

УДК 621.9.06:628.517

## ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ТРУДА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ БОБИННО-ДИСКОВЫХ И ЦИЛИНДРОВЫХ ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

**М.А. ТАМАРКИН**

(Донской государственный технический университет),

**М.Ю. ЩЕРБА**

(Ростовский государственный университет путей сообщения)

*Произведена оценка условий труда на рабочих местах бобинно-дисковых и цилиндрических шлифовальных деревообрабатывающих станков. Установлено превышение нормативных значений таких вредных факторов производственной среды, как параметров запыленности и шума. Представлен подробный анализ причин превышения фактических значений параметров шума и запыленности над нормативными.*

**Ключевые слова:** деревообрабатывающие станки, состояние условий труда, превышение запыленности и шума.

**Введение.** В современном производстве очень важное значение придается человеческому фактору, поэтому учет требований безопасности выполняется наряду с требованиями по качеству изделий. В связи с этим оценка состояния условий труда на рабочих местах является предметом многочисленных исследований.

Экспериментальные исследования шума и вибрации станков производились в условиях деревообрабатывающих цехов ОАО «Роствертол», ООО «Завод по выпуску КПО» (г. Азов). Основные технические характеристики станков приведены в табл.1.

Таблица 1

Основные характеристики станков

Модель станка	Мощность, кВт	Диаметр, мм	Длина барабана, бобины, мм	Частота вращения, об/мин
Двухдисковый ШЛ 2Д	6,4	750		750
С диском и бобиной ШЛ ДБ	2,8 1,7	750 90	240	750 2380
Трехцилиндровые				
Шл 3Ц	7,8	280	1900	1440
Шл 3Ц-12	7	280	1900	1440
Шл 3Ц-19	14	280	1900	1440
Шл 3Ц-2	7	380	2000	1440
Шл 3ЦВ	7	280	2000	1440
Шл 3ЦВ-19	10	280	2000	1500

Оценка состояния условий труда на рабочих местах и в связи с этим порядок доплат рабочим определены в нормативных документах, в частности, типовых перечнях работ с тяжёлыми и вредными, особо тяжёлыми и особо вредными условиями труда по отраслям народного хозяйства («Гигиенические критерии оценки и классификации условий труда по показателям вредных и опасных факторов производственной среды...» и др.). Оценка состояния условий труда производится на основе данных аттестации рабочих мест или специальных инструментальных замеров фактических уровней факторов производственной среды. Цель аттестации – сравнение фактических уровней с показателями предельно допустимых условий (ПДУ) или предельно допустимых концентраций (ПДК). Степень вредности факторов производственной среды устанавливается в баллах по критериям, приведённым в «Гигиенической классификации труда» (табл.2).

Степень вредности факторов производственной среды (III класс – вредные условия), устанавливаемая в баллах по критериям, приведённым в «Гигиенической классификации труда»

№ п/п	Факторы условий труда	Степень вредности		
		I (1 балл)	II (2 балла)	III (3 балла)
1	2	3	4	5
1	Вредные химические вещества	Превышение ПДК		
	1-й класс опасности	до 2 раз	до 4 раз	до 4 раз
	2-й класс опасности	до 3 раз	до 5 раз	до 5 раз
	3-4-й класс опасности	до 4 раз	до 6 раз	до 6 раз
2	Пыль в воздухе рабочей зоны	Превышение ПДК		
		до 2 раз	до 5 раз	более 5 раз
3	Вибрация, дБ	Превышение ПДУ		
		До 3 дБ	до 6 дБ	свыше 6 дБ
4	Шум, дБА	Превышение ПДУ		
		до 10 дБА	до 1В дБА	свыше 15 дБА
5	Инфракрасное излучение, Вт/м <sup>2</sup>	141-250 Вт/м <sup>2</sup>	141-250 Вт/м <sup>2</sup>	141-250 Вт/м <sup>2</sup>
6	Неионизирующее излучение, радиочастотный диапазон: ВЧ (высокочастотное), Вт/м УВЧ (ультра высокочастотное), Вт/ Вт/м <sup>2</sup> СВЧ (сверхчастотное), мкВт/см	Превышение ПДУ		
		Выше ПДУ	-	-
		Выше ПДУ	-	-
7	Температура воздуха (эффективная эквивалентная) на рабочем месте в помещении, С°	Выше максимально допустимых величин в теплый период или ниже минимально допустимых величин в холодный период года		
		До 4 град	До 8 град	Выше 8 град

