

УДК 613.644

## **АНАЛИЗ УРОВНЯ ШУМА ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ ДРЕВЕСИНЫ**

© *С.А. Черепанов, асп.*

*Д.А. Лужанский, асп.*

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,  
наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия, 163002;  
e-mail: serg-edu@yandex.ru; arov-dm@mail.ru

Шум является одним из основных вредных производственных факторов в деревообработке. Фрезерные деревообрабатывающие станки имеют высокий уровень шума, превышающий санитарные нормы, однако данные о шумовых характеристиках современных фрезерных станков при высоких частотах практически отсутствуют. Проанализировано влияние режимов резания, породы древесины и числа зубьев фрезы на уровень и спектр шума при высокоскоростном фрезеровании древесины. Эксперименты проведены на современном обрабатывающем центре с числовым программным управлением и использованием измерительного микрофона и анализатора. Записаны 1/3-октавные уровни звукового давления при обработке заготовок из сосны и дуба двух- и шестизубыми фрезами на различных режимах резания, а также фонового уровня шума в цехе и компрессора станка. Анализ экспериментальных данных показал, что в спектре шума при низких частотах вращения доминирует частота врезания зубьев, на высоких – частота вращения. При фрезеровании двузубой фрезой в спектре преобладают частоты врезания зубьев и вращения шпинделя, при фрезеровании шестизубой фрезой – частота вращения шпинделя. Уровень шума при фрезеровании дуба выше, чем при фрезеровании сосны. Уровень шума при высокоскоростном фрезеровании на 2...17 дБ превышает фоновый уровень шума в цехе, при этом в большинстве случаев уровень шума при резании ниже уровня шума, создаваемого компрессором станка. При наиболее производительных режимах резания с использованием шестизубой фрезы уровень шума всего на 3...6 дБ выше фонового, что позволяет использовать такие фрезы при высокоскоростном фрезеровании.

*Ключевые слова:* фрезерование древесины, спектр шума, уровень звукового давления, частота врезания зубьев, режимы резания.

Обеспечение безопасных условий труда является одной из наиболее важных задач на деревообрабатывающем производстве. Среди вредных производственных факторов важное место занимает шум. Деревообрабатывающие станки характеризуются высокими уровнями звукового давления, зачастую превышающими санитарные нормы, поэтому проблема исследования уровня шума деревообрабатывающих станков и разработки мероприятий по его снижению является актуальной. Основные методы исследования и анализа уровня шума, возникающего при работе различного оборудования, рассмотрены в работах [1, 2]. Шумовые характеристики деревообрабатывающего оборудования проанализированы в работах [3, 4]. Так, авторы работы [3] измеря-

ли уровень шума на рабочих местах и установили, что он составляет 82...110 дБА (меньшие значения соответствовали фрезерным станкам, большие – рейсмусовым), т. е. имеет место превышение нормы (80 дБА). Это вызвано, в частности, высокими скоростями резания древесины, достигающими 30...50 м/с за счет повышения частоты вращения шпинделя. Современные деревообрабатывающие станки с числовым программным управлением (ЧПУ) имеют частоты вращения шпинделя свыше 20 тыс. об/мин. Однако данные о шумовых характеристиках станков на таких частотах практически отсутствуют. Как правило, производитель указывает уровень шума только на одном из режимов работы станка. Поэтому представляет интерес проанализировать уровень шума при высокоскоростном фрезеровании. Для решения данной задачи было проведено экспериментальное исследование уровня и спектра шума в зависимости от режимов резания и числа зубьев инструмента.

Цель исследования – сравнительный анализ зависимости уровня и спектра шума от режимов резания, числа зубьев фрезы и породы древесины при работе фрезерного станка в условиях действующего производственного цеха. Задача оценки уровня шума на рабочем месте оператора станка не ставилась.

Эксперимент проходил на обрабатывающем центре BIESSE ROVER 20, имеющем следующие характеристики: мощность главного привода – 6,6 кВт, частота вращения шпинделя 1 тыс... 24 тыс. об/мин. Для измерений использовали аппаратуру фирмы «Брюль и Кьер».

