

УДК 628.511.1

Н. М. Сергина^а, Л. С. Панжева^а, С. С. Мокроусов^б, С. Д. Лабутина^а

^а *Волгоградский государственный технический университет*

^б *Академия ИТСвАКД РУТ*

О СВОЙСТВАХ ДРЕВЕСНОЙ ПЫЛИ

В статье рассмотрены основные свойства древесной пыли, исследованы и обобщены данные о дисперсном составе пыли, образующейся при обработке древесины разных пород.

Ключевые слова: пыль древесная, дисперсный состав, свойства пыли, пылящая способность, деревообработка.

Для изучения дисперсного состава пыли, поступающей в воздух деревообрабатывающего цеха при обработке дуба и березы, была использована методика микроскопического анализа [1] с применением ПК [2, 3], утвержденная Госстандартом России.

Полученные экспериментальные данные, а также результаты А. Г. Лапкаева¹ представлены на рис. 1—4 в виде дифференциальных функций плотности распределения массы частиц пыли по диаметрам $f(d_q)$ и интегральных функций пофракционного распределения массы частиц для пыли, поступающей в воздух рабочей зоны при обработке березы и дуба.

Спрямление интегральных кривых распределения $D(d_q)$ в логарифмической координатной сетке свидетельствует о том, что распределение массы частиц по диаметрам может быть выражено формулой Годэна — Андреева — Шумана [1]:

$$D(d_q) = Ad_q^l, \quad (1)$$

где A, l — постоянные.

В результате обработки экспериментальных данных получены значения постоянных, входящих в выражение (1):

для пыли березы

$$D(d_q) = 0,01162d_q^{2,76};$$

для пыли дуба

$$D(d_q) = 0,0071d_q^{2,88}.$$

Полученные результаты показали, что в воздух рабочей зоны поступают пылевые частицы с размерами менее 20 мкм. Причем 8...15 % их массы приходится на долю частиц PM_{10} , на долю частиц $PM_{2,5}$ — 0,1...0,3 %².

Плотность порошкообразных материалов, перемещаемых системами аспирации, является важнейшим фактором, влияющим на величину объема воздуха, необходимого для транспортирования, и выбор типа пылеочистного устройства.

¹ *Лапкаев А. Г.* Создание безопасности и нормальных условий труда в процессах деревообработки по пылевому фактору : дис. ... д-ра техн. наук. Красноярск, 2006. 320 с.

² Там же.

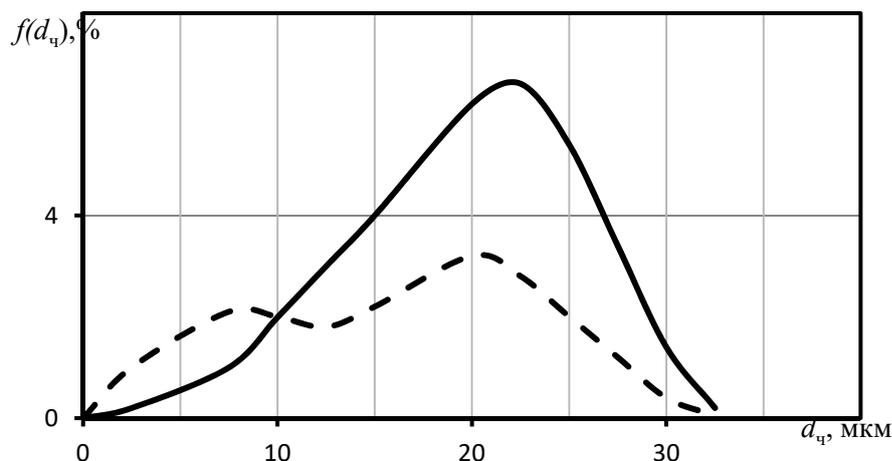


Рис. 1. Дифференциальные функции плотности распределения массы частиц по диаметрам для пыли, образующейся при обработке березы³

