

УДК 628.511.1

**Н. М. Сергина<sup>а</sup>, Л. С. Панжева<sup>а</sup>, С. С. Мокроусов<sup>б</sup>, С. Д. Лабутина<sup>а</sup>**

<sup>а</sup> *Волгоградский государственный технический университет*

<sup>б</sup> *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. Лапкаева<sup>1</sup> 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 %<sup>2</sup>.

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

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

<sup>2</sup> Там же.

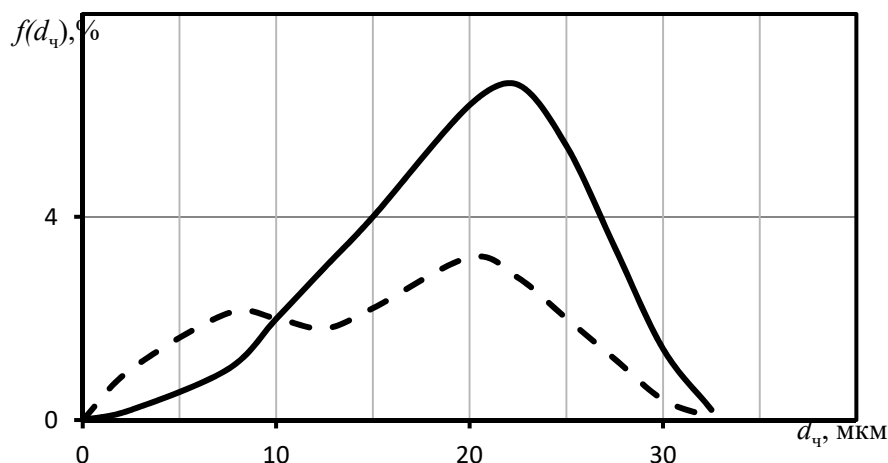


Рис. 1. Дифференциальные функции плотности распределения массы частиц по диаметрам для пыли, образующейся при обработке березы<sup>3</sup>

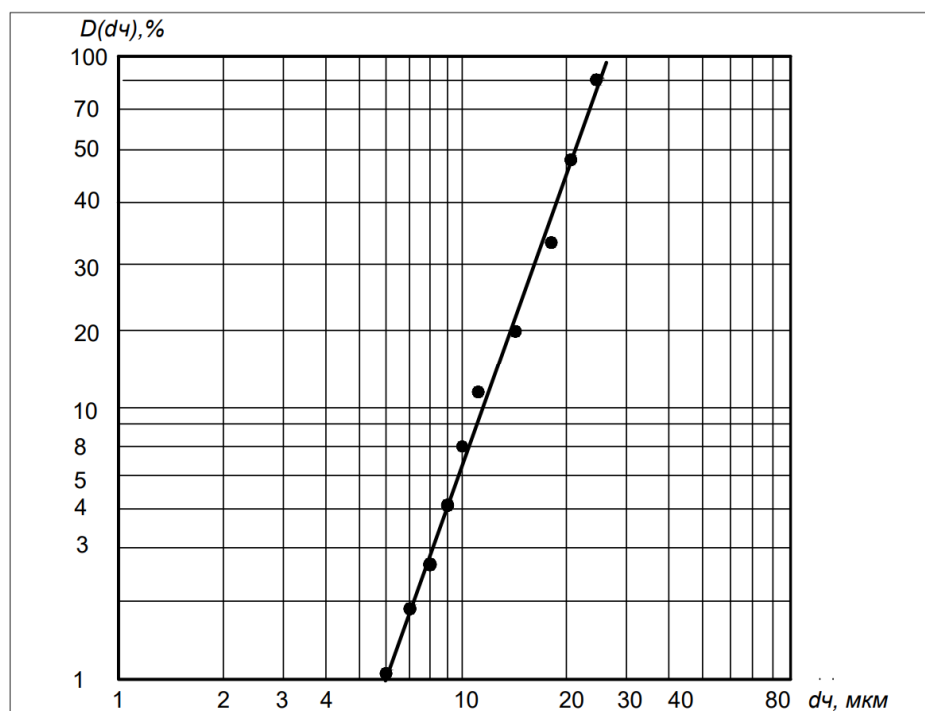


Рис. 2. Интегральные функции плотности распределения массы частиц по диаметрам для пыли, образующейся при обработке березы<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Там же.

