

Электронный архив УГЛТУ
A
3-93

На правах рукописи

Артём
Завьялов

Завьялов Артем Юрьевич

Обоснование методов акустического расчета и средств снижения
шума на рабочих местах деревообрабатывающих предприятий

Специальность 05.21.05 Древесиноведение, технология и оборудо-
вание деревопереработки

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Екатеринбург – 2013

Работа выполнена на кафедре охраны труда ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»

Научный руководитель: Старжинский Валентин Николаевич, доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Санников Александр Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры технической механики и оборудования целлюлозно-бумажного производства, ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»

Воронцов Евгений Викторович, кандидат технических наук, начальник департамента по охране труда и аттестации рабочих мест ООО «Инженер»

Ведущая организация: ОАО «Уральский научно-исследовательский институт переработки древесины»
(г. Екатеринбург).

A-1771

Захита диссертации состоится «11» декабря 2013 года в 10 часов на заседании диссертационного совета Д 212.281.02 при ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет», 620100 г. Екатеринбург, Сибирский тракт 37, ауд. 401.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет».

Автореферат разослан «8» ноября 2013 года

Ученый секретарь
диссертационного совета

Н.В. Куцубина

Ху
Научная библиотека
УГЛТУ
г. Екатеринбург

Общая характеристика работы

Актуальность темы. В динамике за последние 3 года в стране отмечается увеличение числа объектов, не отвечающих санитарно-эпидемиологическим требованиям по таким факторам как шум и вибрация.

Наиболее выраженное неблагоприятное воздействие шума и вибрации на работающих имеет место в деревообрабатывающей промышленности, где уровни звука на рабочих местах, генерируемые производственным оборудованием, достигают 110 дБА и более.

Согласно данным Федеральной службы государственной статистики (Росстат) на конец 2012 года списочная численность работников в стране занятых в деревообрабатывающей промышленности составила 218456 человек. Из них количество работников, работающих под воздействием повышенного уровня шума, ультразвука, инфразвука, составило 38996 человек, т. е. 17,9 % от списочной численности работников.

Поэтому обоснование выбора средств снижения шума на рабочих местах деревообрабатывающих предприятий и методов их акустических расчетов является актуальной задачей.

Работа выполнялась в рамках госбюджетной темы по единому наряд-заказу Министерства науки и образования РФ ГРНТИ 55.31.7787.55. 31:55.0177.

Степень разработанности темы. Проведенный анализ научно-технической литературы показал, что слабо разработаны вопросы влияния условий резания древесины на шумовые характеристики деревообрабатывающего оборудования, неясны физические процессы излучения звука дисковой пилой при ее колебаниях в процессе резания, отсутствуют данные о звукоизолирующих свойствах конструкций из сотового поликарбоната, являющегося перспективным материалом для снижения шума на рабочих местах.

Целью работы является улучшение условий труда работающих в деревообрабатывающем производстве по шумовому фактору. Для достижения указанной цели поставлены и решаются следующие задачи:

1. Дать анализ влияния изменения режимов резания на шумовые характеристики деревообрабатывающего оборудования;
2. Предложить теоретическую модель и исследовать процесс излучения шума при колебаниях диска круглых пил в процессе резания древесины;
3. Исследовать ультразвуковой режим на рабочих местах деревообрабатывающего оборудования и шумовые характеристики индивидуальных пылеуловителей (стружкоотсосов);
4. Исследовать акустические характеристики звукоизолирующих конструкций на основе сотового поликарбоната;
5. Разработать рекомендации по снижению вредного воздействия шума на рабочих местах и дать социально-экономическую оценку эффективности проведенных исследований.

Методы исследований. В качестве методологической основы работы использованы результаты ряда фундаментальных наук и труды русских и зарубежных ученых в области промышленной акустики, теории колебаний. Теоретические модели проверялись экспериментально с помощью современных методов акустических измерений в производственных условиях и на лабораторных установках с использованием современной электроакустической аппаратуры.

Основные научные положения и результаты работы, выносимые на защиту. Результаты теоретических и экспериментальных исследований влияния условий резания на шумовые характеристики деревообрабатывающих станков. Теоретические положения излучения шума при колебаниях круглых пил в процессе резания древесины. Результаты экспериментальных исследований акустической эффективности звукоизолирующих конструкций с использованием сотового поликарбоната. Рекомендации по снижению шума на деревообрабатывающих предприятиях, часть из которых защищена патентами на полезные модели.