Примечания: 1) I и II классы (оптимальные и допустимые условия труда) в таблице не приводятся; 2) по фактору «неионизирующее излучение» условия труда для определения размеров доплат оцениваются не более 1 балла.

В случае превышения ПДК и ПДУ определяется степень превышения, которая выражается баллами, корректируемыми по формуле:

$$X_{\text{факт}} = X_{\text{см}} \times T, \quad (1)$$

где  $X_{\text{см}}$  – степень вредности фактора, устанавливаемая по данным в табл.2;  $T$  – отношение времени действия данного фактора к продолжительности рабочей смены, при этом если действие фактора составляет более 90% рабочей смены, то  $T=1$ .

Если на рабочем месте действуют несколько вредных факторов, превышающих ПДК и ПДУ, то для определения доплат все рассчитанные баллы арифметически суммируются (табл.3).

Таблица 3

Размеры доплат в зависимости от фактического состояния условий труда

Работы	Степень превышения, $X_{\text{факт}}$ , балл	Размеры доплат к тарифной ставке (окладу), %
С тяжелыми и вредными условиями труда	До 2	4
	2,1-4	8
	4,1-6	12
С особо вредными и особо тяжелыми условиями труда	6, 1-8,0	16
	8,1-10,0	20
	Более 10	24

**Основные производственные факторы, измеряемые на предприятиях дерево- и металлообрабатывающей промышленности.** Для оценки состояния условий труда рабочих, обслуживающих дерево- и металлообрабатывающие станки прерывистого действия, были выбраны основные производственные факторы (табл.4).

Таблица 4

Перечень основных производственных факторов при выполнении аттестации рабочих мест

Код фактора	Производственный фактор	Единица измерения
2.01	Пыль металлическая (древесная)	мг/м <sup>3</sup>
4.50	Шум	дБА
4.52	Вибрация общая (эквивалентный скорректированный уровень виброскорости)	дБ
4.62	Температура воздуха	°С
4.63	Скорость движения воздуха	м/с
4.64	Относительная влажность воздуха	%
4.68	Освещенность рабочей поверхности	лк

Значения нормативных параметров (ПДУ и ПДК) приведены в табл.5.

Таблица 5

Значения ПДК и ПДУ, принятые при проведении аттестации рабочих мест

Анализируемый фактор	ПДУ и ПДК
Пыль древесная	2 мг/м <sup>3</sup>
Пыль металлическая	2 мг/ м <sup>3</sup>
Шум	80 дБА
Общая вибрация'	107 дБ
Температура воздуха	20-25 °С
Скорость движения воздуха	0,25 м/с
Относительная влажность воздуха	30-60%
Освещенность	300 лк

Общий анализ результатов определения, оценки опасных и вредных производственных факторов позволил выявить, что превышение фактических значений параметров запыленности и шума над нормативными для обследованных станков наблюдается:

- по пыли – 85% рабочих мест (когда станки не оснащены системами пылеудаления);
- по шуму – 98% рабочих мест.

Фактические концентрации древесной пыли над предельно-допустимыми уровнями звука (дБА) превышают санитарные нормы.

Результаты измерений приведены на рис.1, 2.