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

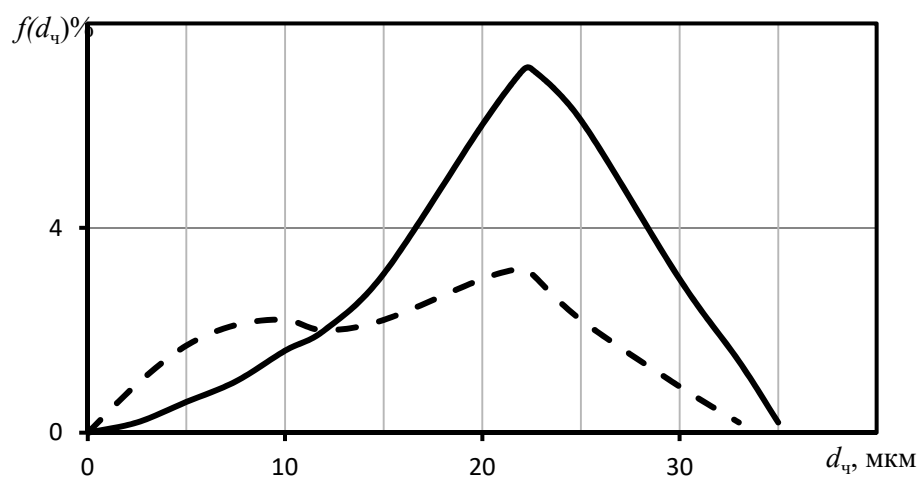


Рис. 3. Дифференциальные функции плотности распределения массы частиц по диаметрам для пыли, образующейся при обработке дуба<sup>5</sup>

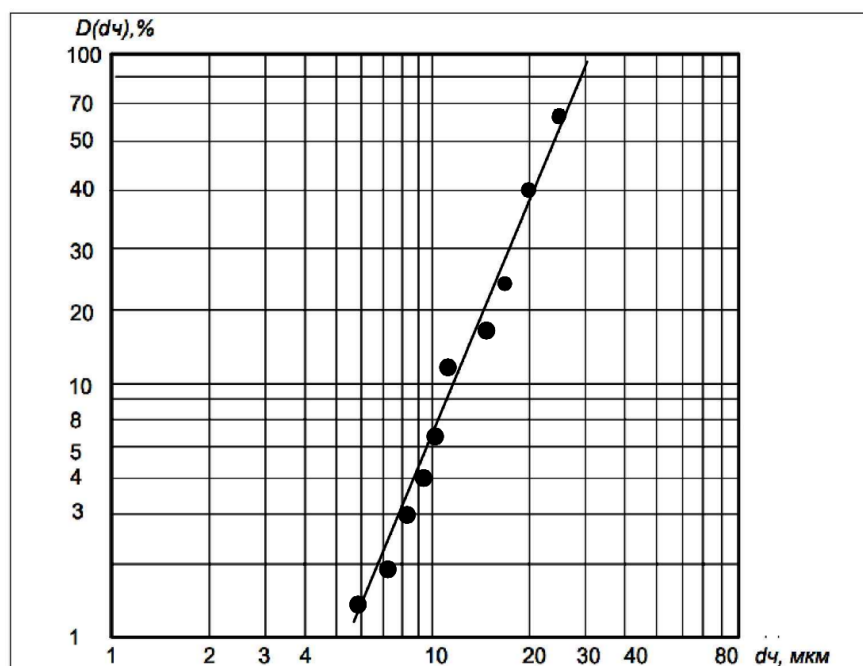


Рис. 4. Интегральные функции плотности распределения массы частиц по диаметрам для пыли, образующейся при обработке дуба<sup>6</sup>

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

<sup>6</sup> 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 плотности<sup>7</sup>. 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, м<sup>3</sup>.

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.

Т а б л и ц а 1

*Плотность древесной пыли*

| Порода древесины | Плотность древесной пыли, кг/м <sup>3</sup> |          |
|------------------|---|----------|
|                  | 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/м<sup>3</sup>.

<sup>7</sup> 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. Эмба<sup>8</sup> 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 обработки<sup>9</sup> [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.

<sup>8</sup> Там же.

<sup>9</sup> 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 пылящих<sup>10</sup>.

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 аэрируемостью<sup>11</sup>.

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

<sup>11</sup> 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 Наталия 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<sup>a</sup>, Lyubov S. Panzheva<sup>a</sup>, Sergey S. Mokrousov<sup>b</sup>, Sofia D. Labutina<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> *Volgograd State Technical University*

<sup>b</sup> *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