Научная новизна работы. Впервые получены зависимости изменения шумовых характеристик деревообрабатывающего оборудования от изменения условий резания древесины. Установлены закономерности излучения шума круглыми пилами при их колебаниях под действием сил резания. Впервые получены данные по акустическим характеристикам звукоизолирующих конструкций из сотового поликарбоната, предлагаемых для снижения шума в деревообрабатывающих цехах.

Указанные положения являются оригинальными и впервые получены автором.

Практическая значимость работы. Разработанные на основе теоретико-экспериментальных работ мероприятия были проверены в производственных условиях ООО «Мебельная фабрика «ОМЕТА» (г. Екатеринбург), ООО «Ясень» (г. Кунгур), ООО «Европрофиль» (г. Добрянка).

Практическая ценность полученных в диссертации результатов состоит в том, что они дают количественную оценку основных физических факторов, влияющих на излучение звука при работе деревообрабатывающих станков. Полученные результаты применяются при разработке рекомендаций по акустическому расчету деревообрабатывающих цехов, а также могут быть использованы для создания надежных и эффективных методов прогноза снижения их шума.

Результаты работы используются в учебном процессе на кафедре охраны труда при выполнении лабораторных и практических работ, а также в дипломном проектировании.

Результаты работы направлены на улучшение условий труда по шумовому фактору на рабочих местах деревообрабатывающих предприятий и могут использоваться при разработке комплексных планов улучшения условий труда на конкретных предприятиях.

Достоверность и обоснованность результатов исследований базируется на стандартных методиках измерения акустических параметров процессов возникновения и излучения шума, хорошей сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований. Результаты исследований обработаны методами математической статистики с использованием современных вычислительных средств по типовым программам.

Личный вклад автора. Все работы по теме диссертации (разработка теоретических моделей, анализ литературы, проведение экспериментов, обработка и анализ экспериментальных материалов) осуществлены автором лично или при его непосредственном участии.

Апробация работы. Основные положения и результаты исследований обсуждены и получили положительную оценку на научно-методических семинарах кафедры охраны труда УГЛТУ в 2011, 2012 и 2013 гг.; на Всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов УГЛТУ в 2011, 2012 и 2013 гг.; на Международной научно-практической конференции «Наука в 21 веке: глобальные вызовы современности» в 2012 г. (г. Самара); на XVI Международной научно-практической конференции «Технические науки – от теории к практике» в 2012 г. (г. Новосибирск); на Международной научно-практической конференции «Вопросы образования и науки в XXI веке» в 2013 г. (г. Тамбов); на VI, VII, VIII международном евразийском симпозиуме “Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века” в 2011, 2012 и 2013 гг.

Публикации. По результатам исследований опубликовано 12 печатных работ, в том числе 2-х в изданиях, рекомендованных ВАК РФ и двух патентах на полезную модель (№ 127776, 132816).

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов, основных выводов и рекомендаций, списка использованных литературных источников, включающего 128 наименований, в т.ч. 23 наименований зарубежных авторов. Имеет общий объем 175 машинописных страниц, содержит 62 рисунка, 32 таблицы, 4 приложения.

Основное содержание работы

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, показана научная и практическая значимость результатов исследований, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

1 Состояние вопроса и постановка задач исследования

В главе дан анализ состояния условий труда на рабочих местах деревообрабатывающих предприятий страны и Свердловской области.

Анализ шумового режима деревообрабатывающих предприятий на современном этапе показывает, что участки и цеха этих предприятий относятся к категории опасных.

В развитие теории и практики борьбы с шумом большой вклад внесли отечественные ученые: В.И. Заборов, И.И. Клюкин, Г.Л. Осипов, Б.Д. Тартаковский, Е.Я. Юдин, И.И. Боголепов, С.Д. Ковригин, А.Е. Колесников, В.Н. Луканин, А.Г. Мунин, А.С. Никифоров, М.С. Седов, А.А. Скуридин, Л.В. Тузов, К.В. Фролов, М.А. Исаакович, Л.М. Лямшев, Д.Р. Гужас, Н.И. Иванов, О.Н. Русак.

