

**МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ТВЕРДИХ
ДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ (ПИЛУ, СТРУЖКИ)**

Відомо, що процес оброблення деревини супроводжується утворенням пилу, стружки та тирси, які мають різну форму та яскраво виражену анізотропію. Наведено методи визначення розмірів дисперсних матеріалів (частинок) та їхньої форми. Виявлено, що на практиці розмір частинок неправильної форми характеризують усередненим (еквівалентним) діаметром. Методологія усереднення їх розмірів ґрунтується на основі прямих або опосередковано визначених параметрів цієї частинки. Для визначення усередненого діаметра частинок дисперсного матеріалу із розмірами понад 2 мм використовують пряме вимірювання у трьох взаємно перпендикулярних напрямках з допомогою штангенциркуля або мікрометра. Встановлено, що робота агрегатів, установок підприємств лісопромислового комплексу тісно пов'язана із виділенням газів, подрібнених частинок і газоподібних компонент. В Україні діють науково-обґрунтовані санітарні норми гранично-допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих речовин в атмосфері, виражені в масових концентраціях на одиницю повітря ($мг/м^3$). За способом очищення (пиловловлювання) повітря пристрої ділять на такі способи очищення: сухі механічні засоби та пристрої знепилення газів; мокрі методи знепилення; очищення від пилу за допомогою фільтрів; очищення від пилу в електрофільтрах.

Ключові слова: пил; тирса; гранично допустима концентрація.

Вступ. Відомо (Ozarkiv et al., 2009; Katrenko, Kit & Pistun, 2007; Apostoliuk et al., 2003), що процеси механічного оброблення деревини супроводжуються значними виділеннями пилу і тирси від технологічного обладнання на виробництвах лісопромислового комплексу. Тому, для зменшення обсягу викидів забруднювальних частинок в атмосферу розробляють відповідно пилоочищувальні пристрої та агрегати, враховуючи специфічні ознаки виробництв галузі, де до 50 % енергетичних затрат витрачається на аспірацію пилу, який є збудником алергічних та онкологічних захворювань (Zhydetskyi, Dzhyhyrei & Melnykov, 2000).

Зауважимо, що очищення повітря від пилу із одночасним зниженням гідравлічного опору повітроочищувальних пристроїв потребує проведення як теоретичного, так і експериментального досліджень процесу очищення повітря від деревного пилу (Stark, 1990).

Теоретичні дослідження. Робота агрегатів, установок підприємств лісопромислового комплексу тісно пов'язана із виділенням газів, подрібнених частинок і газоподібних компонентів. В Україні встановлено науково обґрунтовані санітарні норми гранично допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих речовин в атмосфері. ГДК виражені в масових концентраціях на одиницю повітря ($мг/м^3$) (Ozarkiv et al., 2009).

Для пилу і газів із загально-токсичною дією встановлено максимальну середньодобову концентрацію ($ГДК_{СД}$), а для пилу із подразнювальною дією слизових оболонок і дихальних шляхів – $ГДК_{max}$, а також у робочих зонах – $ГДК_{р.з.}$

За суміжної присутності в атмосфері деяких шкідливих речовин їхня безрозмірна концентрація $ГДК_{\Sigma}$ не повинна перевищувати одиниці, тобто (Ozarkiv et al., 2009)

$$ГДК_{\Sigma} = \sum_{j=1}^n \frac{C_j}{ГДК_j} \leq 1,0. \quad (1)$$

За способом очищення (пиловловлювання) повітря пристрої ділять на такі способи очищення:

- сухі механічні засоби та пристрої знепилення газів;
- мокрі методи знепилення;
- очищення від пилу за допомогою фільтрів;
- очищення від пилу в електрофільтрах.

Послідовність вибору певного очисного пристрою зводяться до:

- визначення характеристики викиду (пилу, аерозолі, газів від двигунів внутрішнього згорання транспортних засобів та стаціонарних установок);
- встановлення параметрів викидування (t , W , виду домішки, концентрації, дисперсності тощо);
- вибору очисного пристрою чи фільтра залежно від типу промислового газу, потрібного ступеня очищення, можливостей виробництва та інших факторів;
- визначення робочої сили газів;
- техніко-економічного аналізу можливих варіантів очищення;
- розрахунку параметрів очисного пристрою;
- проектування пристрою або фільтра.

Установка для вловлювання шкідливих речовин у повітрі складається із таких основних конструктивних елементів:

- а) пилоприймального або вловлювального пристрою (може мати один або кілька приймачів);
- б) вентилятора (відсмоктує запилене або загазоване повітря).

Сучасні апарати (пристрої) установки для знепилення газів умовно ділять на чотири групи:

- механічні (сухі) знепилювальні пристрої, в яких пил відділяється під дією статичних сил (сил гравітації або земного тяжіння, інерції та відцентрових сил);
- мокрі (гідравлічні) апарати, в яких тверді частинки вловлюються рідинами;
- пористі фільтри, на яких осідає пил;
- електрофільтри, в яких пил осідає внаслідок іонізації газу та зарядження частинок пилу, що знаходиться в ньому.