Следует отметить, что для большинства типов станков фактические концентрации превышают предельно-допустимые в 2-3 раза. Только для станков Шл ДВ норматив не превышен, но фактически находится на предельном значении 4 мг/м<sup>3</sup>. Практические рекомендации по снижению запыленности могут быть реализованы на основе разработок ОАО «Консар». Работа деревообрабатывающих станков сопровождается выделением большого количества древесных отходов (стружка, пыль), поэтому система аспирации – неременный атрибут деревообрабатывающих производств.

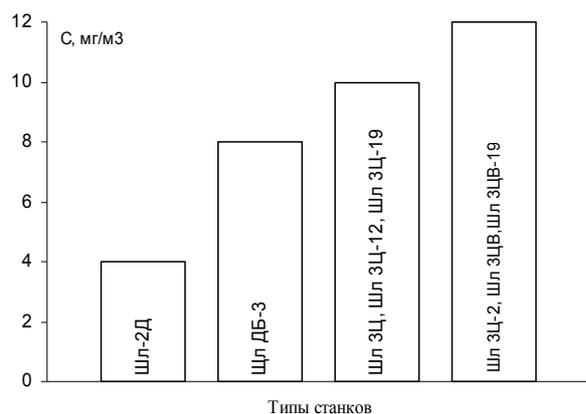


Рис.1. Фактические концентрации запыленности в рабочей зоне

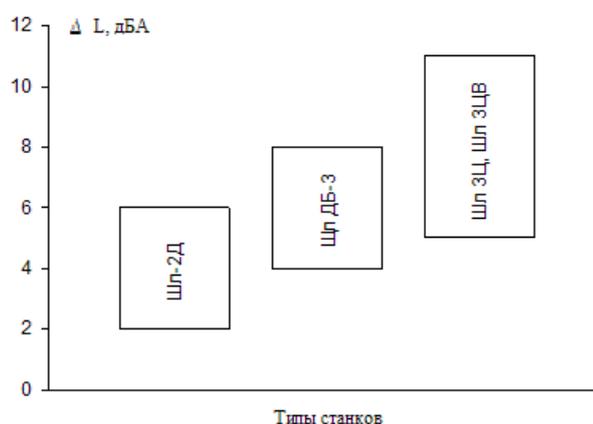


Рис.2. Превышение уровней звука в рабочей зоне

До недавнего времени единственным вариантом системы аспирации являлась вентиляционная установка, удаляющая воздух от станков (вместе с древесными отходами), улавливающая пыль в аппаратах циклонного типа и выбрасывающая воздух в атмосферу. Возврат очищенного воздуха в помещение в этом случае невозможен, так как остаточная концентрация пыли в воздухе составляет не менее  $30 \text{ мг/м}^3$  (для идеально изготовленного и смонтированного циклона), что в шесть раз превышает ПДК на рабочем месте. Таким образом, традиционная аспирационная система загрязняет атмосферу и выбрасывает на улицу огромное количество тепла. Этого можно избежать, применяя вместо циклона фильтр, очищающий воздух до концентрации, позволяющий вернуть его в цех. При этом затраты, как ни странно, оказываются ниже. При этом чисто экологическая задача по предотвращению загрязнения атмосферы отходами деревообрабатывающих производств совпадает с задачей минимизации затрат как первоначальных, так и эксплуатационных.

Разработками и изготовлением фильтров, позволяющих очистить воздух, удаляемый от деревообрабатывающих станков, занимается ОАО «Консар». С 1998 года начата разработка и внедрение центральных аспирационных систем с фильтрами производительностью от 6 000 до 20 000  $\text{м}^3/\text{ч}$ . На все выпускаемое оборудование с 1997 г. имеются сертификаты соответствия и гигиенический сертификат. В процессе разработки, изготовления и внедрения аппаратов на действующих производствах накоплен некоторый опыт минимизации затрат на внедрение аспирационных систем. Условно все аспирационные установки, работающие в режиме рециркуляции, можно разделить на два вида: внутреннего исполнения и наружного исполнения.

