

УДК 674.05:621.914.1

В. Н. Гаранин, Д. Л. Болочко

Белорусский государственный технологический университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ КАСАТЕЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СИЛЫ РЕЗАНИЯ И УВЕЛИЧЕНИЯ ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ СОСНЫ

В представленной работе уделено внимание установлению взаимосвязи между касательной составляющей силы резания F_k и образующимся звуковым давлением при фрезеровании древесины сосны p .

Выполнен анализ возможностей работы со звуковым давлением при эксплуатации деревообрабатывающего оборудования: 1) устранение влияния звукового давления на обслуживающий персонал; 2) использование звука в исследовательских целях для изучения процессов резания древесины.

Предложено использовать коэффициент K для установления взаимосвязи между F_k и p . Эксперименты на представленных режимах показали устойчивую зависимость рассматриваемых параметров процесса обработки древесины.

Ключевые слова: звуковое давление, эксперимент, сила, станок, шум.

V. N. Garanin, D. L. Bolochko

Belarusian State Technological University

DETERMINATION OF INTERRELATION OF THE TANGENT BEING FORCE OF CUTTING AND INCREASE IN SOUND PRESSURE WHEN MILLING THE PINE

In the presented work attention is paid to establishing the relationship between the tangential component of the cutting force F_k and the resulting sound pressure p when milling pine wood.

The analysis of the possibilities of working with sound pressure during the operation of woodworking equipment was carried out: 1) elimination of the influence of sound pressure on the staff; 2) use for research purposes to study the processes of cutting wood.

It is proposed to use the coefficient K to establish the relationship between F_k and p . Experiments on the modes presented above showed a steady dependence of the considered parameters of the wood processing.

Key words: sound pressure, experiment, force, machine, noise.

Введение. Целью представленной работы является установление взаимосвязи касательной составляющей силы резания и образующегося звукового давления при фрезеровании древесины сосны.

Задачи работы:

1) провести анализ использования звукового давления в инженерии;

2) определить пути работы со звуковым давлением при эксплуатации деревообрабатывающего оборудования;

3) разработать сетку опытов по определению взаимосвязи между звуковым давлением и касательной силой резания при фрезеровании сосны;

4) провести предварительные исследования.

Основная часть. Звук – физическое явление, представляющее собой распространение в виде упругих волн механических колебаний в твердой, жидкой или газообразной среде.

Как и любая волна, звук характеризуется *амплитудой* и *частотой*. Амплитуда характеризует громкость звука. Частота определяет тон, высоту. Обычный человек способен слышать звуковые колебания в диапазоне частот от 16–20 Гц до 15–20 кГц [1]. Звук ниже диапазо-

на слышимости человека называют инфразвуком; выше: до 1 ГГц – ультразвуком, от 1 ГГц – гиперзвуком (рис. 1). Громкость звука сложным образом зависит от эффективного звукового давления, частоты и формы колебаний, а высота звука – не только от частоты, но и от величины звукового давления [2].

Инфразвук – звуковые волны, имеющие частоту ниже воспринимаемой человеческим ухом.

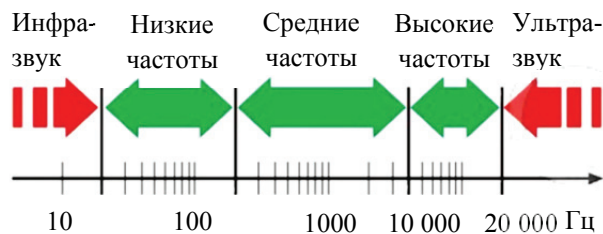


Рис. 1. Диапазон звуковых колебаний

Инфразвук оказывает большое влияние на здоровье человека и животных. По этой причине его используют как для лечения организмов, так и для причинения ему вреда (производство оружия).

Ультразвук – звуковые волны, имеющие частоту выше воспринимаемой человеческим ухом (выше 20 000 Гц).

Ультразвук используют в эхолокации, при неразрушающем контроле деталей, для смешивания и разделения неоднородных веществ.