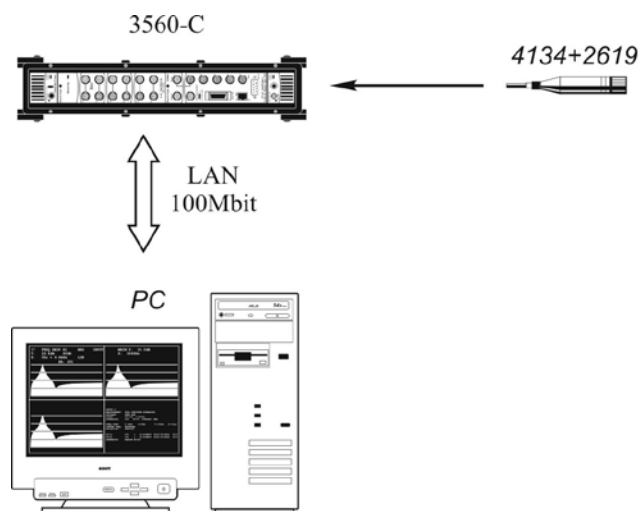


Рис. 1. Измерительная схема

Схема измерительного тракта представлена на рис. 1. Измерительный микрофон (мод. 4134) с предусилителем (мод. 2619) устанавливали на штативе на расстоянии 1 м от зоны резания. По высоте от пола микрофон был установлен на одном уровне с заготовкой на столе станка. Запись сигнала с мик-

рофона в ПК производили с помощью анализатора (мод. 3560-С). Экспериментальная установка представлена на рис. 2. В связи с тем, что типовые концевые фрезы имеют 2-3 зуба, для исследования влияния числа зубьев на уровень шума были спроектированы и изготовлены фрезы диаметром 30 мм с числом зубьев 2 и 6.



Рис. 2. Экспериментальная установка

В качестве входных параметров использовали: число зубьев фрезы  $z$ , ориентация волокон заготовки относительно направления подачи  $\varphi$  ( $0^\circ$  соответствует подаче вдоль,  $90^\circ$  – поперек волокон), подача на зуб  $S$ , частота вращения шпинделя  $n$ , глубина резания  $t$ , порода древесины (сосна и дуб). В качестве выходного параметра измеряли 1/3-октавные уровни звукового давления в диапазоне частот 20...3150 Гц, по которым в дальнейшем определяли общий уровень шума, а также уровень шума, скорректированный по шкале А.

Поскольку исследование проводили в действующем цехе, возможность отключить фоновые источники шума (другие станки и системы вентиляции) отсутствовала, т. е. на измеряемый собственный уровень шума работающего станка накладывался фоновый уровень шума в цехе. Поэтому предварительно был проведен замер фонового уровня шума от работающего оборудования в

цехе. Его величина составила 74,62 дБ (72,74 дБА). Спектр фонового шума представлен на рис. 3.

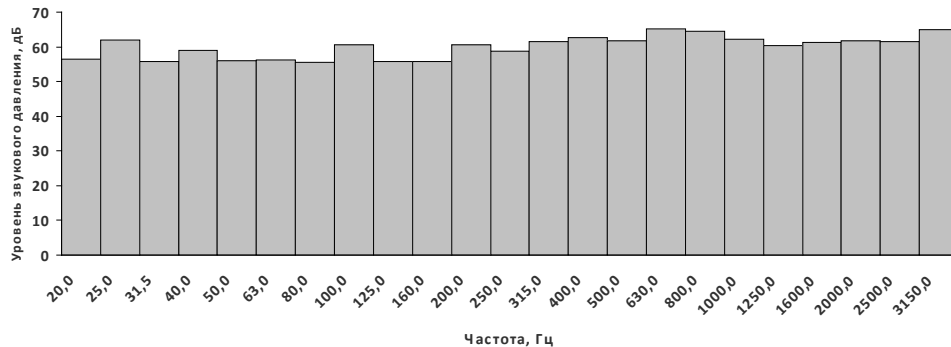


Рис. 3. 1/3-октавные уровни звукового давления фонового шума в цехе

Обработывающий центр, на котором проводили эксперименты, для закрепления заготовок оснащен вакуумным столом. Для создания вакуума использовался компрессор, расположенный рядом со станком и являющийся мощным источником шума. Согласно замерам уровень шума компрессора более чем на 10 дБ превышает фоновый уровень шума работающего оборудования в цехе и составляет 87,46 дБ (85,87 дБА). Спектр шума компрессора представлен на рис. 4.

