

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ ДВОЙНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ШУМА В ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕХАХ

Завьялов А.Ю.¹, Старжинский В.Н.¹, Совина С.В.¹

¹ФГОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет», Екатеринбург, Россия (620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37), e-mail: z.artem96@gmail.com

Наиболее радикальным путем снижения шума на деревообрабатывающем производстве является звукоизоляция источников шума с помощью различных ограждений. Двойные ограждения являются более эффективными звукоизолирующими конструкциями по сравнению с однослойными ограждениями. Перспективным материалом для изготовления двойных ограждений является сотовый поликарбонат, представляющий собой сотовую конструкцию. Известные теоретические методы определения звукоизоляции панелей не позволяют оценить влияние различных конструктивных параметров сотовых конструкций на их звукоизолирующие свойства. Поэтому данные по звукоизолирующим свойствам сотовых панелей можно получить только экспериментально. Кроме того, в рекламных материалах фирм производителей и продавцов сотового поликарбоната отсутствуют или даются отрывочные сведения о его звукоизоляции. Были проведены исследования по определению звукоизолирующих свойств двойных конструкций из сотового поликарбоната с воздушным слоем и звукопоглощающим материалом между стенками.

Ключевые слова: звукоизоляция, ограждающие конструкции, сотовый поликарбонат

RESEARCH OF SOUNDPROOFING OF DOUBLE FENCING TO REDUCE NOISE IN WOODWORKING

Zavyalov A.Y.¹, Starzhinsky V.N.,¹Sovina S.V.¹

¹The Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia (620100, Sverdlovsk region, Yekaterinburg, Siberian highway, 37), e-mail: z.artem96@gmail.com

Soundproofing of noise sources by dint of fencing is the most radical way to reduce noise in woodworking. Double fences are more effective soundproof device as compared with single fences. Ceiling polycarbonate is promising material for the making of double fencing representing ceiling structure. Known theoretical methods for the determination of soundproof fences does not permit the effect of various constructional parameters of ceiling structures of their soundproofing properties. Therefore, soundproofing properties data of ceiling fences can define experimentally only. In addition, promotional materials of producer and marketers of ceiling polycarbonate are missing or are fragmentary information about its soundproofing. Research to determine the soundproofing properties of double fences with air layer and soundproofing material between the walls have been conducted.

Keywords: soundproofing, fences, ceiling polycarbonate

Звукоизоляция источников шума ограждающими конструкциями остается одним из основных методов защиты от шума на деревообрабатывающем производстве. Механизм передачи звука через ограждение в общих чертах состоит в том, что звуковая волна, падающая на ограждение, приводит его в колебательное движение с частотой, равной частоте колебаний частиц воздуха в волне. В результате этого ограждающая конструкция сама становится источником звука и излучает его в окружающее пространство. Однако величина излучаемой звуковой мощности в сотни и более раз меньше звуковой мощности, падающей на ограждение со стороны источника шума. Звукоизолирующее действие ограждающей конструкции состоит в том, что большая часть звуковой энергии отражается от ограждения [5].

Все большее применение для изготовления ограждающих конструкций находят слоистые и многослойные конструкции ограждений. Во многих случаях их звукоизоляция бывает значительно более высокой, чем звукоизоляция однослойных ограждений того же веса.

Установлено, что звукоизоляционные качества двойного ограждения зависят от массы панелей, составляющих двойное ограждение, соотношения их жесткостей, толщины воздушного промежутка или слоя материала с малым динамическим модулем упругости, критической частоты волнового совпадения каждой панели, составляющей двойное ограждение, резонанса всей конструкции «масса первой плиты — упругая связь — масса второй плиты», характера связи панелей между собой по контуру [3, 4].

Важным вопросом при изготовлении ограждающих конструкций является выбор звукоизолирующего материала. Перспективным материалом является сотовый поликарбонат. Он обладает хорошими звукоизолирующими, оптическими и технологическими качествами, а также нашел широкое применение в строительстве и промышленности. Важным достоинством сотового поликарбоната является его невысокая стоимость по сравнению с другими звукоизолирующими материалами.