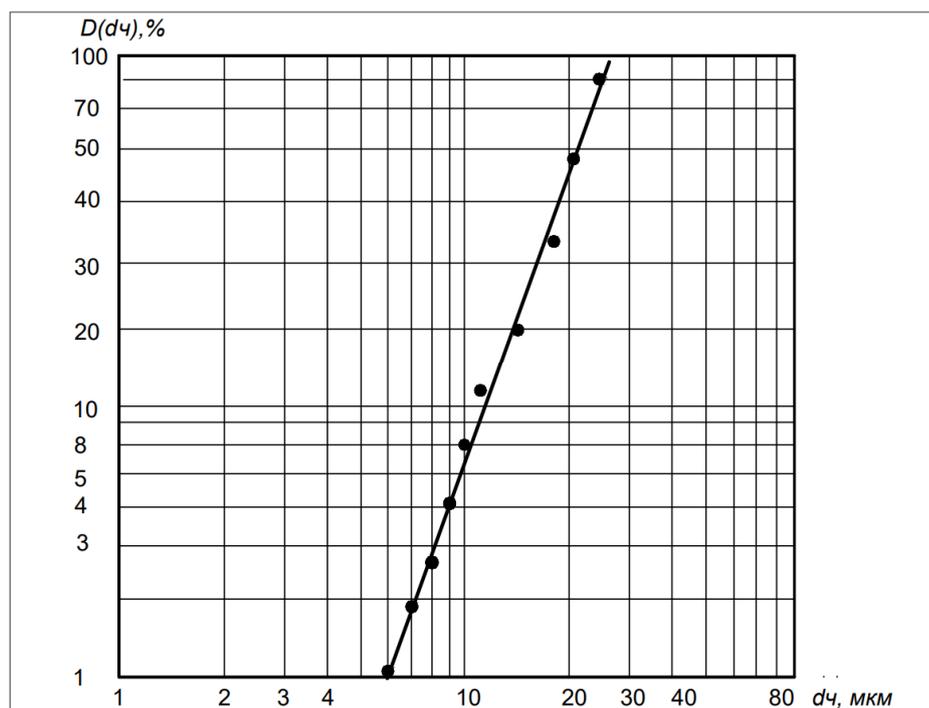


Рис. 2. Интегральные функции плотности распределения массы частиц по диаметрам для пыли, образующейся при обработке березы⁴

³ Там же.

⁴ Экба С. И. Снижение запыленности воздуха рабочей зоны при производстве деревянных строительных конструкций : дис. ... канд. техн. наук : 05.26.01. Волгоград, 2015. 75 с.

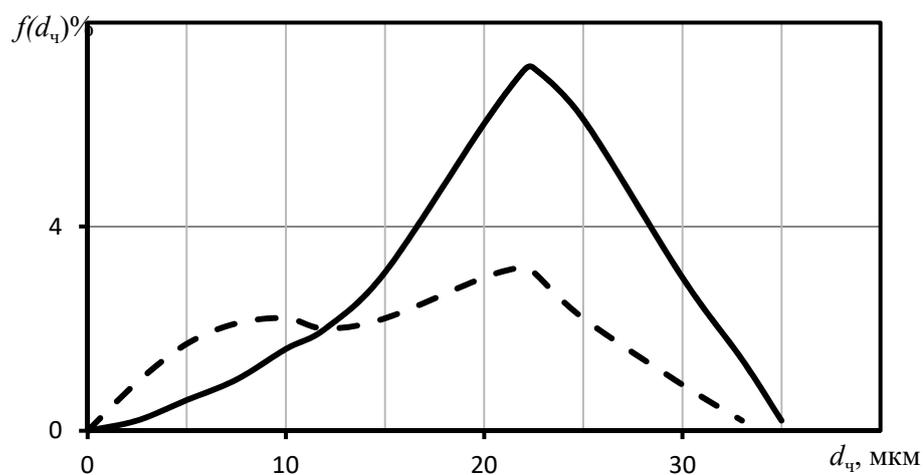


Рис. 3. Дифференциальные функции плотности распределения массы частиц по диаметрам для пыли, образующейся при обработке дуба⁵