Из зарубежных ученых следует упомянуть фундаментальные работы: Л. Беранека, Л. Крамера, Е. Майера, А. Шоха, Ф. Морза, К. Вестпфала, М. Хекла, Г. Куртце, К. Цвиккера, З. Маекавы и К. Костена.

Литература, посвященная вопросу снижения шума на деревообрабатывающих предприятиях, достаточно обширна.

В СССР работы по борьбе с шумом деревообрабатывающего оборудования начались в Ленинградском и Московском институтах охраны труда в 30-е годы. Известны работы В.Н. Лакомкина и Г.Л. Навяжского, которые посвящены исследованию шума круглопильных станков и разработке мероприятий по его снижению.

Большое число работ по проблемам шума в деревообрабатывающей промышленности посвятили Черемных Н. Н., Козыяков А. Ф., Гриньков В.П., Русак О. Н., Пашков В. К. и др.

Результаты исследования источников шума деревообрабатывающих станков и конкретных путей его снижения, полученные разными авторами, противоречивы и не всегда объясняются с позиции физики протекающих процессов.

Много работ по борьбе с шумом в деревообрабатывающей промышленности посвящено снижению шума общехозовых систем вентиляции и аспирации.

Предлагаемые способы уменьшения шума деревообрабатывающих станков в источнике возникновения не всегда позволяют достичь ожидаемого эффекта. Поэтому наиболее радикальным путем снижения шума на производстве является звукоизоляция источников шума (кожухи, акустические экраны). Вопрос выбора звукоизолирующего материала очень важен. Перспективным звукоизолирующим материалом является сотовый поликарбонат.

Из приведенного анализа состояния проблемы шума на деревообрабатывающих предприятиях вытекают основные задачи исследования, сформулированные выше.

2 Теоретические основы процессов шумообразования при резании древесины

В главе рассмотрены вопросы расчета изменения звуковой мощности при резании древесины при изменении параметров резания.

Исходными данными при акустических расчетах в деревообрабатывающих цехах являются шумовые характеристики станочного оборудования, от которых зависит точность результатов определения уровней звуко-

вого давления на рабочих местах, а, следовательно и стоимость разрабатываемых мероприятий по снижению шума.

При акустических расчетах деревообрабатывающих цехов, шумовые характеристики станков - уровни звуковой мощности - приходится брать из справочников.

К сожалению, в этих справочных материалах не указываются параметры резания, при которых они получены, а от них зависят уровни излучаемой звуковой мощности.

Введем понятие акустического коэффициента мощности деревообрабатывающего станка:

$$\eta_a = \frac{P}{N}, \quad (1)$$

где P - звуковая мощность, излучаемая станком, Вт; N - функциональная мощность станка (мощность резания), Вт.

Звуковая мощность станка находится в сложной функциональной зависимости от мощности резания и является его индивидуальной характеристикой. Она может быть записана:

$$P = N\eta_a, \text{ Вт.} \quad (2)$$

Мощность, затрачиваемая на резание, определяется по формуле А.Л.Бершадского:

$$N = KbhV_n = FV_n, \quad (3)$$

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_n - скорость подачи, м/сек; F - сила резания, Н.

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

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

Удельная работа K для расчетных условий в формуле (3) находится как произведение табличного значения удельной работы K_T , действительного для определенных, так называемых, табличных условий резания, на поправочные множители, учитывающие отличия расчетных условий резания от табличных:

$$K = K_T a_n a_w a_t a_\varphi a_p a_\delta a_v a_i = K_T a_{nonp}, \quad (4)$$

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

зания; 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 $a_{\text{нор}}$ и определяет также изменение излучаемой звуковой мощности при изменении этих условий.

