

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ ПРИ АКУСТИЧЕ- СКИХ РАСЧЕТАХ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕХОВ

DEFINE OF NOISE CHARACTERISTICS FOR ACOUSTIC CALCU- LATION OF WOODWORKING MANUFACTORIES DEPENDING ON CUTTING MODE

В работе в предположении прямой пропорциональности излучаемой звуковой мощности от энергии, затрачиваемой на резание древесины, получены зависимости изменения шумовых характеристик станков от изменения условий резания древесины.

The correlation of noise characteristics variation to cutting mode defined in scientific work, if we assume that there is direct correlation sound power to energy of cutting of wood.

Деревообрабатывающая промышленность является одной из самых шумных отраслей, где на рабочих местах уровни звукового давления достигают 110 дБА и более.

При разработке проектов новых деревообрабатывающих цехов и реконструкции существующих производится расчет ожидаемых шумовых полей в местах длительного пребывания людей (акустический расчет).

Исходными данными для акустического расчета являются:

- геометрические размеры помещения;
- шумовые характеристики источников шума;
- характеристика помещения (тип и материал ограждающих конструкций, наличие перегородок и т.д.);
- расстояние от центра источника (источников) до расчетной точки.

Акустический расчет включает:

- выявление источников шума и определение их шумовых характеристик;
- выбор расчетных точек и определение допустимых уровней звукового давления $L_{доп}$ для этих точек;
- расчет ожидаемых уровней звукового давления L_p в расчетных точках;
- расчет необходимого снижения шума в расчетных точках;
- разработка строительно-акустических мероприятий для обеспечения требуемого снижения шума или по защите от шума (с расчетом).

Шумовые характеристики источников шума являются определяющими в акустических расчетах, от которых зависит точность результатов определения уровней звукового давления на рабочих местах (в расчетных точках), а, следовательно и стоимость разрабатываемых мероприятий по снижению шума.

Номенклатура шумовых характеристик оборудования и порядок их определения и нормирования регламентируется ГОСТ 27409-97 «Нормирование шумовых характеристик стационарного оборудования».

Согласно этого ГОСТ основными шумовыми характеристиками, для которых устанавливаются предельно допустимые значения, являются:

- скорректированный уровень звуковой мощности L_{wa} , дБА;
- уровень звуковой мощности в октавных полосах частот L_w , дБ.

Допускается нормировать уровень звука излучения L_{pA} и уровень звукового давления излучения в октавных полосах частот L_p на рабочем месте и в других характерных точках.

Расчет шумовых характеристик должен содержать:

- описание условий эксплуатации, для которых выполнен расчет, включающее: перечень и схему расположения оборудования в помещении, положения рабочих мест, циклограмму работы машин, характеристики помещения;
- наименование метода расчета и обозначение нормативного документа, его устанавливающего;
- исходные данные для расчета.

Ориентировочные акустические расчеты в дБА потребуются проводить между периодами аттестации рабочих мест по условиям труда на предприятии, при реконструкции действующих цехов, при проектировании новых цехов, при разработке мероприятий по снижению шума.

Наиболее шумным технологическим процессом обработки древесины является процесс резания. Из всех видов резания наиболее шумными являются пиление, строгание и фрезерование древесины.

Поэтому исходными данными при акустических расчетах в деревообрабатывающих цехах являются шумовые характеристики станочного оборудования, относящегося к этим технологическим операциям.

Первичной причиной появления шума в процессе резания древесины является взаимодействие режущей кромки инструмента (резца) с волокнами обрабатываемой древесины, т.е. вибрационные процессы в узле «нож – древесина».

Неоднократно предпринимавшиеся попытки получить теоретические зависимости звуковой мощности при резании древесины на круглопильных и продольно-фрезерных станках от силовых параметров резания не увенчались успехом из-за сложности с определением этих параметров.

Поэтому в акустических расчетах деревообрабатывающих цехов шумовые характеристики станков уровни звуковой мощности приходится брать из справочников [1], [4].

В реконструируемых цехах эти данные могут быть взяты из результатов аттестации рабочих мест по условиям труда.

К сожалению, в этих справочных материалах не указываются параметры резания, от которых в значительной степени зависят уровни излучаемой звуковой мощности.

Цель работы – на основе теоретических и экспериментальных исследований получить данные по изменению излучаемой звуковой мощности оборудования в зависимости от параметров резания, с помощью которых можно определять звуковую мощность станка при его работе с режимами резания отличными от типовых, для которых приводятся справочные шумовые характеристики этих станков или в справочниках или в данных по результатам аттестации рабочих мест по условиям труда на конкретном предприятии.

Поскольку изменение звуковой мощности станка в первую очередь зависит от изменения силы резания (мощности резания), то, как предлагают некоторые авторы, можно считать, что акустическая мощность P , генерируемая в процессе резания древесины у однотипных станков, прямо пропорциональна мощности резания [3]:

$$P = K_{II} N, \quad (1)$$

где K_{II} - коэффициент пропорциональности.

