

УДК 674:628.517.2

## ИССЛЕДОВАНИЕ ШУМА ДЕРЕВОРЕЖУЩИХ КРУГЛЫХ ПИЛ ПРИ ХОЛОСТОМ ХОДЕ

Черемных Н.Н.

ГОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет Минобрнауки РФ»,  
Екатеринбург, e-mail: ughtungmh@yandex.ru

Рассмотрены причины и закономерности шумообразования пил при холостом вращении. Оно сопровождается образованием шума аэродинамического и механического происхождения. Аэродинамический шум включает две составляющие: вихревой шум и шум от неоднородности потока. Механический шум – вибрационного происхождения. Эксперименты проводились с пятью пильными дисками с зажимными шайбами (четыре типа) диаметром 100, 195, 370 мм и шайбами диаметром 195 мм с демпфирующим слоем из резины. Установка включала электродвигатель мощностью 4,5 кВт, универсальный регулятор скорости, обеспечивающий плавное изменение числа оборотов пильного вала, две клиноремные передачи и одноступенчатый редуктор-мультипликатор. Рекомендовано для проходных торцовочных установок лесопильных цехов применять пильные диски диаметром (400...500) мм при 2000 об./мин с обрезиненными шайбами диаметром (190...250) мм.

**Ключевые слова:** *дереворезающие круглые пилы; шум аэродинамический, механический; бесступенчатое регулирование скорости*

## STUDY OF NOISE WOOD CUTTING CIRCULAR SAWS IN IDLE MODE

Cheremnykh N.N.

GOU VPO «Ural state forest technical University Ministry of education and science of the Russian Federation», Ekaterinburg, e-mail: ughtungmh@yandex.ru

Circular saw blades for wood have found application in all sectors of the national economy. One of the drawbacks of these saws is the increased noise formation in idle mode and during the sawing. Here the reasons and patterns of noise drank when idling. It is accompanied by the formation of noise of aerodynamic and mechanical origin. Aerodynamic noise consists of two components: the vortex noise and noise from the heterogeneity of the flow. Mechanical noise – vibration of origin. The experiments were carried out with five circular blades with spring washers (four types) with a diameter of 100, 195, 370 mm and washers diameter 195 mm with damping layer of rubber. Installation included motor 4,5 kW, universal speed control, providing smooth changing of the rotation speed of the saw shaft, two belt drive, single-stage reducer-multiplier. Recommended for loop-through mechanical installations of the sawmill of the use of saw blades with a diameter (400...500 mm) at 2000 rpm with rubber washers diameter (190 to 250 mm). This provides the cutting speed (42...52) m/s

**Keywords:** *working round saws; noise aerodynamic, mechanical; stepless speed regulation*

Круглые пилы для продольного и поперечного распиливания древесины и древесных материалов нашли применение во всех отраслях народного хозяйства. Трудно представить, к примеру, машиностроительное предприятие без тарного, модельного, деревообрабатывающего производства. Выпуск круглых пил Горьковским металлургическим заводом достигал 1 млн штук ежегодно.

Продольное и поперечное распиливание древесины и древесных материалов указанными пилами относится к сложному закрытому процессу резания со стружкообразованием. Он осуществляется многолезцовым вращающимся режущим инструментом – пильным диском, изготовленным из высококачественных легированных сталей: 9ХФ, 9Х5ВФ, 50ХФА.

Зуб круглой пилы аналогичен рецу с тремя режущими кромками (поперечной и двумя боковыми). Особенность пиления тесно связана со специфической формой и размерами режущего инструмента (малое значение толщины по сравнению с наружным диаметром), участием в работе

по срезанию стружек значительного числа резцов (зубьев), образованием и перемещением стружек в закрытом с трех сторон узком пространстве (пропиле), непостоянством толщины стружек на пути резания, разрушением стружек на отдельные части (опилки) меняющихся размеров, большой скоростью протекания процесса (40, 60, 80, 100 м/с), периодичностью воздействия резцов на древесину и, наконец, большим количеством взаимозависимых факторов и изменчивостью физико-механических свойств обрабатываемой заготовки (в том числе ее анизотропностью).

Следует заметить, что совершенствование круглых пил оказало влияние на конструкцию и режим работы круглопильных машин, привело к расширению их технических возможностей, расширению номенклатуры станков и агрегатов, имеющих в своей основе режущий орган – пильный диск [1].