Сотовый поликарбонат представляет собой два слоя, которые соединены между собой большим количеством внутренних ребер. Готовый образец напоминает соты. При этом известные теоретические методы определения звукоизоляции панелей не позволяют оценить влияние различных конструктивных параметров сотовых конструкций на их звукоизолирующие свойства. Поэтому данные по звукоизолирующим свойствам сотовых панелей можно получить только экспериментально [1]. Кроме того, в рекламных материалах фирм производителей и продавцов сотового поликарбоната отсутствуют или даются отрывочные сведения о его звукоизоляции.

На кафедре охраны труда Уральского государственного лесотехнического университета (УГЛТУ) были проведены исследования по определению звукоизолирующих свойств конструкций из сотового поликарбоната. Звукоизоляция конструкций из сотового поликарбоната определялась реверберационным методом [2].

В ходе экспериментов определялась звукоизоляция 2-х видов двустенных конструкций: с воздушным слоем между стенками из сотового поликарбоната и со звукопоглощающим материалом (ЗПМ) между стенками из сотового поликарбоната.

Рассмотрим конструкцию из сотового поликарбоната с воздушным слоем между листами. Толщины верхних и нижних листов (4, 8 и 16 мм) и величины воздушного промежутка (20, 45, 65 мм) в ходе эксперимента варьировались.

На рис. 1 показаны результаты звукоизоляции конструкций с различной толщиной воздушного слоя между стенками. Как видно из графика, увеличение звукоизоляции двустенной конструкции происходит за счет увеличения толщины воздушного слоя.

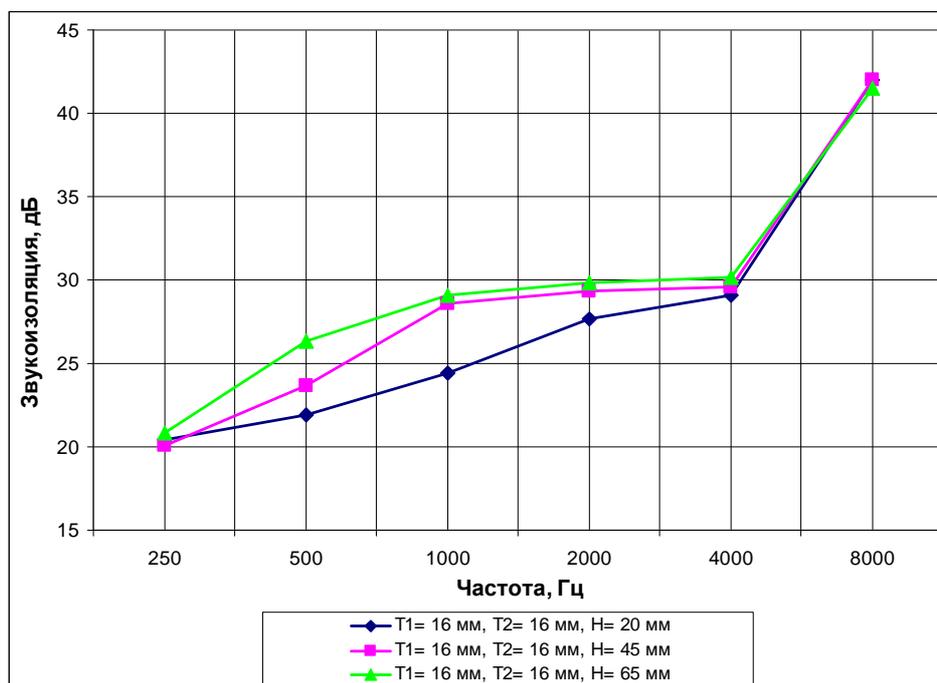


Рисунок 1 - Сравнение звукоизоляции двустенных конструкций из сотового поликарбоната с различной толщиной воздушного слоя. $T1$ – толщина нижнего листа, $T2$ – толщина верхнего листа, H – толщина воздушного слоя.

При этом конструкция с самым большим воздушным промежутком (65 мм) превосходит по звукоизоляции конструкцию с самым малым воздушным промежутком (20 мм) на 3-6 дБ в низко- и среднечастотной области спектра. Начиная с 4000 Гц, увеличения звукоизоляции не произошло, но это несущественно, так как в этой области частот дальнейшего увеличения звукоизоляции обычно не требуется.