Работу со звуком в деревообрабатывающей промышленности можно организовать по двум направлениям:

1) борьба с ним с целью устранения его влияния на здоровье человека (использование звукопоглощающих материалов, борьба с источниками его возникновения и т. д.) [3];

2) использование в научных целях для исследования быстропротекающих процессов (например, при изучении сил резания древесины и древесных материалов).

Как и любое явление, звук можно использовать непосредственно для деления древесины и древесных материалов. Развитие данной технологии во многом позволит усовершенствовать сам процесс механической обработки древесины и, возможно, отказаться в перспективе от использования дереворежущего инструмента. Например, уже существуют технологии ультразвуковой резки резины и тканей [4].

По первому направлению разработаны различные нормативные документы, ограничивающие параметры звука в местах нахождения людей (в том числе на рабочих местах около оборудования) [5, 6].

Второе направление является интересным с точки зрения науки и перспективным инструментом для исследования различных быстропротекающих процессов, способных оказывать влияние на изменение звукового давления.

Разделение древесных материалов инструментом при механической обработке древесины может оказывать воздействие на формирование звуковых волн, которые можно использовать в корыстных целях. Установление влияния сил резания на формирование звукового давления и является основной задачей предстоящих исследований, которые проводятся на кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов (БГТУ).

На рис. 2 представлен способ измерения звуковых волн при резании древесины.



Рис. 2. Способ измерения звуковых волн (обозначены стрелками) при резании древесины

С этой целью закуплен прибор с микрофоном, а также специальное программное обеспечение для выполнения анализа получаемых данных (рис. 3).



Рис. 3. Общий вид прибора ЭКОФИЗИКА 110А с программным обеспечением

В настоящей работе производился анализ влияния скорости взаимодействия инструмента с обрабатываемым материалом и частоты вращения привода станка Unimat 23EL (рис. 4) на звуковое давление по октавным полосам с одновременным изучением программного пакета для анализа получаемых данных.



Рис. 4. Экспериментальная установка Unimat 23EL

Переменным фактором эксперимента является частота вращения привода второго вертикального шпинделя экспериментальной уста-

новки, которая создана на базе станка Unimat 23EL и широко используется на кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов (БГТУ) [7].

Постоянные факторы эксперимента:
диаметр фрезы $D = 92,5$ мм;
припуск на обработку $h = 5$ мм;
количество ножей $z = 2$;
ширина обработки $b = 25$ мм;
обрабатываемый материал – сосна ($W = 12\%$);
скорость подачи $V_s = 12$ м/мин.

Измеряемые параметры:

1) звуковое давление p , Па, по октавным полосам с использованием прибора ЭКОФИ-ЗИКА 110А;

2) мощность фрезерования P , Вт, снимаемая с двигателя привода станка Unimat 23EL.

Частоту взаимодействия инструмента с обрабатываемым материалом f , Гц, определяем по зависимости (1):

$$f = z \cdot \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (1)$$

где n – частота вращения шпинделя станка, мин^{-1} .

Касательную составляющую силы резания F_k , Н, определяем по зависимости (2):

$$F_k = \frac{\Delta P \cdot \eta}{V}, \quad (2)$$

где ΔP – разность мощности рабочего и холостого ходов, Вт; η – КПД привода станка Unimat 23EL ($\eta = 0,96$); V – скорость резания, м/с.

Данные измерения звукового давления заносим в табл. 1, а мощности – в табл. 2.

Наибольший интерес, с точки зрения решения поставленной задачи, представляет увеличение звукового давления (при обработке материала) на частоте взаимодействия инструмента с обрабатываемым материалом Δp_f , Па.