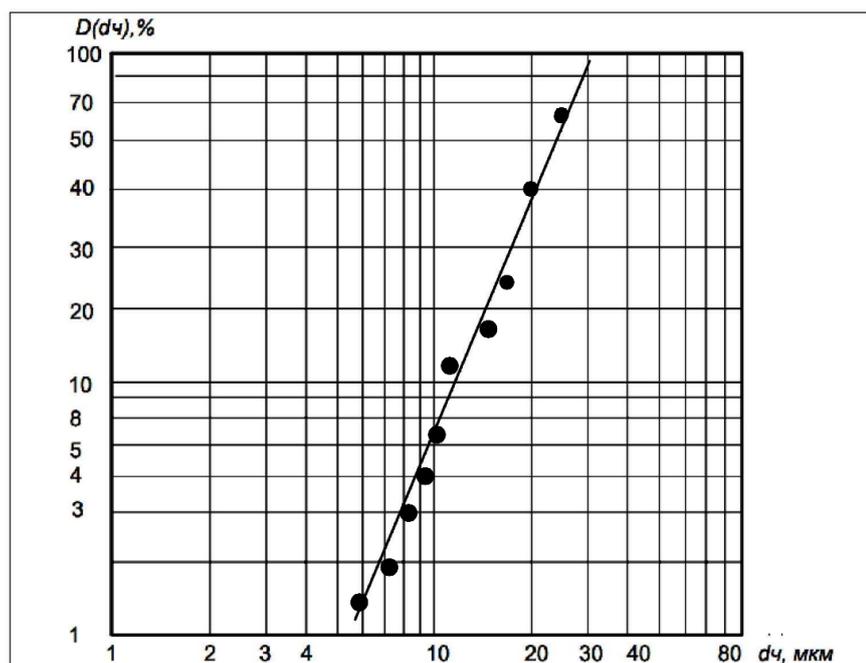


Рис. 4. Интегральные функции плотности распределения массы частиц по диаметрам для пыли, образующейся при обработке дуба⁶

⁵ Ланкаев А. Г. Создание безопасности и нормальных условий труда в процессах деревообработки по пылевому фактору : дис. ... д-ра техн. наук. Красноярск, 2006. 320 с.

⁶ Эмба С. И. Снижение запыленности воздуха рабочей зоны при производстве деревянных строительных конструкций : дис. ... канд. техн. наук : 05.26.01. Волгоград, 2015. 75 с.

В отношении плотности порошкообразные материалы могут быть разделены на две группы. К первой относятся пыли с частицами одинаковой плотности, ко второй — с частицами различной плотности⁷. Последние имеют место либо при смешанной пыли, либо при различной структуре частиц в отдельных фракциях.

Плотность материалов первой группы и тех материалов второй группы, для которых за этот параметр может быть принята средняя величина плотностей образующих их веществ, можно определять двумя способами — пикнометрическим и манометрическим [4].

Как известно, различают насыпную плотность, истинную и кажущуюся [5]. Насыпная плотность пыли представляет собой массу единицы объема порошкообразного материала, насыпанного свободно в емкость известного объема, сразу после заполнения емкости. Для определения насыпной плотности использовался установленный на штативе мерный цилиндр с приемным кольцом и воронка. Мерный цилиндр предварительно взвешивался. После его заполнения исследуемой пылью снималось приемное кольцо, удалялся избыток порошка на уровне обреза цилиндра и проводилось его повторное взвешивание. Величина насыпной плотности определялась по выражению

$$\rho_{\text{нас}} = \frac{G_2 - G_1}{V}, \text{ кг/м}^3, \quad (2)$$

где G_1, G_2 — вес мерного цилиндра до и после заполнения исследуемой пылью соответственно, кг; V — объем мерного цилиндра, м³.

Кажущаяся плотность — это масса единицы объема частиц, включая и объем закрытых пор [4]. Для определения кажущейся плотности пыли был использован манометрический способ, основанный на законе Бойля — Мариотта [4].

Результаты определения кажущейся и насыпной плотности пыли по породам древесины приведены в табл. 1.

Таблица 1

Плотность древесной пыли

Порода древесины	Плотность древесной пыли, кг/м ³	
	Кажущаяся	Насыпная
Береза	1480	177
Дуб	1530	184

Истинная плотность, т. е. плотность сухих частиц, не имеющих внутренних пор, древесной пыли зависит от ее дисперсного состава. Однако с уменьшением размера частиц снижается число закрытых пор и плотность увеличивается, приближаясь к плотности древесного вещества, принятой в среднем 1540 кг/м³.

⁷ Эмба С. И. Снижение запыленности воздуха рабочей зоны при производстве деревянных строительных конструкций : дис. ... канд. техн. наук : 05.26.01. Волгоград, 2015. 75 с.