На рис. 2 показаны результаты звукоизоляции конструкций с различной толщиной стенок. Первая из конструкций состоит из двух листов сотового поликарбоната одинаковой толщины (8 мм), а вторая из 2-х листов разной толщины (нижний лист 4 мм, верхний 8 мм). Как уже было отмечено выше, звукоизоляционные качества двойного ограждения зависят не только от массы панелей, составляющих двойное ограждение, но и соотношения их жесткостей. В данном случае, во второй конструкции верхняя и нижняя панель отличаются друг от друга массой и жесткостью. Благодаря этому, звукоизоляция второй конструкции оказалась выше звукоизоляции первой конструкции на 3-7 дБ.

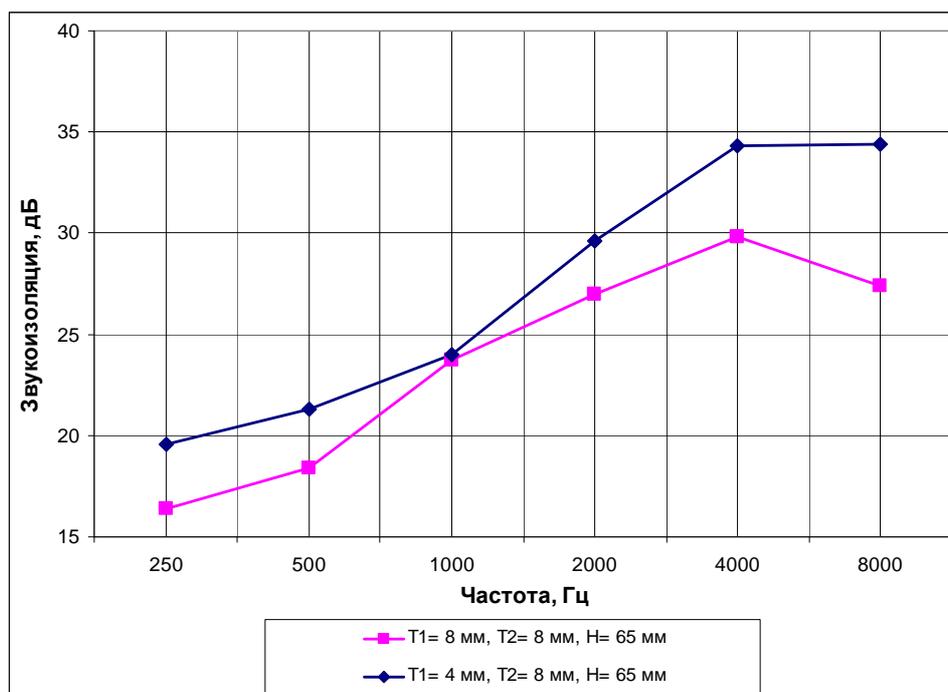


Рисунок 2 - Сравнение звукоизоляции двустенных конструкций из сотового поликарбоната с различной толщиной стенок. $T1$ – толщина нижнего листа, $T2$ – толщина верхнего листа, H – толщина воздушного слоя.

Конструкции со слоем звукопоглощающего материала между стенками более эффективны по сравнению с конструкциями с воздушным слоем между стенками. В качестве звукопоглощающего материала использовался «АкустовЪ Рельеф-П» со средним коэффициентом звукопоглощения $NRC = 0,6$. Данный материал отличают высокие звукопоглощающие характеристики на средних и низких частотах. Также он прост для монтажа.

На рис. 3 представлены результаты измерения звукоизоляции двустенной конструкции с непрерывным и равномерным заполнением звукопоглощающим материалом по всей площади между стенками.

Результаты показывают, что если заполнить пространство между стенками сплошь ЗПМ толщиной 45 мм (первоначальный объем), то звукоизоляция будет меньше, чем в случае заполнения лишь половины этого расстояния (ЗПМ толщиной 22 мм), т.е. когда звукопоглощающего материала вдвое меньше, звукоизоляция примерно на 3-7 дБ больше.

При сплошном заполнении звукопоглотителем пространства между стенками конструкции звукоизоляция в определенной области частот оказалась даже меньше, чем вообще без него. Это объясняется тем, что основной звукоизолирующий эффект определяется рассогласованием импедансов, а акустическое сопротивление ЗПМ примерно в 4 раза больше акустического сопротивления воздуха.