Таблица 1

Результаты измерения звукового давления

n , мин^{-1} (V , м/с)	Режим работы	Давление, дБ (по октавным полосам, Гц)											
		315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	
2000 (9,7)	Холостой ход	SLOW	57,4	63,6	62,3	61,1	59,2	54,8	55,5	58,4	56,5	62,0	53,6
		FAST	58,1	64,2	63,0	62,0	59,9	55,4	56,0	58,7	56,9	63,0	54,2
	Рабочий ход	SLOW	70,8	71,8	77,4	77,8	80,6	81,4	85,5	87,2	87,7	88,6	92,4
		FAST	72,4	73,4	79,1	79,9	81,7	82,6	87,1	89,1	89,3	89,7	93,3
4000 (19,4)	Холостой ход	SLOW	64,5	66,7	66,7	70,8	75,4	68,1	61,8	62,9	63,1	63,9	62,6
		FAST	65,2	67,6	67,4	71,6	76,4	69,0	62,3	63,4	63,4	64,5	63,1
	Рабочий ход	SLOW	69,4	74,4	77,9	78,7	82,7	83,2	85,7	85,5	87,8	95,1	93,2
		FAST	70,0	73,7	78,1	79,6	83,0	83,3	87,0	84,6	88,1	96,7	93,5
8000 (38,8)	Холостой ход	SLOW	82,0	77,7	88,6	79,6	79,4	78,0	79,6	81,1	76,0	75,7	77,0
		FAST	82,3	78,4	89,1	80,3	80,0	78,6	80,0	81,5	76,4	76,1	77,4
	Рабочий ход	SLOW	81,7	82,8	89,2	84,1	82,9	83,7	87,5	87,2	89,0	91,6	96,5
		FAST	82,1	83,5	89,9	85,0	83,6	84,6	88,4	88,0	90,0	93,2	98,2
12 000 (58,1)	Холостой ход	SLOW	85,1	111,1	85,4	86,1	94,6	88,5	91,5	88,2	87,7	87,6	88,4
		FAST	85,8	111,2	86,0	86,6	94,8	89,1	92,0	88,7	88,1	88,0	88,8
	Рабочий ход	SLOW	85,2	110,5	85,6	89,0	94,5	90,6	93,6	92,4	92,4	92,2	93,0
		FAST	86,4	110,4	86,6	90,3	95,0	91,7	94,8	93,6	93,6	93,5	94,2

Таблица 2

Результаты измерения мощности

n , мин^{-1} (V , м/с)	Режим работы	P , кВт	F_k , Н	f , Гц	p_f , Па	Δp_f , Па
2000 (9,7)	Холостой ход	0,16	16,49	418,7	64,2	9,2
	Рабочий ход	0,32			73,4	
4000 (19,4)	Холостой ход	0,37	18,04	837,3	76,4	6,6
	Рабочий ход	0,72			83	
8000 (38,8)	Холостой ход	1,23	12,37	1674,7	81,5	6,5
	Рабочий ход	1,71			88	
12 000 (58,1)	Холостой ход	1,55	13,43	2512	88	5,5
	Рабочий ход	2,33			93,5	

С целью установления взаимосвязи касательной составляющей силы резания и образующегося звукового давления при фрезеровании сосны наиболее актуально будет нахождение коэффициента K , Н/Па, который на основании данных табл. 2 можно выразить зависимостью (3):

$$K = \frac{F_k}{\Delta p_f}. \quad (3)$$

В зависимости от скорости взаимодействия с использованием методов интерполяции можно определить зависимость коэффициента K от скорости резания, т. е. нахождения $K = f(V)$.

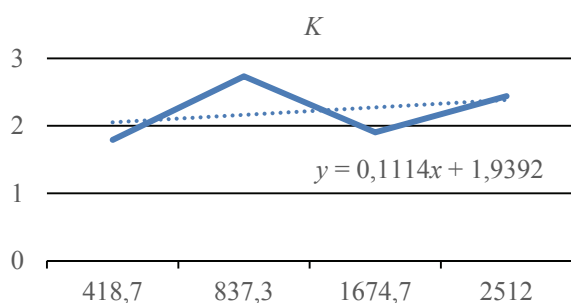


Рис. 5. График зависимости коэффициента K от частоты взаимодействия ножа с материалом

Данная зависимость может представлять интерес с точки зрения нахождения взаимосвязи звукового давления и частоты взаимодействия от быстротечности протекаемых процессов.

Заключение. Выполнен анализ возможностей работы со звуковым давлением при эксплуатации деревообрабатывающего оборудования, выраженной с одной стороны устранением влияния звукового давления на обслуживающий персонал, с другой – использованием в исследовательских целях для изучения процессов резания древесины.