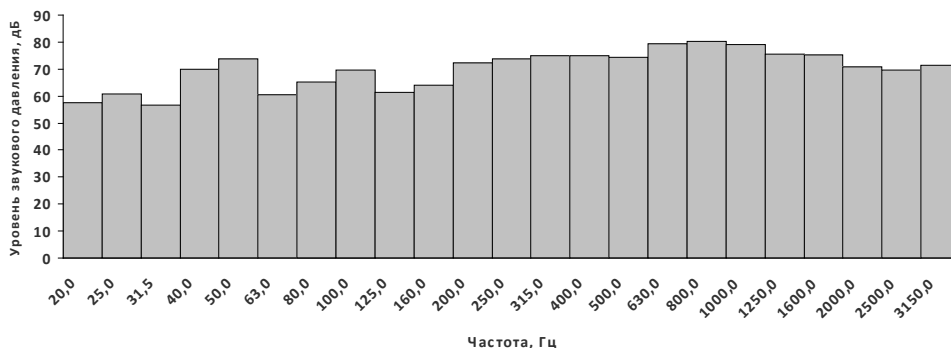


Рис. 4. 1/3-октавные уровни звукового давления шума компрессора

Чтобы устранить влияние шума компрессора на замеры уровня шума при резании, эксперимент проводили в моменты, когда компрессор периодически отключался. Результаты экспериментов представлены в таблице, из данных которой видно, что уровень шума при фрезеровании превышает фоновый уровень шума в цехе на 2...17 дБ в зависимости от режимов резания, при этом при обработке дуба уровень шума в среднем выше, чем при обработке сосны. Представляет интерес тот факт, что при наиболее производительных режимах резания (шестизубая фреза,  $n = 15000$  об/мин,  $S = 0,18$  мм/об) уровень шума превышал фоновый всего на 3...6 дБ (с учетом коррекции по шкале А). Следует отметить, что уровень шума в большинстве из режимов ниже уровня шума, создаваемого работой компрессора станка.

## Результаты экспериментов

Число зубьев фрезы	Ориентация волокон заготовки, град	Подача на зуб, мм/зуб	Частота вращения, тыс. об/мин	Глубина резания, мм	Уровень звукового давления при фрезеровании			
					сосны		дуба	
					дБ	дБА	дБ	дБА
2	0	0,06	5	6	81,00	77,21	82,16	77,51
6				83,09	79,67	82,61	78,20	
2	90			2	78,32	75,44	83,29	77,27
6				85,14	80,57	86,08	80,85	
2	0	0,18		2	77,38	74,64	81,30	76,10
6				83,57	80,57	83,51	80,74	
2	90			6	83,90	78,72	87,74	80,37
6				79,74	76,37	83,83	77,93	
2	0	0,06	15	2	84,65	78,19	84,95	81,24
6				81,50	79,09	84,74	78,17	
2	90			6	88,04	85,04	93,03	89,88
6				88,87	86,83	84,48	78,32	
2	0	0,18		6	87,03	84,58	88,83	85,68
6				81,47	78,53	83,40	75,79	
2	90			2	84,17	80,83	87,38	84,07
6				81,05	77,55	84,53	77,47	

Анализ спектров шума показал следующее. При частоте вращения шпинделя 5 тыс. об/мин (при фрезеровании как двузубой, так и шестизубой фрезой) в спектре присутствует подъем уровня на частоте врезания зубьев (рис. 5). При фрезеровании двузубой фрезой с частотой вращения 15 тыс. об/мин видны два подъема уровня: первый, более сильный – на частоте врезания зубьев, второй – на частоте вращения шпинделя (рис. 6). При фрезеровании шестизубой фрезой с частотой вращения 15 тыс. об/мин присутствует некоторый подъем уровня на частоте вращения шпинделя, на частоте врезания зубьев подъем уровня отсутствует (рис. 7). Подъем уровня шума на частотах 20...25 Гц на рис. 7 обусловлен, по всей видимости, работой цеховой системы вентиляции. На всех режимах присутствует некоторый подъем уровня на частоте 500 Гц, соответствующей одной из резонансных частот шпиндельного узла.