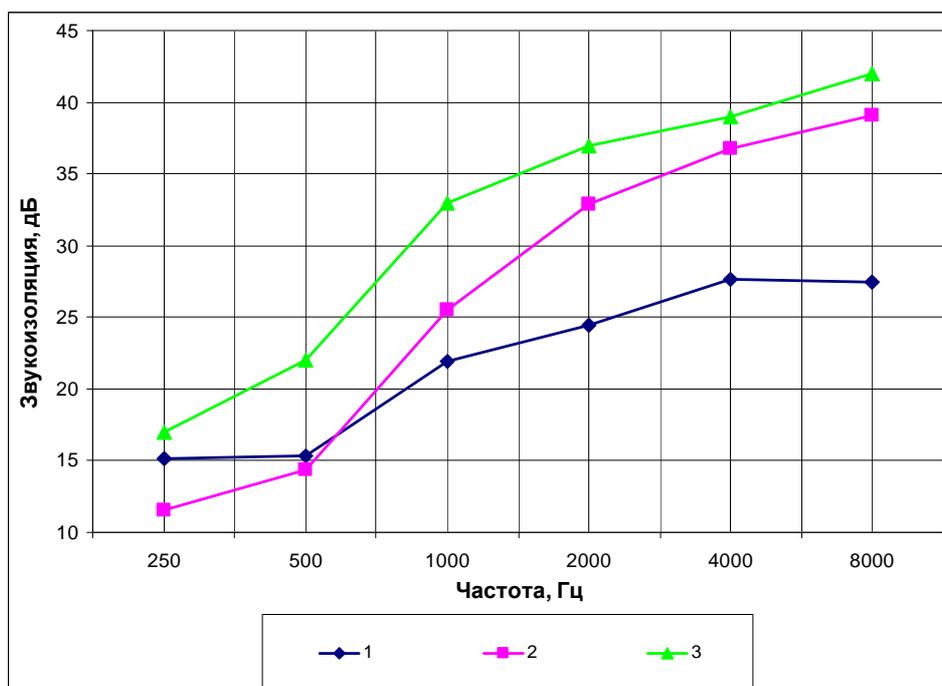


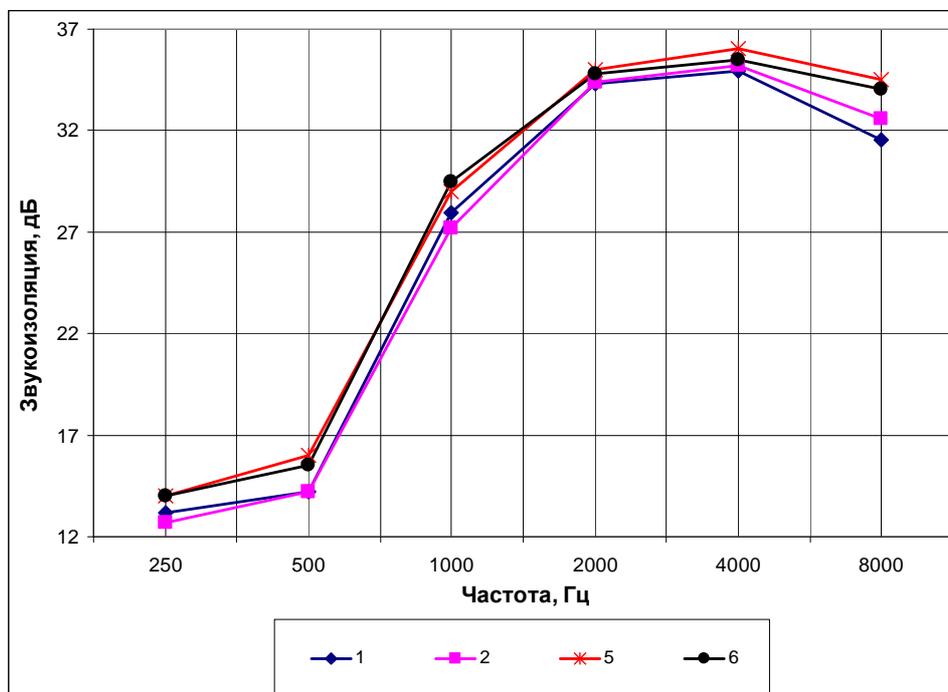
Рисунок 3 - Сравнение звукоизоляции двустенных конструкций из сотового поликарбоната с воздушным слоем и с различной степенью заполнения ЗПМ между стенками. 1 –слой воздуха толщиной 45 мм; 2 –слой ЗПМ толщиной 45 мм; 3 –слой ЗПМ толщиной 22 мм.