Исходя из формул (2) - (4), можно записать выражение для звуковой мощности:

$$P = K_T b h V_{\pi} \eta_a a_{\text{нор}}. \quad (5)$$

Введем пороговые параметры ($P_0 = 10^{-12}$ Вт; $K = 1$ Дж/см³; b и $h = 1$ мм; $V_{\pi} = 1$ м/с), прологарифмируем по основанию 10 и умножим на 10, получим выражение (5) и перенесем в левую часть уравнения (5) и перенесем в правую часть, получим:

$$L_p = 10 \lg K_T \eta_a + 10 \lg V_{\pi} + 10 \lg (bh) + 10 \lg a_{\pi} + 10 \lg a_r + 10 \lg a_\varphi + 10 \lg a_\delta + 10 \lg a_v + 10 \lg a_t, \text{ дБА.} \quad (6)$$

Обозначим слагаемое ($K_T \eta_a$) через L_p^0 .

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

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

Результаты расчетов поправок на изменение уровней звуковой мощности в зависимости от условий резания (ΔL_p) сведены в таблицы.

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 дБА.

В главе так же дан теоретический анализ излучения шума при колебаниях круглых пил в процессе резания древесины.

Диск пилы представляет собой однородную изотропную круглую пластину, ограниченную двумя концентрическими окружностями (r_o и r_i).

Уровень звуковой мощности, излучаемый источником с заданным распределением колебательной скорости, определяется:

$$L_p = L_v + 10 \lg S + 10 \lg \sigma \text{ дБ,} \quad (7)$$

где σ - коэффициент излучения; S - площадь поверхности излучения (диска пилы), м²; L_v - средний уровень колебательной скорости (относительно 5×10^{-8} м/с).

Уравнение движения диска пилы в цилиндрических координатах под действием внешней силы запишется:

$$D(1+i\eta_{\pi})\nabla^4\omega(r,\theta,t)+m_{\pi}\frac{\partial^2\omega(r,\theta,t)}{\partial t^2}=q(r,\theta,t), \quad (8)$$

где $D = \frac{Eh^3}{12(1-\mu^2)}$ - цилиндрическая жесткость пластины на изгиб; E - модуль упругости материала; h - толщина пилы; μ - коэффициент Пуассона; $i = \sqrt{-1}$ - мнимая единица; η_{π} - коэффициент потерь; $\omega(r,\theta,t)$ - прогиб срединной плоскости пилы; m_{π} - вес единицы площади диска пилы; r, θ - текущая радиальная и угловая координаты точки диска пилы; $q(r,\theta,t)$ - интенсивность внешней нагрузки; $\nabla^4 = (\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2})(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2})$ - двойной оператор Лапласа в полярных координатах r, θ .

Границные условия на внутреннем радиусе диска пилы (в месте крепления его зажимными шайбами) при $r = r_0$ можно представить в виде жесткого закрепления внутреннего контура: $\omega = 0; \frac{\partial \omega}{\partial r} = 0$.

Границные условия на внешнем контуре в процессе пиления будут постоянно меняться от свободных колебаний (как происходит при холостом ходе пилы) до шарнирно-упорного контура и даже до жестко закрепленного контура при пилении.

Находя фундаментальные функции из решения однородного уравнения, интегрируя основное дифференциальное уравнение (8), а также аппроксимируя нагрузку, действующую на диск пилы действием периодических импульсов ($I = P \times \tau$) с периодом $T = \frac{60}{nz}$ (рис. 1), где n - число оборотов диска пилы в минуту; z - число зубьев пилы, используя операционный метод решения, получим выражение для определения уровня звуковой мощности, излучаемой пилой с учетом (7).

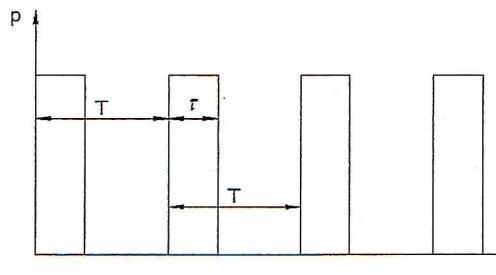


Рис. 1 – График изменения нагрузки во времени

$$L_p = 10 \lg \frac{\int_{r_i}^{r_o} R^2(r) \Phi^2(\theta) \int_0^n R^2(r) nz}{4\pi^2 \|R^2\|^2 q_{\pi}^{1.5} h^3 E^{0.5} \eta_{\pi}} + 10 \lg \sigma + 10 \lg S, \quad (9)$$

где $R(r)$ и $\Phi(\theta)$ - неизвестные функции только r и θ ; q_{π} - плотность материала диска пилы.