Одним из недостатков при работе оборудования с пильными дисками в качестве режущего инструмента является создаваемый агрегатом шум [4, 5, 6].

### Краткий обзор по шумообразованию круглых пил

Вращение пил на холостом ходу сопровождается образованием шума аэродинамического и механического происхождения. Аэродинамический шум включает две составляющие: вихревой шум (от срыва вихрей в зоне зубчатой кромки) и от неоднородности потока (при прохождении зубьев около кромок заготовки, кромок прорезей в столе станка и др).

Механический шум (в основном вибрационный) возникает от поперечных колебаний диска по причинам, нарушающим устойчивость диска – центробежными силами инерции, а также вследствие передачи вибрации от привода пильного вала и динамической неуравновешенности диска и зажимных шайб. Такой шум условно можно назвать вибрационным шумом механического происхождения. Здесь можно (с позиций теоретических рассуждений) ввести понятие вибрационного шума аэродинамического происхождения от осевых составляющих от срыва воздушных вихрей с кромок зубьев пилы.

Вклад аэродинамической и вибрационной составляющей в суммарный шум холостого хода пилы весьма различен и зависит от ряда конструктивных факторов: размер и тип пилы, геометрии зубчатого венца (количество и форма зубьев), частоты вращения, диаметра и конструкции зажимных шайб, степени подготовки диска пилы, соотношения толщины пилы и ее диаметра.

Шум холостого хода высоко- и средне-частотного характера с наличием тональных составляющих.

Аэродинамический шум не всегда маскируется механическим [3].

При резании к вышеперечисленным причинам добавляется шум от перерезания волокон древесного материала и от вибрации его. Здесь следует отметить и изменение характера вибрационного шума вследствие добавления к причинам вибрации пилы на холостом ходу сил резания, ударов зубьев об обрабатываемый материал, возможности демпфирования диска пилы в пропили и нагрева зубчатой кромки.

В работе Стахиева Ю.М. [2], а также в более ранних его монографиях отмечается малое влияние сил резания по сравнению с действием центробежных сил и температурного перепада по радиусу диска пилы. Попутно заметим [7], что влияние нагрева на потерю устойчивости дисков более существенно, чем влияние центробежных сил (особенно это замечено в многопильных станках).

Если сравнить восприятие работниками отрасли шума, к примеру, лесопильных рам и станков (агрегатов) с круглыми пилами, то шум последних из-за импульсного и нерегулярного характера в большинстве технологических процессов носит более раздражающий характер. По этой же причине многочисленные исследования по шумообразованию вращающихся пильных дисков продолжают во всем мире последние 40 лет.

### Результаты исследований

Здесь остановимся на результатах исследований шума на установке с бесступенчатым регулированием скорости пильного вала. Установка включала электродвигатель мощностью 4,5 кВт, универсальный регулятор скорости УРС–10, спешивающий плавное изменение числа оборотов пильного вала. Между э/двигателем и УРС расположена клиноременная передача. Число оборотов выходного вала гидродвигателя УРС–10 плавно регулируется специальным маховичком. После УРС–10 в кинематической схеме был одноступенчатый редуктор-мультипликатор и вторая клиноременная передача к пильному валу. Объем помещения – 700 м<sup>3</sup>, прилегающая стена и потолок закрывались щитами с звукопоглотителем на относе. Исследования проводились при холостом вращении пилы.

В табл. 1 даны характеристики 5 пильных дисков. Одной из первоначальных задач, поставленных нами при наличии бесступенчатой регулировки скорости вращения (отметим, что предыдущие, известные нам, исследования проводились их авторами на установках, как правило, со съёмными шкивами, т.е. имело место только ступенчатое регулирование оборотов) было получение для определенной пилы узкого диапазона (с учетом переточки) чисел оборотов, при котором заметен осязаемый «провал» шума. К сожалению, наши ожидания здесь не увенчались успехом, т.е. повышение/понижение шума было практически плавным. По этой причине фиксацию оборотов брали через 500 мин<sup>-1</sup>.

Диаметр зажимных шайб соответствовал следующей нумерации (номер – диаметр в мм) 1 – 100; 2 – 195; 3 – 370; 4 – 195 (с демпфирующим слоем из резины по нашему а/с 296645).

