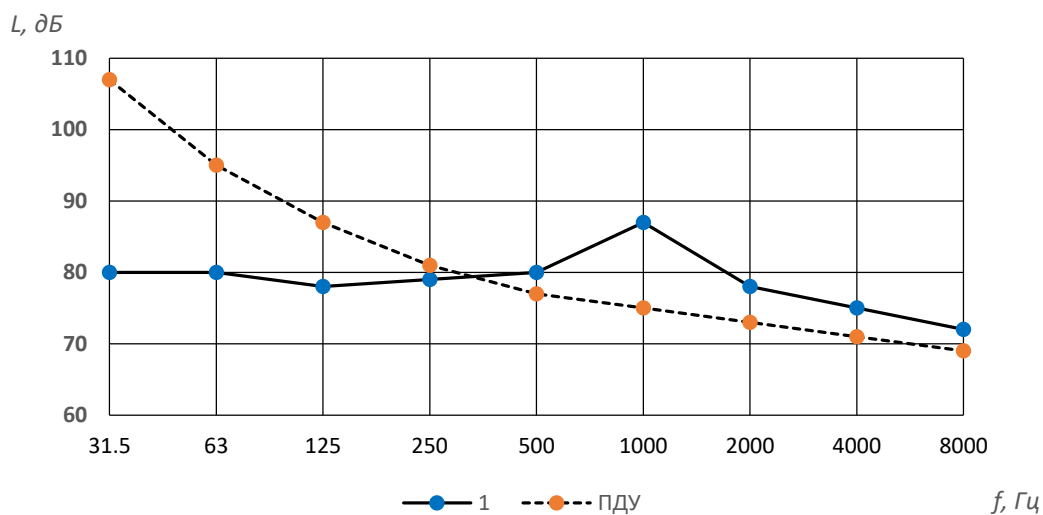


Рис. 7. Спектры шума со стороны борштанг при растачивании отверстий:

1 – отверстия малого диаметра; 2 – спектр предельно-допустимого уровня

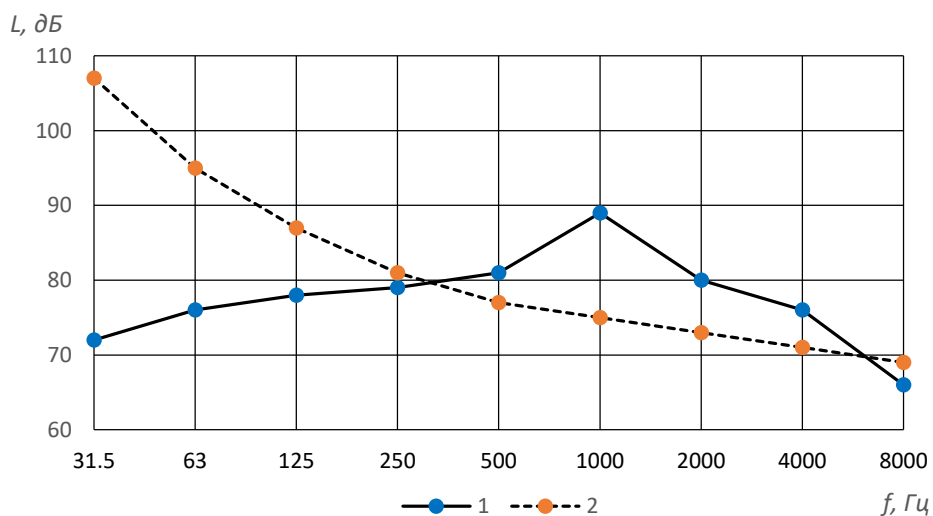


Рис. 8. Спектры шума со стороны борштанг при растачивании отверстий:

1 – возле отверстия большого диаметра; 2 – спектр предельно-допустимого уровня

Уровни звукового давления на 2-5 дБ ниже, чем в точке 3, но превышают предельно-допустимые на 12 дБ в шестой октаве. Следует отметить также близкий к тональному характеру спектра, т.к. в пятой октаве уровень звукового давления на 10 дБ ниже, а в седьмой на 8 дБ. Аналогичные результаты показали измерения уровней шума и в точке 5 (рис. 8).