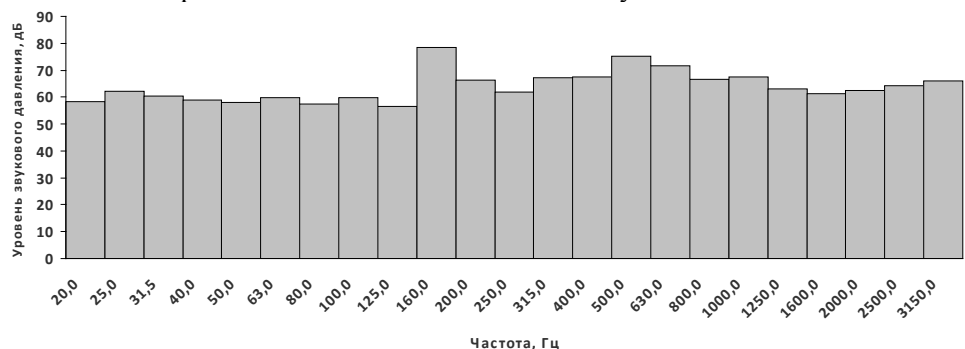


Рис. 5. 1/3-октавные уровни звукового давления шума при резании ( $n = 5$  тыс. об/мин;  $S = 0,06$  мм/зуб;  $t = 6$  мм;  $z = 2$ ; подача вдоль волокон; дуб)

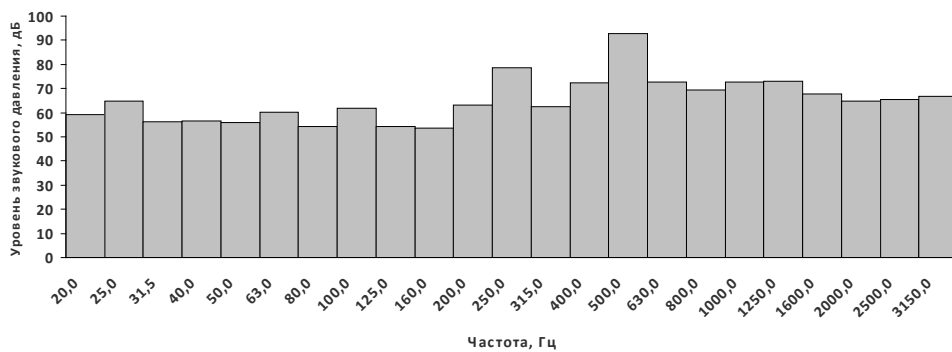


Рис. 6. 1/3-октавные уровни звукового давления шума при резании ( $n = 15$  тыс. об/мин;  $S = 0,06$  мм/зуб;  $t = 6$  мм;  $z = 2$ ; подача поперек волокон; дуб)

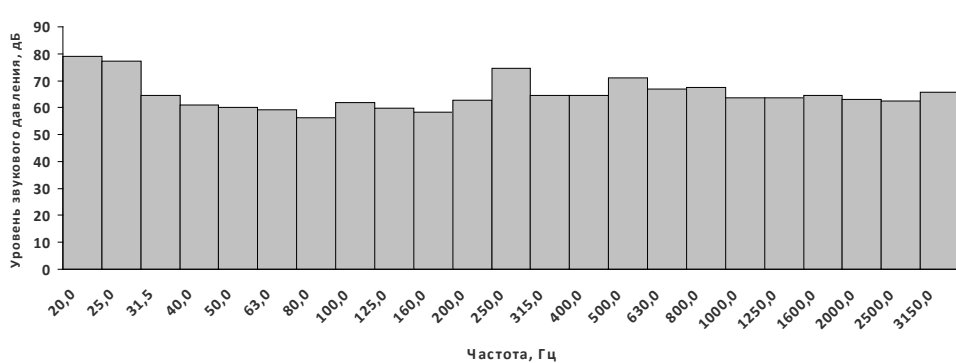


Рис. 7. 1/3-октавные уровни звукового давления шума при резании ( $n = 15$  тыс. об/мин;  $S = 0,18$  мм/зуб;  $t = 2$  мм;  $z = 6$ ; подача вдоль волокон; дуб)

### Выводы

1. При частоте вращения 5 тыс. об/мин в спектре шума превалирует частота врезания зубьев, при 15 тыс. об/мин и фрезеровании двузубой фрезой – частота врезания зубьев, в меньшей степени частота вращения шпинделя; при 15 тыс. об/мин и фрезеровании шестизубой фрезой присутствует только частота вращения шпинделя, частота врезания зубьев практически неразличима.