**Установки внутреннего исполнения.** Самыми простыми и дешевыми установками этого класса являются аппараты типа ПУА. Вследствие небольших размеров и низкой производительности эти аппараты устанавливаются в непосредственной близости от станков и имеют минимальные энергозатраты, составляющие от 0,6 до 0,75 кВт на 1 000  $\text{м}^3$  очищаемого воздуха. Идеально подходят для небольших производств, особенно при неполной загрузке станков в течение смены. Однако наблюдаются следующие недостатки: при установке аппаратов ПУА за шлифовальными станками резко снижается производительность установки и эффективность очистки. То же самое, хотя и в меньшей степени, происходит при установке за пилами, особенно на твердых породах дерева. Требуется периодически снимать и вытряхивать фильтрующий рукав тем чаще, чем мельче улавливаемая пыль.

Такие установки нецелесообразно изготавливать производительностью более 4 000  $\text{м}^3/\text{ч}$  по следующим причинам: увеличение производительности установки предполагает увеличение длины воздуховодов, так как невозможно установить рядом большое количество станков. Это приводит к увеличению требуемого напора вентилятора; к увеличению шума, создаваемого им, и энергозатрат, которые должны быть выше не менее чем на 25%. Некоторые фирмы выпускают

такие установки производительностью до 9 000 м<sup>3</sup>/ч. Однако линейное расположение пылеуловителей приводит к неравномерному распределению пыли в пылесборниках, дополнительным внутренним потерям давления и разной скорости фильтрации на первом и последнем фильтрующем рукаве, что не может не привести к снижению эффективности очистки. К тому же, анализ заявленных производителями технических характеристик показывает, что энергозатраты на очистку составляют 0,75–0,8 кВт на 1 000 м<sup>3</sup> очищаемого воздуха, т.е. такие же, как у пылесосов небольшой производительности, что вызывает сомнения в достоверности указанных выше характеристик. Исключение может составлять случай, когда от одного станка требуется удалять большое количество воздуха, содержащего небольшое количество относительно крупной пыли.

Для небольших, но достаточно загруженных производств, имеющих шлифовальные станки и пилы, с 1998 г. ООО «Эковент» изготавливает рукавные фильтры во внутреннем исполнении. Первая такая установка внедрена в 1998 г. для отсоса пыли от станка ШЛПС, работающая до настоящего времени без замены фильтрующих рукавов. Отличие фильтров ФР от установок ПУА состоит в следующем: скорость фильтрации в 4 раза ниже и выше эффективность очистки от тонкой пыли; фильтр имеет механизм регенерации рукавов; не требуется обслуживания фильтра (кроме своевременного удаления уловленной пыли из пылесборника).

Установки ФР-1,5 и ФР-3,0 специально сделанные для замены пылеуловителей типа ПУА, используются там, где последние неработоспособны. Фильтры ФР-1,5 и ФР-3,0 оснащены механизмом регенерации рукавов, включаемым вручную и вентилятором с увеличенным напором, что позволяет подсоединять к ним несколько станков одновременно. Так, например, на одну из установок ФР-3,0 было подсоединено 8 дисковых пил. Пылесборник, имеющий увеличенный по сравнению с аппаратами ПУА объем, снабжен колесами и механизмом опрокидывания для выгрузки пыли. Вентилятор выполнен в звукоизолирующем корпусе, а на нагнетающей стороне вентилятора установлен шумоглушитель. Энергозатраты установок ФР-1,5 и ФР-3,0 составляют 1-1,2 кВт на 1 000 м<sup>3</sup> очищаемого воздуха.

Фильтры ФР-6 и ФР-10, предназначенные для создания центральной аспирационной вентсистемы, имеют механизм автоматической регенерации. Выгрузка пыли производится в такие же, как у аппаратов ПУА, мешки. Присоединение мешков производится принципиально другим способом, позволяющим исключить любое выбивание пыли. Имеется механизм, позволяющий производить замену любого мешка без отключения вентилятора. Установки ФР-6 и ФР-10 комплектуются вентилятором по отдельному заказу. При этом сам вентилятор может ставиться в отдельном помещении или устанавливаться в звукоизолирующий корпус.