Методическая сетка этой серии опытов дана в табл. 2. Здесь же приведены уровни звука. Спектры шума не приводятся из-за громоздкости результатов.

Таблица 1

Характеристика пильных дисков

| Номер пильного диска | Условное обозначение диска                   |
|----------------------|----------------------------------------------|
| 1                    | ПРК 580 – 4,4 – 2,0 – 84 – IV – ГОСТ 980–80  |
| 2                    | ПРК 710 – 4,4 – 1,4 – 100 – IV – ГОСТ 980–80 |
| 3                    | 400 – 2,5 – 60 – IV – ГОСТ 980–80            |
| 4                    | 500 – 2,5 – 60 – IV – ГОСТ 980–80            |
| 5                    | 630 – 3,0 – 60 – IV – ГОСТ 980–80            |

Выводы по результатам исследования:

1) с увеличением оборотов все пильные диски со всеми зажимными шайбами увеличивают шумность (исключение составляют опыты 10 – п.д. 1 – шайба 1; 45 – п.д. 3 – шайба 1; 88, 89 – п.д. 3 – шайба 4);

2) увеличение диаметра пильного диска приводит к увеличению шумности практически при всех скоростях вращения;

3) изменение уровня звука, обусловленное увеличением угловой скорости, для различных пил различно;

4) диаметр зажимных шайб оказывает незначительное влияние на шумообразование, особенно при скоростях больше 2000 мин<sup>-1</sup>;

5) обрешиненные шайбы (шайба 4 по сравнению с шайбой 2 того же диаметра 195 мм) привели к снижению шума в среднем на (3...4) дБА при (1500...2000) мин<sup>-1</sup>

(когда влияние аэродинамического шума еще не так заметно);

6) рассмотрение серии опытов (71...75) при шайбах диаметром 370 мм и пильном диске 3 диаметром 400 мм дает зависимость (при отсутствии свободной колеблющейся части диска, кроме зубчатого венца) увеличения чисто аэродинамического шума;

7) с учетом работы пильных дисков на Архангельском ЛДК им. Ленина, Соломбальском ЛДК и Тавдинском ЛК им. Куйбышева рекомендуется на проходных торцовочных установках устанавливать пильные диски диаметром (400...500) мм при 2000 мин<sup>-1</sup> с обрешиненными шайбами диаметром (190...250) мм. При этом обеспечивается скорость резания (42...52) м/с; с такой скоростью успешно, с точки зрения технологических требований, работают проходные торцовки на Соломбальском ЛДК.

Таблица 2

Методическая сетка опытов и результаты исследований для холостого вращения пильных дисков

| Обороты пилы, мин <sup>-1</sup> | Зажимные шайбы              |     |    |     |     |     |     |     |    |    |     |    |    |     |    |    |    |    |    |     |
|---------------------------------|-----------------------------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|----|----|-----|----|----|----|----|----|-----|
|                                 | 1                           | 2   | 3  | 4   | 1   | 2   | 3   | 4   |    |    |     |    |    |     |    |    |    |    |    |     |
|                                 | Пильные диски (см. табл. 1) |     |    |     |     |     |     |     |    |    |     |    |    |     |    |    |    |    |    |     |
|                                 | 1                           | 2   | 1  | 2   | 1   | 2   | 1   | 2   | 3  | 4  | 5   | 3  | 4  | 5   | 3  | 4  | 5  | 3  | 4  | 5   |
|                                 | Номер опыта                 |     |    |     |     |     |     |     |    |    |     |    |    |     |    |    |    |    |    |     |
| 1000                            | 1                           | 6   | 11 | 16  | 21  | 26  | 31  | 36  | 41 | 46 | 51  | 56 | 61 | 66  | 71 | 76 | 81 | 86 | 91 | 96  |
| 1500                            | 2                           | 7   | 12 | 17  | 22  | 27  | 32  | 37  | 42 | 47 | 52  | 57 | 62 | 67  | 72 | 77 | 82 | 87 | 92 | 97  |
| 2000                            | 3                           | 8   | 13 | 18  | 23  | 28  | 33  | 38  | 43 | 48 | 53  | 58 | 63 | 68  | 73 | 78 | 83 | 88 | 93 | 98  |
| 2500                            | 4                           | 9   | 14 | 19  | 24  | 29  | 34  | 39  | 44 | 49 | 54  | 59 | 64 | 69  | 74 | 79 | 84 | 89 | 94 | 99  |
| 3000                            | 5                           | 10  | 15 | 20  | 25  | 30  | 35  | 40  | 45 | 50 | 55  | 60 | 65 | 70  | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
|                                 | Уровень звука (дБА)         |     |    |     |     |     |     |     |    |    |     |    |    |     |    |    |    |    |    |     |
| 1000                            | 79                          | 80  | 81 | 78  | 76  | 76  | 76  | 74  | 75 | 84 | 76  | 81 | 77 | 80  | 73 | 76 | 80 | 74 | 71 | 74  |
| 1500                            | 84                          | 86  | 83 | 85  | 83  | 86  | 80  | 88  | 76 | 88 | 83  | 86 | 82 | 86  | 75 | 78 | 83 | 76 | 78 | 82  |
| 2000                            | 88                          | 92  | 88 | 92  | 87  | 93  | 88  | 93  | 94 | 92 | 93  | 90 | 88 | 89  | 76 | 85 | 88 | 81 | 82 | 88  |
| 2500                            | 96                          | 103 | 95 | 98  | 95  | 98  | 95  | 98  | 97 | 95 | 95  | 90 | 90 | 96  | 80 | 88 | 95 | 80 | 90 | 94  |
| 3000                            | 99                          | 101 | 98 | 103 | 100 | 102 | 100 | 102 | 96 | 98 | 102 | 92 | 93 | 103 | 87 | 93 | 98 | 83 | 95 | 103 |