Как видно из формулы (9), для двух пил с одинаковыми размерами в плане основное значение для излучения шума пилой имеет толщина пилы. Увеличение толщины пильного диска в 2 раза дает снижение уровня ударного шума примерно на 9 дБ.

Снижение числа зубьев пилы в 2 раза приводит к снижению уровня шума на 3 дБ. Такого же снижения уровня можно добиться увеличением коэффициента потерь в 2 раза и снижением скорости резания.

Влияние площади поверхности пилы на излучаемую звуковую мощность подтверждает полученную ранее зависимость: изменение площади в 2 раза дает изменение уровня звука на 3 дБ.

В главе рассмотрено влияние коэффициента излучения на звуковую мощность шума круглых пил при пилении древесины.

Слагаемое $10\lg\sigma$ в формуле (9) определяет механизм перехода вибраций диска пилы в акустическую энергию шума.

Впервые излучение звука при изгибных колебаниях пластин было рассмотрено Л. Кремером. Им получена формула зависимости коэффициента излучения бесконечной пластины от соотношения изгибной волны в пластине λ_{II} и длины звуковой волны в воздухе λ в виде:

$$\sigma = \left(1 - \frac{\lambda^2}{\lambda_{II}^2}\right)^{\frac{1}{2}}. \quad (10)$$

Условие $\lambda_{II} = \lambda$ является граничным условием между двумя областями частот, принципиально отличающихся по характеру излучения.

Для каждой пластины условие $\lambda = \lambda_{II}$ соответствует вполне определенному значению частоты. Эту частоту, называемую критической, можно вычислить в общем случае по формуле:

$$f_{kp} = \frac{c^2}{\pi\delta} \sqrt{\frac{3\rho(1-\mu^2)}{E}}, \quad (11)$$

где ρ , δ , E , μ – плотность, толщина, модуль Юнга и коэффициент Пуассона пластины соответственно.

Выражение (10) характеризует лишь принципиальную зависимость излучения от частоты при изгибных колебаниях пластин. Для практических расчетов оно не может быть использовано вследствие чрезмерной идеализации реальных условий. В первую очередь это относится к размерам излучающих дисковых пил, которые на практике всегда ограничены.

Приведенные выше зависимости звукоизлучения характерны для безграничных пластин, совершающих колебания изгиба. У пластин конечных размеров наблюдается заметное излучение и в области ниже критической частоты, что объясняется неполной компенсацией вытесняемого и перемещаемого обратно при колебаниях ограниченной пластины объемов соседних участков среды.

Звуковое излучение диска пилы определяется тремя составляющими: первая составляющая совпадает с полем излучения бесконечной пластины.

- вторая составляющая возбуждается краями диска пилы. Если пренебречь искажениями поля на краях пилы, считая амплитудное распределение строго синусоидальным, то краевым эффектом можно пренебречь на свободных краях диска пилы и нельзя пренебречь для просто опертого диска.
- третья составляющая – это звук, связанный с искажениями поля колебаний в окрестности точки возбуждения (точки приложения силы).

В том случае, когда внешняя сила представляет собой точечную или линейную силу, возбуждаются колебания практически всех форм собственных колебаний системы. Возбуждаются и низкие формы собственных колебаний, резонансные частоты которых значительно ниже частоты силы. Для этих форм собственных колебаний расстояние между узловыми линиями значительно больше половины длины звуковой волны. Они акустически не короткозамкнуты, и их сопротивление излучения довольно близко к ρc .

С практической точки зрения на высоких частотах нет большой разницы, возбуждается ли пластина точно в центре или на каком-то расстоянии от него. Звуковая мощность будет почти такой же.

Резюмируя вышесказанное в отношении излучения звука дисковой пилой можно сделать следующие выводы.

На холостом ходу, когда источником вибрации пильного диска пилы являются аэродинамические возмущения и силы неуравновешенности, коэффициент излучения подчиняется рассмотренным выше закономерностям, которые характерны для бесконечной пластины и пластины со свободными от закрепления краями. Излучение на частотах ниже критической частоты (f_{kp}) будет ослабленным из-за акустического короткого замыкания на наружном радиусе диска пилы.