На рис. 4 представлены результаты измерения звукоизоляции двустенных конструкций, в которых звукопоглощающий материал в виде квадратных кусков занимает 50% площади, располагаясь при этом в шахматном порядке. Всего здесь 4 конструкции. В каждой конструкции ЗПМ имеет разные размеры. В первой конструкции размеры ЗПМ 200*200 мм и толщиной 45 мм, т. е. он занимает весь объем по толщине. Во второй конструкции размеры ЗПМ 100*100 мм и толщиной 45 мм. Третья конструкция сравнима с первой, но отличается толщиной ЗПМ – 22 мм (половина объема по толщине). Четвертая сравнима со второй, но отличается также толщиной ЗПМ – 22 мм.

Как видно из графика на рис. 4, на звукоизоляцию влияет только толщина ЗПМ. Конструкции, в которых ЗПМ занимает половину толщины между стенками, обладают лучшей звукоизоляцией (3 и 4 конструкции) в отличие от конструкций, в которых ЗПМ занимает все пространство по толщине (1 и 2 конструкции).

Физически процесс звукоизоляции конструкций с дискретно расположенными звукопоглотителями может быть представлен следующим образом: звуковые волны, падая на звукоизолирующую конструкцию, частично отражаются и рассеиваются, а частично поглощаются на дискретно расположенном поглотителе, причем это поглощение в определенном диапазоне частот увеличивается за счет дифракционных эффектов. Оставшаяся часть звуковой энергии проникает через звукоизолирующую конструкцию

далее. Разность между звуковой энергией в падающих на конструкцию и прошедших через нее волнах определяет ее звукоизоляцию. Усиление звукопоглощения за счет дифракционных эффектов уменьшает долю энергии, прошедшую через конструкцию и таким образом увеличивает ее звукоизоляцию.



*Рисунок 4 - Сравнение звукоизоляции двустенных конструкций из сотового поликарбоната с воздушным слоем и с различной степенью заполнения ЗПМ между стенками. 1 – половина площади между стенками заполнена в шахматном порядке квадратными кусками ЗПМ с размерами 200*200 мм и толщиной 45 мм; 2 – половина площади между стенками заполнена в шахматном порядке квадратными кусками ЗПМ с размерами 100*100 мм и толщиной 45 мм; 3 – половина площади между стенками заполнена в шахматном порядке квадратными кусками ЗПМ с размерами 200*200 мм и толщиной 22 мм; 4 - половина площади между стенками заполнена в шахматном порядке квадратными кусками ЗПМ с размерами 100*100мм и толщиной 22 мм.*

Теперь необходимо выяснить какие из исследованных конструкций обладают наиболее эффективной звукоизоляцией.

Если сравнивать только конструкции с воздушным слоем между стенками, то наилучшей звукоизоляцией обладает конструкция с толщиной обеих стенок в 16 мм и толщиной воздушного слоя между ними в 65 мм. Это объясняется наибольшей общей массой всей конструкции и максимальной толщиной воздушного слоя.

Наиболее эффективной звукоизоляцией среди всех исследованных конструкций обладает конструкция со следующими размерами: толщины обеих стенок 16 мм, расстояние

между стенками в 65 мм наполовину заполнено сплошным слоем звукопоглощающего материала (рис. 5). Эффективность звукоизоляции в данном случае объясняется также массой конструкции. Кроме того, влияет принцип рассогласования импедансов. Импеданс - это произведение плотности материала на скорость распространения в нем звука. Чем отношение импедансов двух контактирующих материалов больше, тем звукоизоляция лучше.