Недостатком этих аппаратов является необходимость периодически опорожнять пылесборник и перегружать пыль. Эта проблема может быть решена либо за счет использования разовых мешков, либо за счет установки фильтра в непосредственной близости от места использования древесных отходов. Так, например, одна из установок с фильтром ФР-10 была смонтирована в помещении, сообщаемом с основным цехом (для возврата воздуха в помещение) и примыкающем к котельной, где отходы используются для отопления цеха.

Установка систем пылеудаления на наиболее «опасных станках» Шл 3Ц, Шл 3ЦВ показала, что фактические концентрации запыленности составили 2-2,5 мг/м<sup>3</sup>, что существенно ниже предельно-допустимых. На рис.2 показаны превышения фактических уровней звука по типам станков над предельно-допустимым значением (80 дБА). Следует отметить, что фактически для всех рабочих мест наблюдается превышение уровней звука, что составляет от 2 до 11 дБА.

Несмотря на то, что данные типы станков работают при постоянных значениях частот вращения узла шлифования, значительный разброс уровней звука для станков одного типоразмера объясняется различием в силах и мощностях резания при обработке различных пород древесины. Поэтому для разработки инженерных решений по снижению уровней звукового давления до санитарных норм необходимо изучить закономерности шумообразования и, в первую очередь, спектральный состав шума.

**Результаты экспериментальных исследований виброакустических характеристик.** Экспериментальные исследования для данной группы станков проводились на холостом ходу и при обработке различных конфигураций заготовок из различных пород древесины.

В процессе данной серии экспериментов фиксировались октавные уровни звукового давления и октавные уровни виброускорения. Поскольку процесс шумообразования определяется виброскоростями, а не виброускорениями, то уровни виброускорения пересчитывались в уровни виброскорости по известной формуле:

$$L_V = L_A - 20 \lg f + 60, \quad (2)$$

где  $L_V$  – уровни виброскорости, дБ;  $L_A$  – уровни виброускорения дБ;  $f$  – среднегеометрические частоты октавных полос, Гц.

Для практических расчетов зависимость (2) удобнее привести к следующему виду:

Частота, Гц	Уровень виброскорости, дБ
31,5	$L_V = L_A + 30$
63	$L_V = L_A + 24$
125	$L_V = L_A + 18$
250	$L_V = L_A + 12$
500	$L_V = L_A + 6$
1000	$L_V = L_A$
2000	$L_V = L_A - 6$
4000	$L_V = L_A - 12$
8000	$L_V = L_A - 18$

Результаты измерений показали, что уровни звукового давления по группам станков имеют идентичный характер в закономерностях формирования спектров шума. Поэтому формирование процесса шумообразования показано на примере наиболее и наименее шумоактивных станков. У станков со значительной мощностью привода главного движения уже на холостом ходу уровни звукового давления превышают предельно-допустимые значения. В частности, у двухдискового станка Шл 2Д уровень звукового давления в пятой октаве превышает санитарную норму на 2-3 дБ, а в шестой октаве практически находится на предельно-допустимом значении (рис.3).