Мощность, затрачиваемая на резание, определяется из формулы А.Л. Бершадского [2]:

$$N = KbhV_{\Pi}, \quad (2)$$

где K - удельная работа, затрачиваемая на отделение 1 см³ объема древесины при резании, Дж/см³;

b - ширина стружки, мм.

h - высота пропила или припуск при фрезеровании, мм;

V_{Π} - скорость подачи, м/сек.

Удельная работа K является переменной величиной, зависящей от физических свойств и породы обрабатываемой древесины, параметров и скорости резания, угловых величин заточки и состояния резца.

Исходя из формулы (2) и предположения прямой зависимости звуковой мощности от затрачиваемой на резание мощности, можно считать, что уровень шума, возникающий при резании древесины, зависит от следующих основных факторов:

1. Размеров, профиля, угловых значений заточки режущих инструментов (зубьев пильных дисков, ножевых валов, фрез и др.);
2. Скорости подачи и скорости резания;
3. Твердости и влажности обрабатываемой древесины;
4. Ширины стружки и высоты пропила (величины припуска);
5. Степени затупления режущей кромки инструмента.

Для круглых пил уровень шума зависит, кроме того, от количества зубьев пильного диска, одновременно находящихся в рабочем контакте с обрабатываемой древесиной.

В настоящее время имеется обширный экспериментальный материал по процессам резания древесины и древесных материалов, необходимый для выполнения силовых расчетов.

Метод расчета по определению сил и мощности резания по экспериментальным данным предполагает использование в качестве справочных материалов результатов наиболее известных и полных экспериментальных исследований конкретных процессов резания, полученных для определенных зафиксированных условий эксперимента. При этом влияние условий расчета, отличных от условий проведения «справочного», «табличного» эксперимента, на результат прогнозируется (учитывается) системой поправок (множителей, слагаемых), численные значения которых также получены по результатам экспериментов [2].

Этот метод в нескольких его разновидностях лежит в основе всех современных инженерных расчетов.

Удельная работа K для расчетных условий в формуле (2) находится как произведение табличного значения удельной работы K_T , действительного для определенных так называемых табличных условий резаний, на поправочные множители, учитывающие отличия расчетных условий резания от табличных [2]:

$$K = K_T a_{\Pi} a_w a_T a_{\varphi} a_p a_{\delta} a_v a_t = K a_{\text{нопр}}, \quad (3)$$

где K_T - табличное значение удельной работы, Дж/см³;

a_{Π} - поправочный множитель на породу древесины;

a_w - то же на влажность древесины;

a_T - то же на температуру древесины;

a_{φ} - то же на угол встречи лезвия с волокнами древесины;

a_p - то же на затупление лезвий;

a_{δ} - то же на угол резания;

a_v - то же на скорость резания;

a_t - то же на глубину обработки для процессов закрытого резания (например, на высоту пропила при пилении).

Часть функциональной мощности станка, изменяющаяся при изменении условий резания, определяется поправочным коэффициентом $a_{нопр}$ и определяет также изменение излучаемой звуковой мощности при изменении этих условий.

Исходя из формул 1-3, можно записать выражение для звуковой мощности (5):

$$P = K_T b h V_{II} K_{II} a_{нопр}, \quad (4)$$

Введем пороговые параметры ($P_0 = 10^{-12}$ Вт; $K = 1$ Дж/см³; b и $h = 1$ мм; $V_{II} = 1$ м/с), прологарифмируем по основанию 10 и умножим на 10 уравнение (4) с учетом уравнения (3). Получим:

$$10 \lg P = 10 \lg(K_T b h V_{II} K_{II}) + 10 \lg a_{нопр}, \quad (5)$$

Обозначим слагаемое ($K_T b h V_{II} K_{II}$) через L_p^0 .

Переходя к шкале звуковых уровней и раскрывая значения K можно записать:

$$L_p = L_p^0 + 10 \lg a_{II} + 10 \lg a_w + 10 \lg a_T + 10 \lg a_\phi + 10 \lg a_p + 10 \lg a_\delta + 10 \lg a_v + 10 \lg a_t, \quad (6)$$

Первое слагаемое в уравнении (6) представляет собой уровни звуковой мощности станка, полученные при стандартных (справочно-табличных) условиях эксперимента силовых режимов резания.

Остальные слагаемые учитывают изменение уровней излучаемой звуковой мощности в зависимости от изменения условий резания, дБА.

Для расчетов необязательно по каждому процессу находить все поправочные множители. Обычно при вычислении $a_{нопр}$ ограничиваются множителями, указанными ниже.

Расчетные формулы для общего поправочного множителя:

- пиление круглой пилой $a_{нопр} = a_{II} a_w a_\phi a_p a_\delta a_v a_t$;
- фрезерование цилиндрическое $a_{нопр} = a_{II} a_w a_p a_\delta a_v$.