В процессе пиления характер излучения шума диском пилы меняется из-за точечного возбуждения силами резания. Звуковая мощность в диапазоне частот $f < f_{kp}$ излучается как зоной возбуждения так и внешней кромкой пилы. Излучаемая кромкой звуковая мощность пропорциональна среднеквадратичной скорости диска пилы, т. е. она уменьшается по мере повышения его демпфирования. Излучаемая зоной возбуждения звуковая мощность пропорциональна квадрату силы возбуждения и почти не зависит от демпфирования. При увеличении демпфирования всегда остается излучение зоной возбуждения.

На частотах $f > f_{kp}$ коэффициент излучения пилы постоянен. Сплошные отверстия в диске пилы (например, для установки подрезных ножей) создают условия для акустического короткого замыкания между передней

и задней поверхностями диска пилы, что приводит к снижению излучения звуковой мощности.

3 Методологические основы проведения экспериментальных исследований

В главе приведены и обоснованы целью экспериментальных исследований следующие методики определения акустических параметров: методики измерения шума и вибрации в производственных условиях, коэффициента излучения шума при колебаниях пильных дисков, эффективности звукоизоляции ограждающими конструкциями и материалами, коэффициентов звукопоглощения материалов и конструкций в малых реверберационных камерах, а также оценки погрешности измерений уровней шума и вибрации.

Дана оценка технических характеристик прецизионного прибора Окта-110А и акустического многофункционального измерителя Экофизика-110А, использованных при измерении параметров шума, вибрации, ультразвука.

4 Результаты экспериментальных исследований

Впервые получены ультразвуковые характеристики деревообрабатывающего оборудования. И хотя уровни ультразвукового излучения на рабочих местах деревообрабатывающих станков и не превышают предельно допустимых значений, но их близость к этим значениям, делает необходимым осуществлять мониторинг состояния ультразвукового излучения.

До 1990-х годов для улавливания пыли и стружки деревообрабатывающих станков использовались общечеховые системы аспирации с применением различного вида циклонов. В настоящее время все более широкое применение находят пылеуловители (фильтры) с использованием фильтровальных материалов.

Были проведены измерения уровней звукового давления двух стружкоотсосов различных производителей: ООО «Энкор-Инструмент-Воронеж» и «Ками Станкоагрегат». Результаты показывают превышение предельно допустимых уровней (3-5 дБ) для стружкоотсоса первого производителя в частотном диапазоне 250-1500 Гц и незначительное (0,5 дБ) - для второго на частоте 250 Гц. Хорошим решением для уменьшения шума видится установка акустических экранов между рабочим местом станочника и непосредственно стружкоотсосом.

Влияние условий резания древесины на уровень звуковой мощности проверялось экспериментально. Также для подтверждения теоретических данных были использованы экспериментальные данные, полученные Пашковым В. К. и Красиковым А. С. В проведенных ими экспериментах, в числе других показателей, была установлена зависимость излучаемого шума от режимов резания в круглопильных станках для продольной распиловки.

Исследованы коэффициенты излучения круглых пил при возбуждении в них изгибных колебаний. Результаты показывают, что на низких частотах (ниже критической) величина их не соответствует теоретическим представлениям по теории Л. Кремера.

В главе также приведены результаты исследований на основе полного факторного эксперимента различных звукоизолирующих конструкций, выполненных из листов сотового поликарбоната с воздушным слоем или со звукопоглощающим материалом между стенками. В качестве исследуемых факторов были приняты: толщины стенок из сотового поликарбоната в конструкции, толщина слоя между стенками конструкции.

В результате эксперимента получены уравнения регрессии звукоизоляции данных конструкций на среднегеометрических частотах октавных полос с доверительной вероятностью $P \geq 0,95$.

Приведены сравнительные характеристики звукоизолирующих конструкций по акустической эффективности.

Область применения звукоизолирующих конструкций из сотового поликарбоната одностенных и двустенных с воздушным слоем или со звукопоглощающим материалом между стенками - звукоизолирующие кожухи станков, звукоизолирующие кабины управления, звукоизолирующие ограждения. Особенно перспективным видится использование этих конструкций при изготовлении акустических экранов.