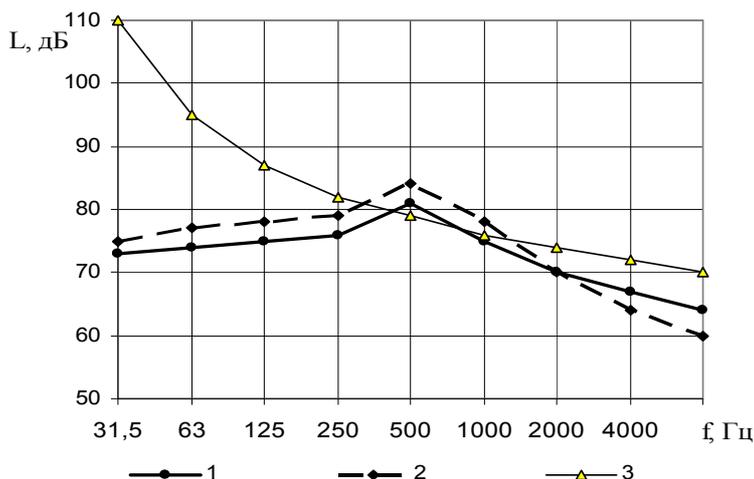
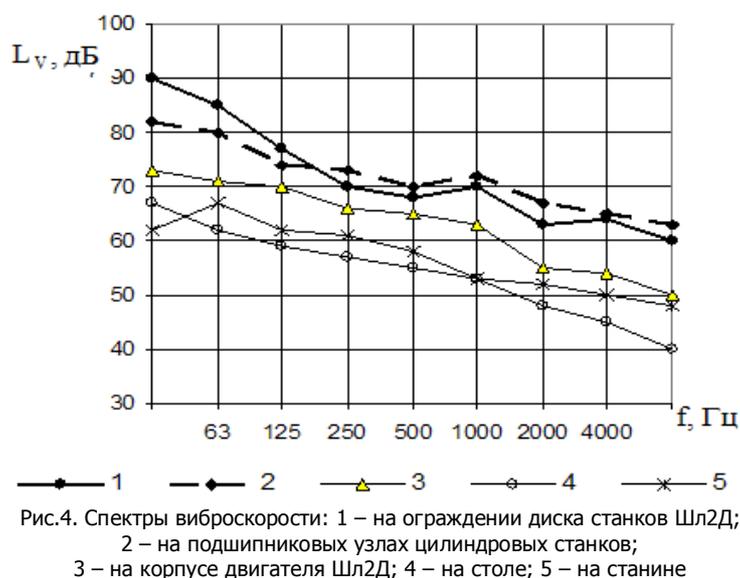


Рис.3. Спектры шума холостого хода станков: 1 – двухдискового Шл2Д; 2 – трехцилиндровых Шл3Ц-19 и Шл3ЦВ-19; 3 – предельный спектр

У трехцилиндровых станков уровни звукового давления на холостом ходу превышают предельно-допустимые в пятой и шестой октавах на 5 и 3 дБ соответственно. У этих станков (в отличие от дисковых и бобинно-дисковых) двигатель располагается в станине и можно предположить, что повышенные уровни шума на 500 и 100 Гц создаются подшипниками шлифовального узла. Эти выводы подтверждены и уточняются измерениями вибраций на основных узлах (рис.4).



Наиболее высокие уровни вибрации зафиксированы на ограждении шлифовального диска и подшипниковых узлах цилиндрических станков. Спектры этих узлов имеют интенсивные уровни вибрации в области средних и высоких частот, т.е. в достаточно широкополосном диапазоне 250-8000 Гц. Спектр вибраций корпуса двигателя станков ШлДБ более низкочастотный. Его спектральный состав характеризуется равномерным спадом интенсивности вибраций 3-4 дБ на октаву. Уровни вибраций корпуса двигателя на 5-10 дБ ниже, чем на ограждении диска. Причем эта закономерность сохраняется во всем частотном диапазоне 31,5-8000 Гц.

Вибрации стола и станины практически не оказывают влияния на процесс шумообразования станка. Действительно, в области средних и высоких частот уровни виброскорости стола и станины не превышают 60 дБ, что на 20-30 дБ меньше, чем уровни виброскорости на наиболее виброактивных узлах – ограждении шлифовального круга и подшипниковых узлах цилиндрических станков. Уровни вибрации на заготовках еще ниже и поэтому не показаны. Следует отметить, что при измерениях пьезоакселерометры к узлам станка крепились с помощью специального магнита, а к заготовкам из различных пород древесины приклеивались с помощью мастики. Измерения вибраций при обработке различных заготовок показали, что спектры в области средних и высоких частот практически не изменяются на несущей системе станка. Исключение составляют подшипниковые узлы цилиндрических станков, на которых уровни виброскорости в области частот 1000-8000 Гц увеличиваются на 3-4 дБ.