В работе С. В. Эмба⁸ проводится дисперсионный анализ с помощью метода микроскопии, что позволяет одновременно с размерами оценивать форму частиц [6]. Результаты обобщения данных, приводимых в работах А. Г. Лапкаева и С. В. Эмба, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты морфологического анализа пыли, выделяющейся при производстве строительных изделий из древесины

Порода древесины	Преобладающая форма частиц пыли при размерах, мкм		
	< 10	10...50	50...150
Береза	Палочкообразная	Палочкообразная	Пластинчатая
Дуб	Пластинчатая, редко близкая к шару	Иглообразная	Пластинчатая

Частицы пыли, образующейся при одновременной обработке разных сортов древесины, характеризуются разнообразной геометрической формой с преобладанием частиц той формы, которая характерна для породы древесины, объем которой составляет большую часть в период одновременной обработки⁹ [7].

Взаимодействие пылевых частиц между собой называется аутогезией.

Обычно, когда речь идет о взаимодействии пылевых частиц между собой, явления аутогезии именуют слипаемостью. Она обусловлена силами электрического, молекулярного и капиллярного происхождения. Устойчивая работа пылеулавливающего оборудования во многом зависит от слипаемости пыли.

Все пыли можно разделить по четырем группам слипаемости. К первой группе относят неслипающиеся пыли, ко второй — слабослипающиеся, к третьей — среднеслипающиеся, к четвертой — сильнослипающиеся [8, 9]. По данным Е. И. Андрианова, этим группам пыли соответствуют четыре интервала разрывной прочности слоя: менее 60 Па, 60...300 Па, 300...600 Па и более 600 Па [8, 10].

Диспергируемость пыли, т. е. пылящая способность, — одно из свойств пыли, которое характеризует способность порошкообразного продукта переходить во взвешенное состояние, а также склонность продукта к аэрированию [4].

В зависимости от величины пылящей способности пыли разделяются на три группы: более 70 % — сильно пылящие; 50...70 % — пылящие; 30...50 % — слабо пылящие [4].

Для определения диспергируемости пыли, образующейся при механической обработке березы и дуба, использовалась методика Н. Е. Пестова [4].

Распыляемость определяется по выражению

$$\Pi = \frac{G_1 - G_2}{G_1}, \%, \quad (3)$$

где G_1, G_2 — масса, г, насыпной загрузки и пыли, осевшей на кристаллизаторе.

⁸ Там же.

⁹ Там же.

Результаты оценки диспергируемости исследуемой пыли приведены в табл. 3.

Таблица 3

Пылящая способность пыли, образующейся при механической обработке древесины

Порода древесины	Диспергируемость П, %	Группа
Береза	52	Пылящие
Дуб	54	

Таким образом, по результатам экспериментальных исследований установлено, что пыль, образующаяся при механической обработке березы и дуба, по существующей классификации относятся к группе пылящих¹⁰.

Комплексные реологические свойства пыли составляют аркообразование, аэрируемость и сыпучесть.

Сыпучесть характеризует способность материала образовывать дискретно-непрерывный устойчивый поток.

По величине сыпучести порошкообразные материалы распределены на семь классов [11].

Для оценки сыпучести в качестве основного показателя рекомендуется применять динамический угол естественного откоса.

Склонность материала к образованию псевдооживленной системы с лавинообразным неустойчивым истечением характеризуется аэрируемостью [12]. По этому показателю порошкообразные продукты делятся на пять классов. При этом учитываются распыляемость и сыпучесть пыли [12, 13].

Результаты экспериментальной оценки аркообразования, сыпучести и аэрируемости пыли, образующейся при механической обработке березы и дуба, приведены в табл. 4.

Таблица 4

Комплексные характеристики пыли, образующейся при механической обработке древесины

Порода древесины	Класс		
	аркообразования	сыпучести	аэрируемости
Береза	2-й (слабое)	3-й (хорошая)	4-й (большая)
Дуб	2-й (слабое)	3-й (хорошая)	4-й (большая)

Таким образом, по результатам экспериментальных исследований установлено, что пыль, образующаяся при механической обработке древесины, по существующей классификации характеризуется хорошей сыпучестью, слабым аркообразованием и большой аэрируемостью¹¹.

¹⁰ Лапкаев А. Г. Создание безопасности и нормальных условий труда в процессах деревообработки по пылевому фактору : дис. ... д-ра техн. наук. Красноярск, 2006. 320 с.