Результаты расчетов поправок на изменение уровней звуковой мощности в зависимости от условий резания (ΔL_p) приведены в таблицах 1-6.

Таблица 1.

Влияние породы древесины на звуковую мощность

Порода	Множитель a_{II}	ΔL_p , дБА	Порода	Множитель a_{II}	ΔL_p , дБА
Липа	0,80	-0,969	Лиственница	1,10	0,414
Осина	0,85	-0,706	Береза	1,25	0,969
Ель	0,95	-0,223	Бук	1,40	1,461
Сосна	1,00	0	Дуб	1,55	1,903
Ольха	1,05	0,212	Ясень	1,75	2,430

Таблица 2.

Влияние влажности древесины на звуковую мощность

Древесина		Множитель a_w для открытого резания	$\Delta L_p, \text{дБА}$	Множитель a_w для закрытого резания	$\Delta L_p, \text{дБА}$
Состояние	Влажность W, %				
Очень сухая	5...8	1,10	0,414	0,90	-0,458
Сухая	10...15	1,00	0	1,00	0
Полусухая	25...30	0,95	-0,223	1,05	0,212
Сырая	50...70	0,90	-0,458	1,10	0,414
Мокрая (про- варенная)	более 70	0,80	-0,969	1,15	0,607

Таблица 3.

Влияние затупления лезвий на звуковую мощность

Время работы инстру- мента после заточки T, мин.	Множитель a_p для продольно- го пиления круглой пилой	$\Delta L_p, \text{дБА}$	Множитель a_p для попереч- ного пиле- ния круг- лой пилой	$\Delta L_p, \text{дБА}$	Множитель a_p для ци- линдричес- кого продоль- ного фрезе- рова- ния	$\Delta L_p, \text{дБА}$
0	1,00	0	1,00	0	1,00	0
60	1,20	0,792	1,10	0,414	1,20	0,792
120	1,50	1,761	1,15	0,607	1,30	1,139
180	1,80	2,553	1,20	0,792	1,42	1,523
240	2,20	3,424	1,30	1,139	1,50	1,761
300	2,50	3,979	1,40	1,461	1,57	1,959
360	2,80	4,472	1,50	1,761	1,60	2,041

Таблица 4.

Влияние угла резания лезвий на звуковую мощность

Угол резания δ град.	Множитель a_δ для продольного фрезерования и пиления круглой пилой	$\Delta L_p, \text{дБА}$	Угол резания град	Множитель a_δ для продольно- го фрезерова- ния и пиления круглой пилой	$\Delta L_p, \text{дБА}$
50	0,78	-1,079	70	1,34	1,271
55	0,86	-0,655	75	1,55	1,903
60	1,00	0	80	1,80	2,553
65	1,16	0,645	85	2,10	3,222

Таблица 5.

Влияние скорости резания на звуковую мощность

Скорость резания, v , м/с	Множитель a_v для продольного пиления круглой пилой	ΔL_p , дБА	Множитель a_v для фрезерования цилиндрического продольного	ΔL_p , дБА
20	1,07	0,294	1,10	0,414
30	1,08	0,334	1,04	0,170
40	1,00	0	1,00	0
50	0,98	-0,088	1,00	0
60	1,02	0,086	1,06	0,253
70	1,06	0,253	1,17	0,682
80	1,16	0,645	1,25	0,969
90	1,23	0,899	1,33	1,239
100	1,34	1,271	1,42	1,523

Таблица 6.

Влияние глубины обработки на звуковую мощность

Глубина обработки t , мм	Множитель a_t для продольного пиления круглой пилой	ΔL_p , дБА	Глубина обработки t , мм	Множитель a_t для продольного пиления круглой пилой	ΔL_p , дБА
20	0,84	-0,757	70	1,07	0,294
30	0,90	-0,458	80	1,11	0,453
40	0,95	-0,223	90	1,16	0,645
50	1,00	0	100	1,21	0,828
60	1,03	0,128	-	-	-

Результаты работы позволяют проверить акустические расчеты деревообрабатывающих цехов при изменении режимов резания и разрабатывать с учетом этого конкретные мероприятия по снижению шума на рабочих местах.

Данные экспериментальных исследований на действующем оборудовании показали, что диапазон изменения уровней звуковой мощности в зависимости от изменения условий резания при стационарном режиме резания может составлять 5-8 дБ.

Список литературы

1. Защита от шума: Справочник проектировщика / Под ред. Е.Я. Юдина – М.: Стройиздат, 1974 – 135 с.
2. Любченко В.И. Резание древесины и древесных материалов. – М: МГУЛ, 2004. – 309с.
3. Соколов Г.А. Борьба с шумом в деревообрабатывающей промышленности // Соколов Г.А. – М.: Лесная промышленность, 1974 –442 с.
4. Справочная книга по охране труда в машиностроении / под ред. О.Н. Русака – Л.: Машиностроение. Л.О., 1988.