Характерной особенностью для возбуждения вибраций, рассматриваемых в работе деревообрабатывающих шлифовальных станков, является следующее – уровень технологических нагрузок при таких операциях невысок. Поэтому вибрационная энергия, поступающая в корпусные и базовые детали также незначительна и практически не приводит к изменению интенсивности излучения звуковой энергии. Однако шлифовальные диски, бобины и цилиндры, обладающие намного меньшими жесткостями и распределенными параметрами, являются теми источниками шума, которые и формируют процесс шумообразования всей акустической системы станка.

Поэтому спектры шума при шлифовании претерпевают существенные изменения в сравнении со спектрами холостого хода. В частности, у бобинно-дисковых станков звуковая энергия имеет равномерное распределение по интенсивности в частотном диапазоне 1000-8000 Гц (рис.5).

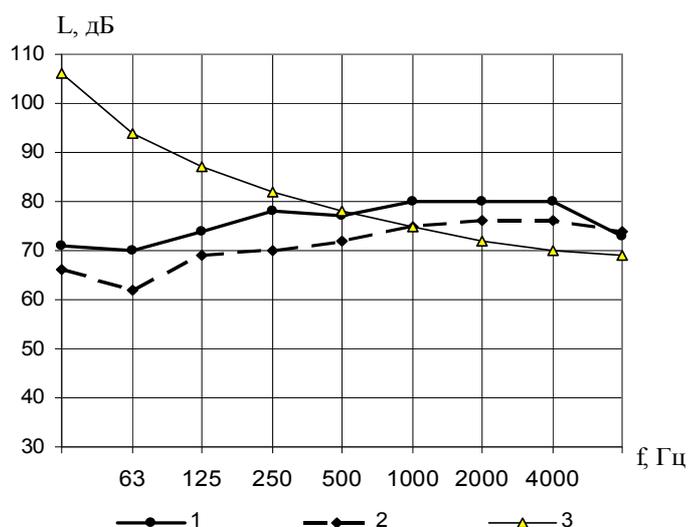


Рис.5. Спектры шума бабинно-дисковых деревообрабатывающих станков при шлифовании:  
1 – Шл2Д; 2 – ШлДБ; 3 – предельный спектр

Обращает на себя внимание идентичность спектрального состава в высокочастотной части спектра. Превышение уровней звукового давления у станка Шл2Д составляет 5-10 дБ в интервале частот 1000–8000 Гц. У станка Шл ДБ-3 уровень звукового давления в шестой октаве со среднегеометрической частотой 1000 Гц находится на предельно допустимом значении, а на более высоких частотах (2000-8000 Гц) превышение уровней звукового давления над предельно допустимыми значениями составляет 4-6 дБ. Разница в уровнях звукового давления у этих станков составляет 4,5-5 дБ, что объясняется мощностью процесса резания. Теоретическое значение измерения уровней шума составляет:

$$\Delta L = 20 \lg \frac{N_2}{N_1} = 20 \lg \frac{6,4}{2,8} = 7 \text{ дБ.}$$

Таким образом, граница между теоретическими и экспериментальными величинами составляет 2 дБ, что сравнимо с точностью измерительной аппаратуры.

Для цилиндрических станков закономерности шумообразования несколько иные, в особенности, в области частот 250-1000 Гц (рис.6).