5 Разработка рекомендаций по улучшению условий труда по шумовому фактору на рабочих местах деревообрабатывающих предприятий

На большинстве отечественных предприятий деревообрабатывающие станки эксплуатируются без специальных мер шумозащиты, без ограждений, предназначенных для снижения шума в рабочей зоне оператора.

Основные меры, способы и средства снижения шума приводятся в классификации ГОСТ 12.1.029-80, согласно которой по отношению к защищаемому объекту средства шумозащиты делятся на коллективные и индивидуальные. По отношению к источнику шума средства защиты от шума делятся на снижающие шум в источнике и на пути распространения, а в зависимости от способа реализации средства и методы защиты делятся на акустические, компоновочные и организационно-технические. В главе рассмотрено применение методов и средств защиты от шума на исследуемых объектах в рамках приведенной классификации.

Из приведенного анализа видно, что акустические экраны наиболее простое и экономически выгодное средство защиты от шума. Они применяются для установки вблизи источников шума или у рабочего места в зависимости от конструктивного исполнения экраны могут быть плоскими, Г и П – образными.

В результате теоретических и экспериментальных изысканий была спроектирована конструкция АЭ из сотового поликарбоната. Данный экран установлен на деревообрабатывающем предприятии ООО «Ясень» г.Кунгур, что подтверждено актом промышленной апробации. Применение экрана позволило снизить уровень шума, форматно-раскроечного станка, до санитарных норм на рабочем месте оператора кромкооблицовочного станка.

Разработаны две конструкции легких передвижных акустических экранов. На обе конструкции получены патенты на полезные модели (№127776, 132816).

К организационно-техническим мерам по борьбе с шумом можно отнести использование рациональных режимов труда и отдыха работающих.

Социальное значение проблемы борьбы с шумом в первую очередь заключается в улучшении условий труда и отдыха, снижении текучести кадров, продлении периода активной деятельности работающих, повышении удовлетворенности трудом.

Расчет экономической эффективности от использования АЭ проведенный по методике В.И. Зaborова и А.Ш. Шапиро показал, что снижение уровня шума обеспечивает не только социальный эффект, но и дает экономический эффект за счет снижения трудовых потерь вследствие уменьшений заболеваемости работающих. Годовой экономический эффект от использования акустического экрана составляет 24600 руб./год на одно рабочее место. Он незначителен, но обеспечение безопасности жизнедеятельности человека оказывается более важным.

Основные результаты и выводы

1. Результаты анализа проведенных медицинских обследований работников шумных профессий показали, что туготухость в последние годы вышла на ведущее место в структуре профессиональных заболеваний и не имеет тенденции к снижению.
2. С учетом специфики акустических проблем в деревообрабатывающей промышленности выявлены научные задачи, связанные с акустическими расчетами при разработке средств снижения шума на рабочих местах деревообрабатывающего оборудования.
3. Для проведения акустических расчетов с целью определения изменения шумовых характеристик оборудования при изменении условий резания древесины предложена гипотеза коэффициента акустической мощности.
4. Получены таблицы справочных данных для расчета изменения уровней звуковой мощности оборудования от различных параметров резания.
5. Предложена акустическая модель излучения шума круглой пилой при пилении древесины.
6. Исследованы коэффициенты излучения шума круглой пилой при колебаниях ее диска.

7. Впервые получены ультразвуковые характеристики деревообрабатывающего оборудования.

8. На основе поисковых исследований по звукоизоляции листов сотового поликарбоната, проведенных ранее, разработаны и исследованы свойства различных звукоизолирующих конструкций из листов сотового поликарбоната.

9. Предложена классификация средств шумозащиты на деревообрабатывающих предприятиях и дана их социально-экономическая оценка.

10. Результаты работы позволяют обоснованно выбирать рациональные конструктивные решения средств шумоглушения и производить количественную оценку их эффективности на стадии проектирования.

11. Предложенные конструкции экранов из сотового поликарбоната защищены патентами на полезные модели.

12. Результаты работы использованы на 3-х деревообрабатывающих предприятиях и используются в учебном процессе на кафедре охраны труда.