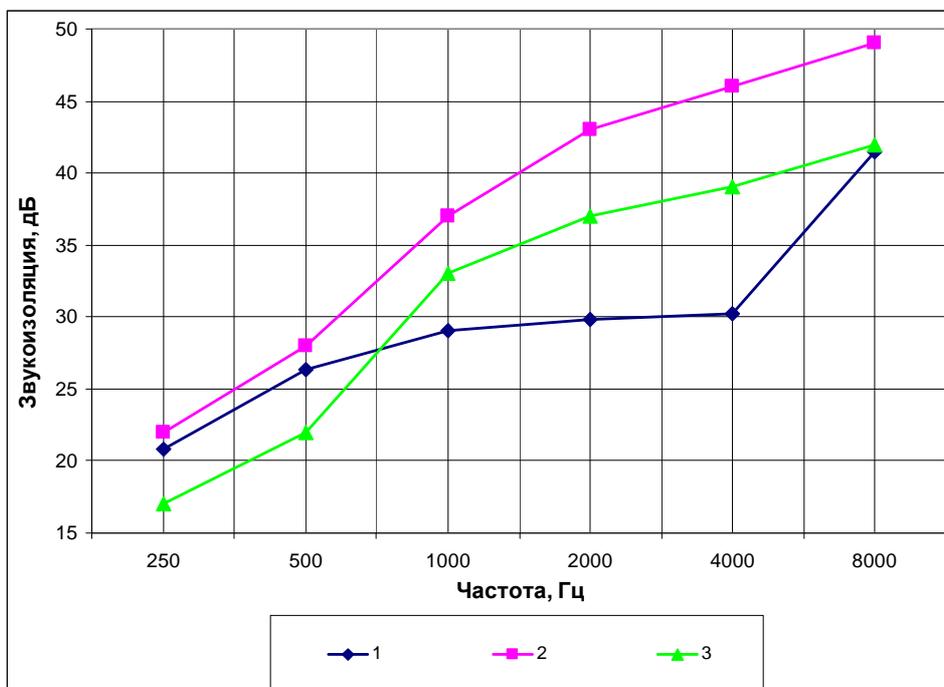


Рисунок 5 - Сравнение звукоизоляции двустенных конструкций из сотового поликарбоната с толщиной обеих стенок в 16 мм и различным заполнением между стенками. 1 – слой воздуха толщиной 65 мм; 2 – расстояние между стенками в 65 мм наполовину заполнено сплошным слоем ЗПМ; 3 – слой ЗПМ толщиной 65 мм.

Также стоит отметить конструкции с дискретным расположением ЗПМ материала в них. Из результатов опытов видно (рис. 4), что эффективность звукоизоляции данных конструкций больше, чем конструкций с воздушным слоем между стенками. Если же сравнивать их с конструкциями, полностью заполненными ЗПМ между стенками, то эффективность их меньше, хотя и не сильно. Поэтому, в отдельных случаях, если эффективности таких конструкций будет хватать, чтобы добиться необходимой звукоизоляции, стоит обратить на них внимание. Также данные конструкции позволяют добиться большой экономии звукопоглощающего материала (примерно в четыре раза).

Область применения двустенных звукоизолирующих конструкций из сотового поликарбоната с воздушным слоем или со звукопоглощающим материалом между стенками: звукоизолирующие кожухи станков, звукоизолирующие кабины управления,

звукоизолирующие ограждения. Перспективным видится использование этих конструкций при изготовлении акустических экранов.

Список литературы

1. Боголепов И.И. Промышленная звукоизоляция / И.И. Боголепов. – Л.: Судостроение, 1986.- 368с.
2. 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.
3. Осипов Г.Л. Защита зданий от шума / Г.Л. Осипов. М.: Стройиздат, 1972 – 215 с.
4. Осипов Г.Л. Звукоизоляция и звукопоглощение: Учеб. пособие для студентов вузов / Л.Г. Осипов, В.Н. Бобылев, Л.А. Борисов и др.; Под ред. Г.Л. Осипова, В.Н. Бобылева. — М.: ООО «Издательство АСТ»: ООО «Издательство Астрель», 2004. — 450с.
5. Тейлор Р. Шум. / Р. Тейлор. Пер. с англ. Д.И. Арнольда. Под ред. М.А. Исаковича. М, «Мир», 1978. – 308с.

Рецензенты:

Санников А.А., д.т.н., профессор кафедры технической механики и оборудования целлюлозно-бумажного производства ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет», г. Екатеринбург.

Пашков В.К., д.т.н., профессор кафедры инновационных технологий и оборудования деревообработки ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет», г. Екатеринбург.