В этой точке превышение уровней звукового давления над нормативными значениями составляет 5 – 14 дБ, причем максимальное значение уровня звукового давления достигает также в шестой октаве, а уменьшение уровней в пятой и седьмой октавах составляет 8 дБ. Спектры шума, измеренные сверху и сбоку детали над растачиваемым корпусом представлены на рис. 9 и 10.

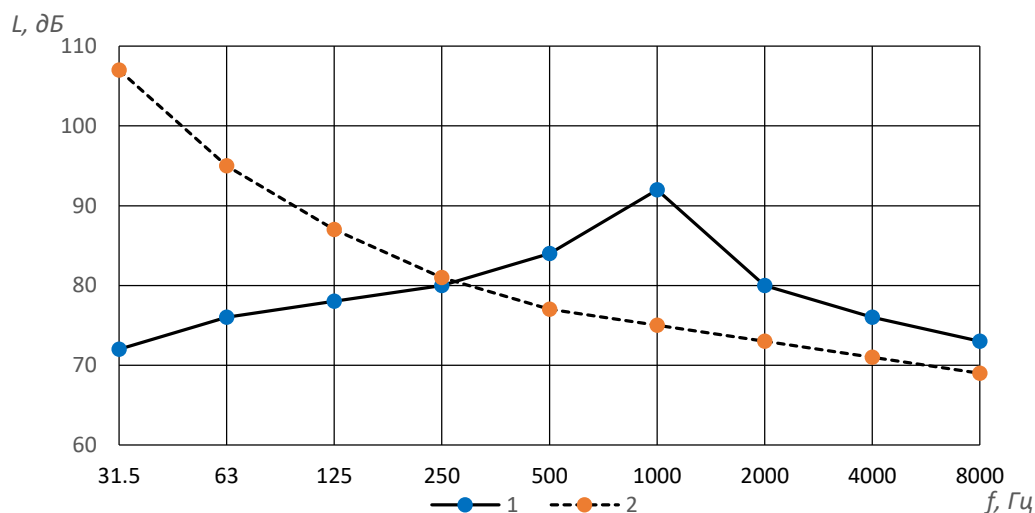


Рис. 9. Спектр шума при растачивании детали:

1 – над растачиваемым корпусом; 2 – спектр предельно-допустимого уровня

Результаты измерений показали, что спектр шума снаружи детали характеризуется более равномерным распределением интенсивности. Действительно, спектр шума детали имеет ярко выраженный широкополосный характер и превышение уровней звукового давления над санитарными нормами составляют от 4 до 8 дБ, в интервале частот 500 – 8000 Гц, т.е. разница в уровнях спектра не превышает 4 дБ.

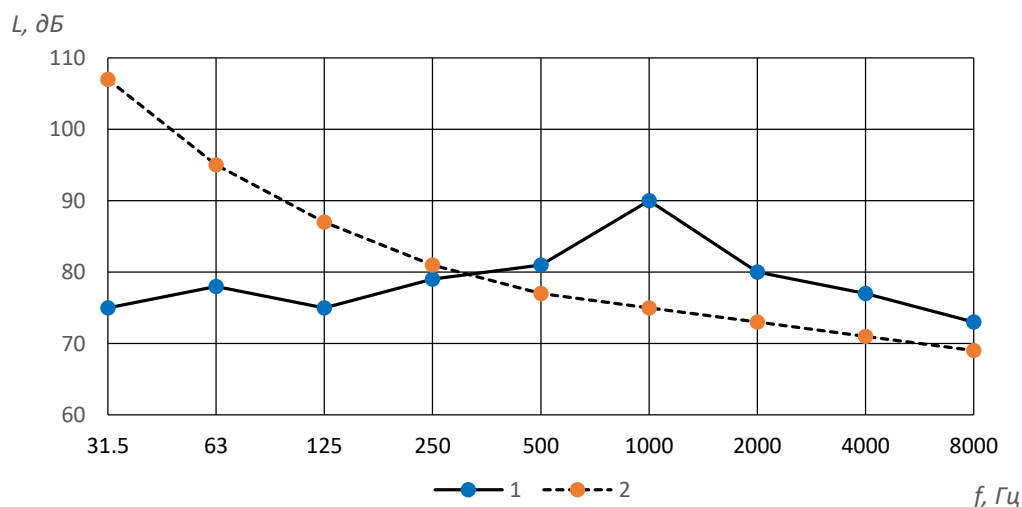


Рис. 10. Спектры шума при растачивании детали:

1 – возле боковой поверхности корпуса; 2 – спектр предельно-допустимого уровня

Следует отметить практически полностью аналогичные закономерности в распределении интенсивности. Разница в условиях звукового давления в сравнении с данными рис. 9 находится в пределах точности измерения.

Спектры шума, измеренные возле привода внутри ограждения, также имеют широкополосный характер. Уровни звукового давления превышают норматив на 3-5 дБ. В этой точке уровни звукового давления превышают нормативные значения только в шестой и седьмой октавах на 5 и 2 дБ (соответственно). Эти данные объясняются тем, что на формирование акустических характеристик в данной точке со стороны режущего инструмента и растачиваемого корпуса оказывает влияние дифрагирующий звук.

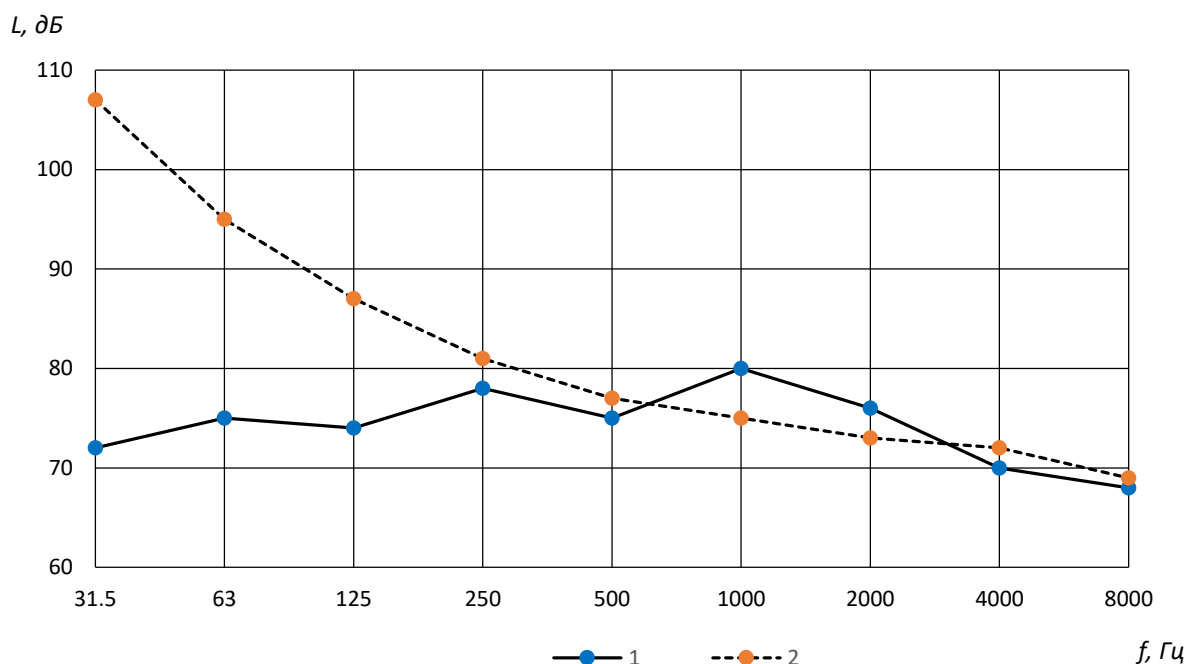


Рис. 11. Спектр шумасоздаваемого приводом внутри ограждения:
1 – привода внутри ограждения; 2 – спектр предельно-допустимого уровня

Таким образом, анализ результатов измерений акустических характеристик показал, что повышенные уровни звукового давления на рабочем месте оператора создаются подсистемой «режущий инструмент – растачиваемая деталь».