2. Уровень шума при высокоскоростном фрезеровании на 2...17 дБ превышает фоновый уровень шума в цехе, при этом в большинстве случаев уровень шума при резании ниже создаваемого компрессором станка.

3. Уровень шума при фрезеровании дуба в среднем выше, чем при фрезеровании сосны.

4. При наиболее производительных режимах резания с использованием шестизубой фрезы уровень шума превышает фоновый всего на 3...6 дБ, что позволяет использовать такие фрезы при высокоскоростном фрезеровании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев С.П., Казаков А.М., Колотилов Н.Н.* Борьба с шумом и вибрацией в машиностроении. М.: Машиностроение, 1970. 208 с.
2. *Иванов Н.И.* Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник. М.: Логос, 2008. 424 с.
3. *Цветков В.М.* Обеспечение безопасных условий эксплуатации и экологичности деревообрабатывающих станков фрезерной группы: дис. ... канд. техн. наук. Ростов Н/Д: ДГТУ, 2005. 125 с.
4. *Черемных Н.И., Чижевский М.П.* К вопросу уменьшения шума станков строительной группы // Лесн. журн. 1973. №1. С. 88–95. (Изв. высш. учеб. заведений).

Поступила 02.04.2015

UDC 613.644

**The Analysis of Noise Level at High-Speed Milling of Wood**

*S.A. Cherepanov, Postgraduate student*

*D.A. Luzhanskiy, Postgraduate student*

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Naberezhnaya Severnoy Dviny, 17, 163002 Arkhangelsk, Russia; e-mail: serg-edu@yandex.ru

Noise is one of the major harmful production factors in a woodworking. Woodworking milling machines have high noise level, exceeding sanitary standards, however data on noise characteristics of modern milling machines with high frequencies are practically absent. It is analysed the influence of the modes of cutting, breed of wood and number of teeth of a mill on the level and a range of noise at high-speed milling of wood is carried out. Research was conducted on the modern processing center with numerical program control with use of a measuring microphone and the analyzer. Record of 1/3 octava levels of sound pressure when processing preparations from a pine and an oak of two teeth and six teeth mills on various modes of cutting was made. Also record of background noise level in shop and the machine compressor was made. The analysis of experimental data showed that in a noise range with low frequencies of rotation the frequency of incision of teeth dominates. At high frequencies of rotation, when milling by a two teeth mill in a range the frequency of incision of teeth and frequency of rotation of a spindle dominate, and when milling by a six teeth mill only the frequency of rotation of a spindle. Noise level when milling an oak is higher, than when milling a pine. Noise level at high-speed milling on 2 ... 17 dB exceeds background noise level in shop, thus, in most cases noise level when cutting lower than a noise level, the machine created by the compressor. At the most productive modes of cutting with use of a six teeth mill noise level exceeds background on only 3 ... 6 dB that allows to tell about prospects of use of such mills at high-speed milling.

*Keywords:* wood milling, noise range, level of sound pressure, frequency of teeth incision, cutting modes.

REFERENCES

1. *Alekseev S.P., Kazakov A.M., Kolotilov N.N.* *Bor'ba s shumom i vibratsiyey v mashinostroenii* [Fight Against Noise and Vibration in Mechanical Engineering]. Moscow, 1970. 208 p.

2. Ivanov N.I. *Inzhenernaya akustika. Teoriya i praktika bor'by s shumom* [Engineering Acoustics. Theory and Practice of Fight Against Noise]. Moscow, 2008. 424 p.
3. Tsvetkov V.M. *Obespechenie bezopasnykh usloviy ekspluatatsii i ekologichnosti derevoobrabatyvayushchikh stankov frezernoy gruppy*: Dis. kand. tekhn. nauk [Providing Safe Service Conditions and Environmental Friendliness of Woodworking Machines of Milling Group: Cand.Tech.Sci. Dis.]. Rostov-na-Donu, 2005. 125 p.
4. Cheremnyh N.I., Chizhevskiy M.P. К вопросу umen'shenija shuma stankov strogal'noj gruppy [To a question of reduction of noise of machines of planing group]. Lesnoi zhurnal, 1973, no1. p. 88–95.

Received on April 2, 2015

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2015.5.146

---