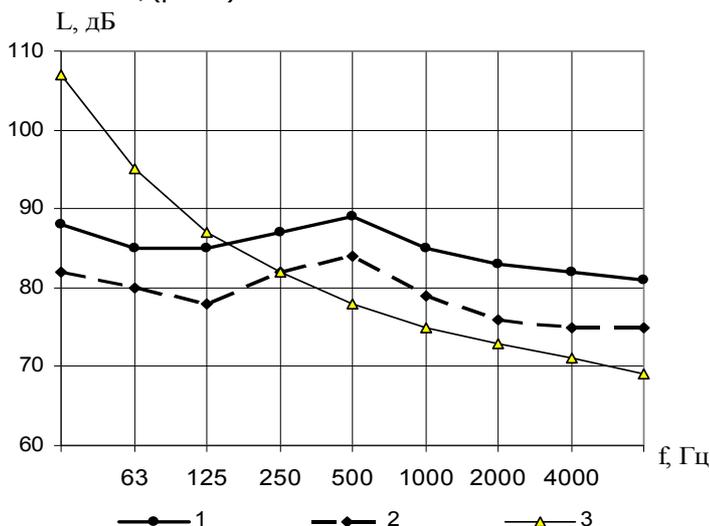


Рис.6. Спектры шума цилиндрических станков:  
1 – Шл3Ц-19; 2 – Шл3ЦВ; 3 – предельный спектр

Разница в уровнях звукового давления этих станков составляет 6-8 дБ. Теоретическое значение  $\Delta L = 20 \lg \frac{14}{7} = 20 \lg 2 = 7 \text{ дБ}$ , т. е. сходимость расчетных и экспериментальных величин еще выше.

Превышение же уровней звукового давления у станка ШлЗЦ-16 создается в более широкой полосе частот 250–8000 Гц и составляет 7-12 дБ. Причем минимальное значение превышения уровней звукового давления – 6 дБ наблюдается в четвертой октаве со среднегеометрической частотой 250 Гц. В пятой – шестой октавах превышение уровней звукового давления составляет 10-12 дБ. Следует отметить, что в третьей октаве со среднегеометрической частотой 250 Гц уровень звукового давления ниже предельно-допустимого на 2 дБ, что сравнимо с точностью измерительной аппаратуры.

Характерными отличиями спектров шума цилиндровых станков от бобинно-дисковых являются акустические характеристики в области частот 250-1000 Гц. Можно предположить, что в этом интервале значительное влияние оказывает звуковое излучение самого шлифовального цилиндра. Действительно, в отличие от дисков и бобин цилиндр имеет большую длину (1,9-2 м) и поэтому его спектр собственных форм колебаний более низкочастотный. Кроме этого, непосредственно в этом интервале частот происходит интенсивное излучение звуковой энергии подшипниковых узлов.

Аналогичные закономерности формирования спектров шума получены для станка ШлЗЦВ. Здесь также уровни звукового давления превышены в области частот 500-8000 Гц и величины превышений составляют 4-8 дБ.

**Заключение.** Таким образом, оценка условий труда на рабочем месте бобинно-дисковых и цилиндровых шлифовальных станках показала необходимость принятия серьезных мер по доведению вредных факторов производственной среды до нормативных значений. Подробный анализ причин превышения фактических значений параметров запыленности и шума над нормативными позволяет наметить пути приведения условий труда к требованиям безопасности.

Материал поступил в редакцию 14.09.2011

## **ASSESSMENT OF WORKING CONDITIONS AT WORKPLACES OF BOBBIN-DISK AND CYLINDER GRINDING MACHINES**

**M.A. TAMARKIN**

(Don State Technical University),

**M.Y. SHCHERBA**

(Rostov State Transport University)

*The working conditions at the workplace of the bobbin-disk and cylinder grinding woodworking machines are evaluated. The excess of the standard values of such occupational hazards as dust and noise parameters is stated. The causes of the excess of the real values of noise and dustiness over the standard ones are closely analyzed.*

**Keywords:** woodworkers, state of working conditions, exceeding dustiness and noise.