Следует отметить, что аналогичные эксперименты, проведенные на стенке 2206 показали, что уровни звукового давления на 2-3 дБ ниже, чем у ИР320ПМФ4 при открытом ограждении. У станка 2254 практически не отличаются по интенсивности излучаемой звуковой энергии. Наиболее высокие уровни шума зафиксированы на рабочих местах станков модели 2623ПМФ4, которые на 2 дБ выше, чем у станка ИР320ПМФ4 с открытым ограждением.

Выводы. Из проведенных исследований можно сделать вывод, что звуковым излучением станины в формировании звукового поля станка в целом можно пренебречь, что фактически подтверждает теоретические выводы о закономерностях формирования виброакустических характеристик сверлильно-фрезерно-расточных станков. Экспериментальные исследования спектрального состава шума при растачивании на сверлильно-фрезерно-расточных станках позволили выявить основные источники шума и определить доминирующие частотные компоненты в спектре шума. Полученные результаты могут быть использованы для разработки эффективных методов снижения шума и повышения комфортности рабочих мест.

Библиографический список

1. **Тащиян, А. А.** Актуальные проблемы обеспечения охраны труда на производстве / М. Э. Цаболова, А. А. Тащиян, Т. А. Финоченко, И. А. Яицков // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 1(66). – С. 100-104. – EDN BSRDEM.
2. **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. – С. 5-7. – EDN MKAIVJ.
3. **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 – EDN ZQYSLR.
4. **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. – EDN JDVMJB.
5. **Раздорский, С. А.** Характеристики шумового дискомфорта в рабочей зоне прутковых токарных станков /, Т. А. Финоченко, А. Н. Чукарин, И. А. Яицков // Мониторинг. Наука и технологии. – 2018. – № 3(36). – С. 81-84. – EDN YCMIFF.
6. **Чукарин, А. Н.** Теория и методы акустических расчетов и проектирования технологических машин для механической обработки / А. Н. Чукарин. – Ростов-на-Дону : Издательский центр ДГТУ, 2004. – 152 с. – ISBN 5-7890-0326-5.
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. – EDN BIWPKX.

M. V. Grichishin, A. N. Chukarin

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE SPECTRAL COMPOSITION OF NOISE DURING BORING ON DRILLING-MILLING-BORING MACHINES

Abstract. This article presents the results of experimental studies of noise spectra of drilling-milling-boring machines, conducted under the conditions of their industrial operation under various technological loads. This work is devoted to the experimental study of the spectral composition of noise during boring. The purpose of the study is to determine the main frequency components of noise generated by various units and processes of the machine, and to assess their impact on the overall noise level. Depending on the technical characteristics of these machines, when performing work according to the technological regulations, sources creating increased noise levels are determined, these include the cutter, the slider and the workpiece, but the study of the bed can be neglected.

Keywords: sound levels, octave sound pressure levels, drilling-milling-boring machines, experimental studies

For citation: Grichishin, M. V. Experimental Studies of the Spectral Composition of Noise During Boring of Drilling-Milling-Boring Machines / M. V. Grichishin, A. N. Chukarin // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobseniya. – 2025. – № 3. – P. 24 – 32.

Сведения об авторах**Гричишин Максим Владимирович**

Ростовский филиал Академии
стандартизации, метрологии и сертификации,
кафедра «Стандартизация, сертификация и
управление качеством»,
старший преподаватель

Чукарин Александр Николаевич

Ростовский государственный университет
путей сообщения (РГУПС),
кафедра «Безопасность жизнедеятельности»,
доктор технических наук, профессор,
профессор

Information about the authors**Grichishin Maxim Vladimirovich**

Rostov Branch of the Academy of
Standardization, Metrology and
Certification,
Chair «Standardization, Certification and
Quality Management»,
Senior Lecturer

Chukarin Alexander Nikolaevich

Rostov State Transport University (RSTU),
Chair «Life Safety»,
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Professor