С целью установления взаимосвязи касательной составляющей силы резания и образующегося звукового давления при фрезеровании сосны предложено использовать коэффициент K , Н/Па. Эксперименты на представленных выше режимах показали устойчивую зависимость между ростом давления воздуха на частоте взаимодействия инструмента с обрабатываемым материалом и касательной составляющей силы резания (коэффициент K практически не изменяется).

Разработана сетка опытов для нахождения коэффициента K и его дальнейшего анализа с целью косвенного определения сил резания при изучении процессов обработки древесины.

Литература

1. Радзишевский А. Ю. Основы аналогового и цифрового звука. М.: Изд-во Вильямс, 2006. 288 с.
2. Звук // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона. СПб., 1890–1907. Т. 1. 480 с.
3. Гаранин В. Н., Зыков И. А. Разработка мероприятий по снижению уровня шума в лесопильном цеху // Тезисы докладов 82-й науч.-техн. конф. БГТУ, Минск, 27 апр. 2018 г. / БГТУ. Минск, 2018. С. 73–74.
4. Ультразвуковое оборудование для резки материалов на пьезокерамических преобразователях [Электронный ресурс] / ООО «УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ТЕХНИКА». URL: <http://www.petsonic.ru/uzo-08-01-00.shtml> (дата обращения: 05.03.2019).
5. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности: ГОСТ 12.1.003–83. Введ. 01.07.1984. М.: Изд-во стандартов, 1983. 12 с.
6. Система стандартов безопасности труда. Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях: ГОСТ 12.1.036–81. Введ. 01.07.1982. М.: Изд-во стандартов, 1981. 4 с.
7. Влияние ионно-лучевого азотирования дереворежущего инструмента, изготовленного из быстрорежущей стали, на период его стойкости / А. В. Белый [и др.] // Труды БГТУ. 2016. № 2 (184): Лесная и деревообраб. пром-сть. С. 266–269.

References

1. Radzishhevskiy A. Yu. *Osnovy analogovogo i tsifrovogo zvuka* [Basics of analog and digital sound]. Moscow, Izd-vo Williams Publ., 2006. 288 p.
2. Sound. *Entsiklopedicheskiy slovar' Brokgauza i Yefrona* [Encyclopedic dictionary Brockhaus and Efron]. St. Petersburg, 1890–1907. Vol. 1. 480 p.
3. Garanin V. N., Zykov I. A. *Development of measures to reduce noise in the sawmill. Tezisy dokladov 82-j nauchno-tekhnicheskoy konferentsii BGTU* [Abstracts of the 82nd scientific and technical conference at BSTU]. Minsk, 2018, pp. 73–74 (In Russian).
4. *Ul'trazvukovoye oborudovaniye dlya rezki materialov na p'yezokeramicheskikh preobrazovatelyakh* [Ultrasonic equipment for cutting materials on piezoceramic transducers]. Available at: <http://www.petsonic.ru/uzo-08-01-00.shtml> (accessed 05.03.2019).

5. GOST 12.1.003–83. The system of labor safety standards. Noise. General safety requirements. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1983. 12 p. (In Russian).

6. GOST 12.1.036–81. The system of labor safety standards. Noise. Permissible levels in residential and public buildings. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1981. 4 p. (In Russian).

7. Belyy A. V., Anikeenko A. F., Grishkevich A. A., Garanin V. N. The influence ion-beam nitriding of woodworking tools, made of high speed steel, for the period of its resistance. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2016, no. 2 (184): Forestry and Woodworking Industry, pp. 266–269 (In Russian).

Информация об авторах

Гаранин Виктор Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры деревообрабатывающих станков и инструментов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: dosy@belstu.by

Болочко Дмитрий Леонидович – аспирант кафедры деревообрабатывающих станков и инструментов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: dima.bolochko.94@mail.ru

Information about the authors

Garanin Victor Nikolaevich – PhD (Engineering), Assistant Professor, the Department of Woodworking Machines and Tools. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dosy@belstu.by

Bolochko Dmitry Leonidovich – PhD student, the Department of Woodworking Machines and Tools. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dima.bolochko.94@mail.ru

Поступила 14.03.2019