**Список литературы**

1. Амалцкий В.В., Амалцкий В.В. Оборудование отрасли. учеб. для вузов. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. – 584 с.
2. Стахийев Ю.М. Работоспособность круглых пил. – М.: Лесная промышленность, 1989. – 232 с.
3. Черемных Н.Н. Шумовая характеристика проходных торцовочных установок / Деревообрабатывающая промышленность. – 1975. – № 11. – С. 22–23.
4. Чижевский М.П., Черемных Н.Н. Снижение шума при механической обработке древесины. – М.: Лесная промышленность, 1975. – 152 с.
5. Чижевский М.П., Черемных Н.Н. Пути снижения шума в лесопильно-деревообрабатывающем производстве. – М.: Лесная промышленность, 1978. – 208 с.
6. Чижевский М.П., Черемных Н.Н. Руководящие материалы по расчету шумности и проектированию противозвуковых мероприятий в лесопильно-деревообрабатывающем производстве. – М.: Минлеспром СССР, 1978. – 367 с.
7. Якунин Н.К. Подготовка круглых пил к работе. – М.: Лесная промышленность, 1993. – 283 с.

**References**

1. Amalickij V.V., Amalickij Vit.V. Oborudovanie otrasli. Ucheb. dlja VUZov. M.: GOU VPO MGUL, 2005. 584 p.

2. Stahiev Ju.M. Rabotosposobnost' kruglyh pil. M.: Lesnaja promyshlennost', 1989, 232 p.

3. Cheremnyh N.N. Shumovaja harakteristika prohodnyh torcovochnyh ustanovok./ Derevoobrabatyvajuwaja promyshlennost', 1975. no. 11. pp. 22–23.

4. Chizhevskij M.P., Cheremnyh N.N. Snizhenie shuma pri mehanicheskoj obrabotke drevesiny. M.: Lesnaja promyshlennost', 1975. 152 p.

5. Chizhevskij M.P., Cheremnyh N.N. Puti snizhenija shuma v lesopilno-derevoobrabatyvajuwem proizvodstve. M.: Lesnaja promyshlennost', 1978. 208 p.

6. Chizhevskij M.P., Cheremnyh N.N. Rukovodjacie materialy po raschetu shumnosti i proektirovaniju protivoshumnyh meroprijatij v lesopil'no-derevoobrabatyvajuwem proizvodstve. M.: Minlesprom SSSR, 1978. 367 p.

7. Jakunin N.K. Podgotovka kruglyh pil k rabote. M.: Lesnaja promyshlennost', 1993. 283 p.

**Рецензенты:**

Гороховский А.Г., д.т.н., генеральный директор УралНИИПДрев, г. Екатеринбург;  
Комиссаров А.П., д.т.н., профессор Уральской сельскохозяйственной академии, г. Екатеринбург.

Работа поступила в редакцию 26.11.2012.