¹¹ Там же.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Коузов П. А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов. 3-е изд., перераб. Л. : Химия, 1987. 264 с.
2. Азаров В. Н., Сергина Н. М. Методика микроскопического анализа дисперсного состава пыли с применением ПК. Волгоград, 2002. 9 с. Деп. в ВИНТИ 15.07.2002 № 1333.10.
3. Азаров В. Н., Есина Е. Ю., Азарова Н. В. Анализ дисперсного состава пыли в техносфере : учеб. пособие. Волгоград : ВолгГАСУ, 2008. 46 с.
4. Коузов П. А., Скрябина Л. Я. Методы определения физико-химических свойств промышленных пылей. Л. : Химия, 1983. 138 с.
5. Справочник по пыле- и золоулавливанию / М. И. Биргер и др. ; под общ. ред. А. А. Русанова. М. : Энергия, 1975. 246 с.
6. Градус Л. Я. Руководство по дисперсионному анализу методом микроскопии. М. : Химия, 1979. 232 с.
7. Latorre R. M., Casanovas M. T. Estudio de dispersion de contaminantes atmosfericos en la planta de Els Monjos de Uniland Cementera // Cem.-hormigon. 2002. No. 807. Pp. 115—128.
8. Андрианов Е. И. Методы определения структурно-механических характеристик порошкообразных материалов. М. : Химия, 1982. 256 с.
9. Pasquill F. Atmospheric dispersion parameters in gaussian plume modeling. Part II. Possible Requirements for Change in the Turner Workbook Values. EPA-600/4-76-030b. U.S. Environmental Protection Agency, 1976. 44 p.
10. Azarov V. N., Kozlovtsseva E. Yu., Stefanenko I. V. Analysis of the dust particles distribution and ventilation as a way to improve indoor air quality // Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport (EMMFT 2017), Apr. 10—13, 2017. IOP Conf. Series : Earth and Environmental Science. Far Eastern State Transport University, Russian Federation, 2017. Vol. 90. 6 p.
11. Бобровников Н. А. Охрана воздушной среды от пыли на предприятиях строительной индустрии. М. : Стройиздат, 1981.
12. Разумов И. М. Псевдодооживление и пневмотранспорт сыпучих материалов. М. : Химия, 1972. 240 с.
13. Aerodynamic characteristics of dust in the emissions into the atmosphere and working zone of construction enterprises / В. Н. Азаров, А. И. Евтушенко, В. П. Батманов, А. Б. Стреляева, В. В. Лупиногин // International Review of Civil Engineering. 2016. Vol. 7. No. 5. Pp. 132—136.

© Сергина Н. М., Панжева Л. С., Мокроусов С. С., Лабутина С. Д., 2023

Поступила в редакцию
в декабре 2022 г.

Ссылка для цитирования:

Сергина Н. М., Панжева Л. С., Мокроусов С. С., Лабутина С. Д. О свойствах древесной пыли // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2023. Вып. 1(90). С. 194—201.

Об авторах:

Сергина Наталья Михайловна — д-р техн. наук, проф., проф. каф. безопасности жизнедеятельности в строительстве и городском хозяйстве, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; kaf_bgdvt@mail.ru

Панжева Любовь Сергеевна — студентка, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; panzheva.lyubov@mail.ru

Мокроусов Сергей Сергеевич — начальник центра транспортного планирования, Академия ИТСвАКД РУТ (МИИТ). Российская Федерация, 127018, г. Москва, Октябрьский пер., 7; kaf_bgdvt@mail.ru

Лабутина Софья Дмитриевна — студентка, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; labutinasd@gmail.com

Natalia M. Sergina^a, Lyubov S. Panzheva^a, Sergey S. Mokrousov^b, Sofia D. Labutina^a

^a *Volgograd State Technical University*

^b *ITSvAKD RUT Academy (MIIT)*

ABOUT THE PROPERTIES OF WOOD DUST

The article considers the main properties of wood dust, studies and summarizes data on the dispersed composition of dust formed during the processing of wood of different breeds.

Key words: wood dust, dispersed composition, dust properties, dusting ability, woodworking.

For citation:

Sergina N. M., Panzheva L. S., Mokrousov S. S., Labutina S. D. [About the properties of wood dust]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2023, iss. 1, pp. 194—201.

About authors:

Natalia M. Sergina — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; kaf_bgdvt@mail.ru

Lyubov S. Panzheva — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; panzheva.lyubov@mail.ru

Sergey S. Mokrousov — the Head of the Transport Planning Center, ITSvAKD RUT Academy (MIIT). 7, Oktyabrsky Lane, Moscow, 127018, Russian Federation; kaf_bgdvt@mail.ru

Sofia D. Labutina — Student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; labutinasd@gmail.com