Цитування за ДСТУ: Гудз Г. С. Визначення закону статистичного розподілу дефектів автомобільних деталей класу "диски" / Г. С. Гудз, М. М. Борис, О. Й. Коцюмбас // Науковий вісник НЛТУ України. – 2017. – Вип. 27(3). – С. 174–176

Citation APA: Gudz, G. S., Borys, M. M., Kocyumbas, O. Yo. (2017). Determining the Law of Statistical Distribution of Defect Automotive Parts of "Disc" Class. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(3), 174–176. Retrieved from: <http://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/477>

Очищення (сепарація) пилогазових промислових викидів механічним сухим способом вимагає використання гравітаційних пристроїв (осаджувальних) камер, інерційних пиловловлювачів і відцентрових пристроїв (циклони), тканинних (рукавних), жалюзійних (Bedrii, 1997; Nevryk, 2003).

За дисперсністю пил поділяють на 4 групи:

- I – надзвичайно крупнодисперсний ($d_{екв} \geq 140$ мкм);
- II – крупнодисперсний ($d_{екв} = 40 \dots 140$ мкм);
- III – середньодисперсний ($d_{екв} = 10 \dots 40$ мкм);
- IV – дрібнодисперсний ($d_{екв} = 1 \dots 10$ мкм).

Пиловловлювачі, залежно від розміру часток пилу, ділять на 5 класів. Осаджувальні камери призначені для вловлювання грубодисперсних матеріалів ($d_{екв} \geq 50$ мкм). Оскільки частинки пилу осідають під дією сил гравітації (земного тяжіння), то швидкість газового потоку зменшують до рівня, коли пил осідає під дією сили земного тяжіння.

Процес оброблення деревини, як відомо, супроводжується утворенням пилу, стружки та тирси, які мають різну форму та яскраво виражену анізотропію.

Візуальний аналіз подрібнених матеріалів (пилу, стружки, тирси тощо) показує, що їх можна прийняти за різноманітні дисперсні матеріали і поділити на такі: кулясті, округлі, подовгасті, кутасті, призматичні, дискподібні, пластинчасті, волоконні.

На практиці найчастіше частинку неправильної форми замінюють рівновеликою сферою, що відповідає:

- найбільшому або найменшому розміру частинки;
- об'ємній частинці неправильної форми;
- зовнішній поверхні частинки неправильної форми;
- однаковій швидкості осадження.

Ефективність очищення у пилоосаджувальній камері залежить від розмірів самих частинок пилу, густини частинок, в'язкості та швидкості газу, тобто

$$d_{екв} = \frac{18 \cdot \mu \cdot v_c \cdot H}{g \cdot L \cdot (\rho_1 - \rho_2)}, \text{ м}; \quad (2)$$

$$d_{екв} = \sqrt{\frac{18 \cdot \mu \cdot v_2}{L \cdot B \cdot \rho_1 \cdot g}}, \text{ м}. \quad (3)$$

Габаритні розміри пилоосаджувальних камер визначають із співвідношення

$$L \times V_q = H \times V_2, \quad (4)$$

де $V_2 = 0,20 \dots 0,80$ м/с.

В окремих випадках порожнину камер розділяють перегородками (полицями). Ступінь очищення $K_{вловл} = M_{влов} / M_{заг}$ становить ≤ 50 %.

Еквівалентний діаметр визначають

$$d_{екв} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \cdot n_i, \quad (5)$$

де: n – загальна кількість частинок; n_i – кількість частинок i -ої фракції.

В інерційних пиловловлювачах очищення від частинок газового потоку забезпечується одночасною дією гравітаційних та інерційних сил частинок пилу, що рухаються в потоці ($V_q = 9 \dots 10$ м/с).

Методологія усереднення розмірів частинок неправильної форми ґрунтується на основі прямих або опосередковано визначених параметрів цієї частинки. Для визначення усередненого діаметра частинок дисперсного матеріалу із розмірами частинок понад 2 мм вико-

ристовують пряме вимірювання у трьох взаємно перпендикулярних напрямках з допомогою штангенциркуля або мікрометра, а коли розміри частинок змінюються від 1 мм до 1 мкм ($1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ м}$), то використовують мікроскопічний метод вимірювання трьох розмірів.

Розмір окремих частинок розраховують за формулою

$$d_q = \sqrt[3]{a \cdot b \cdot c}, \quad (6)$$

де a, b, c – розміри частинок у трьох взаємно перпендикулярних площинах.

Усереднений діаметр частинок кожної форми визначають

$$d_q = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sqrt[3]{a_i \cdot b_i \cdot c_i}, \quad (7)$$

або з врахуванням масової частки кожної фракції X_i

$$d_q = \sum_{i=1}^N X_i \cdot d_{q,i}, \quad (8)$$

або
$$\frac{1}{d_q} = \sum_{i=1}^N \frac{X_i}{d_{q,i}}. \quad (9)$$

Коли отримані результати між окремими пробами різняться між собою не більше ніж на 3...5 %, то вважають, що отримане значення усередненого діаметра можна використовувати в подальшому для розрахунків.