Основное содержание диссертации изложено в публикациях:

1. Завьялов А.Ю. К вопросу снижения шума аспирационных установок на деревообрабатывающих предприятиях / В.Н. Старжинский, А.Ю. Завьялов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: матер. VII Всерос. науч.-техн. конф. / Урал. гос. лесотехн. ун-т. - Екатеринбург, 2011. Ч.2. С 207-209.

2. Завьялов А.Ю. Вакуумные вентиляторы для аспирационных установок на деревообрабатывающих предприятиях / В.Н. Старжинский, А.Ю. Завьялов // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. Труды VI международного евразийского симпозиума / Под научной ред. М.В. Газеева - Екатеринбург, 2011. С 345-348.

3. Завьялов А.Ю. К вопросу снижения шума, генерируемого потоком в воздуховодах аспирационных установок на деревообрабатывающих предприятиях / В.Н. Старжинский, А.Ю. Завьялов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: матер. VIII Всерос. науч.-техн. конф. / Урал. гос. лесотехн. ун-т. - Екатеринбург, 2012. Ч. 1. С 236-239.

4. Завьялов А.Ю. Акустические характеристики сотового поликарбоната / В.Н. Старжинский, Д.Р. Гагарин, С.В. Совина, А.Ю. Завьялов // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. Труды VII международного евразийского симпозиума / Под научной ред. В.Г. Новоселова - Екатеринбург, 2012. С 309-313.

5. Завьялов А.Ю. Исследование звукоизоляции конструкций из сотового поликарбоната / В.Н. Старжинский, А.Ю. Завьялов // Наука в XXI веке: глобальные вызовы современности [Текст]: материалы Международной научно-практической конференции, г.Самара, 31 декабря 2012 г. / Под ред. Коноваловой М.Е. Самара : Изд. «Самарский издательско-полиграфический техникум», 2012. С 22-24.

6. Завьялов А.Ю. Звукоизолирующие свойства конструкций из сотового поликарбоната / В.Н. Старжинский, А.Ю. Завьялов // «Технические науки – от теории к практике»: материалы XVI Международной заочной научно-практической конференции. (12 декабря 2012 г.); [под ред. Я.А. Полонского]. Новосибирск: Изд. «СибАК», 2012. С 130-137.

7. Завьялов А.Ю. Уровни воздушного ультразвука в деревообработке / В.Н. Старжинский, А.Ю. Завьялов // Вопросы образования и науки в XXI веке: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 29 апреля 2013 г.: в 11 частях. Часть 4; М-во обр. и науки РФ. Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2013 С 70-72.

8. Завьялов А.Ю. Влияние условий резания древесины на шумовые характеристики деревообрабатывающих станков / В.Н. Старжинский, А.Ю. Завьялов, С.В. Совина // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 1; URL: <http://www.science-education.ru/107-8245> (дата обращения: 29.01.2013).

9. Завьялов А.Ю. К вопросу снижения шума звукоизолирующими конструкциями из сотового поликарбоната / В.Н. Старжинский, А.Ю. Завьялов // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России: м-тер. IX Всерос. науч.-техн. конф. / Урал. гос. лесотехн. ун-т. - Екатеринбург, 2013. Ч. 1. С 236-239.

10. Завьялов А.Ю. Теоретические положения излучения шума пильным диском при резании древесины / В.Н. Старжинский, А.Ю. Завьялов, С.В. Совина // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 3; URL: <http://www.science-education.ru/109-9339> (дата обращения: 11.06.2013).

11. Пат. 127776 РФ МПК E04B 1/82. Передвижной легкий акустический экран / В.Н. Старжинский, А.Ю. Завьялов – 2012150258/03; Заявлено 23.11.2012; Опубл. 10.05.2013. Бюл. №13.

12. Пат. 132816 РФ МПК E04B 1/99. Передвижной акустический экран / В.Н. Старжинский, А.Ю. Завьялов – 2013119947/03; Заявлено 29.04.2013; Опубл. 27.09.2013. Бюл. №27.

Ваши отзывы на авторефераты в двух экземплярах, заверенные печатью организации, просим направлять по адресу: 620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, 37. УГЛТУ, ученому секретарю диссертационного совета.

Подп. в печать 29.10.2013 г. Объем 1 п.л. Заказ № 219 Тираж 100
Уральский государственный лесотехнический университет 620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37. Отдел оперативной полиграфии.