Проведення ситового аналізу зводиться до просіювання дисперсного матеріалу через кілька (5...20) сит. Усереднений діаметр частинок полідисперсної суміші розраховують інколи без врахування їхнього кількісного складу, а саме:

- як середньоарифметичне

$$d_q = \frac{d_{\max} + d_{\min}}{2}; \quad (10)$$

- як середньгеометричне

$$d_q = \sqrt{d_{\max} \cdot d_{\min}}; \quad (11)$$

- як середньгармонічне

$$d_q = \frac{2 \cdot d_{\max} \cdot d_{\min}}{d_{\max} + d_{\min}}; \quad (12)$$

- як середнє Лашингера

$$d_q = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{\ln(d_{\max}) - \ln(d_{\min})}; \quad (13)$$

- як середнє Мелора

$$d_q = \sqrt[3]{\frac{(d_{\max} + d_{\min}) \cdot (d_{\max}^2 + d_{\min}^2)}{4}}; \quad (14)$$

- як середнє за формулою

$$d_q = \frac{4}{5} \cdot \frac{d_{\max}^5 - d_{\min}^5}{d_{\max}^4 - d_{\min}^4}, \quad (15)$$

де d_{\max}, d_{\min} – максимальний і мінімальний розміри частинок, що пройшли через отвори верхнього сита і не пройшли через отвори нижнього сита.

Висновок. Отож, окрім зазначених вище формул, існує ще багато залежностей, які дають змогу визначити усереднені розміри дисперсного матеріалу. Для точнішого визначення усередненого діаметра використовують також статистичні методи: середньозважений гармонічний, середньозважений арифметичний діаметр за кількістю частинок, поверхнею, об'ємом, середньозважений квадратично чи кубічний за кількісним виходом тощо.

Перелік використаних джерел

- Apostoliuk, S. O., Dzhyhyrei, V. S., Apostoliuk, A. S., Hrodzik, V.S., Somar, H. V., Sokolovskyi, I. A., Apostoliuk, B. O., & Rudyk, V. I. (2003). Okhorona pratsi v meblevomu vyrobnytstvi: navch. posibn. Kyiv: Osnova, 440 p. [in Ukrainian].
- Bedrii, Ya. I. (1997). Okhorona pratsi: navch. posibn. Lviv: PTVF "Afisha", 258 p. [in Ukrainian].
- Hvryk, Ye. O. (2003). Okhorona pratsi: navch. posibn. Kyiv: "Elha"; Nika-Tsentr, 280 p. [in Ukrainian].
- Katrenko, L. A., Kit, Yu. V., & Pistun, I. P. (2007). Okhorona pratsi: navch. posibn. Sumy: Universalna knyha, 496 p. [in Ukrainian].

- Ozarkiv, I. M., Mysak, y. S., Kiryk, M. D., Sokolovskyi, I. A., Dzhyhyrei, V. S., & Miakush, I. I. (2009). Osnovy tekhnokolohii: navch. posibn. Lviv: NVF "Ukrainski tekhnolohii", 336 p. [in Ukrainian].
- Stark, S. B. (1990). Gazooschistnye apparaty i ustanovki v metallurgicheskomo proizvodstve: uchebnyk [dlja stud. VUZov]. Moscow: Metallurgija, 400 p. [in Russian].
- Zhydetskyi, V. Ts., Dzhyhyrei, V. S., & Melnykov, O. V. (2000). Osnovy okhorony pratsi: navch. posibn. Lviv: PTVF "Afisha", 341 p. [in Ukrainian].

И. М. Озаркив, Г. В. Сомар, И. А. Соколовский, М. С. Кобринович, Т. А. Сомар, О. Я. Данчивская

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТВЕРДЫХ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ (ПЫЛЯ, ОПИЛОК)

Известно, что процесс обработки древесины сопровождается образованием пыли, стружки и опилок, которые имеют различную форму и ярко выраженную анизотропию. Приведены методы определения размеров дисперсных материалов (частиц) и их формы. Выявлено, что на практике размер частиц неправильной формы характеризуют усредненным (эквивалентным) диаметром. Методология усреднения их размеров базируется на основе прямых или косвенно определенных параметров этих частиц. Для определения усредненного диаметра частиц дисперсного материала с размерами более 2 мм используют прямое измерение в трех взаимно перпендикулярных направлениях с помощью штангенциркуля или микрометра. Установлено, что работа агрегатов, установок предприятий лесопромышленного комплекса тесно связана с выделением газов, измельченных частиц и газообразных компонентов. В Украине действуют научно-обоснованные санитарные нормы предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в атмосфере, выраженные в массовых концентрациях на единицу воздуха ($\text{мг}/\text{м}^3$). По способу очистки (пылеулавливания) воздуха устройства делятся на такие способы очистки: сухие механические средства и устройства обеспыливания газов; мокрые методы обеспыливания; очистки от пыли с помощью фильтров; очистки от пыли в электрофильтрах. Выяснено, что пылеуловители в зависимости от размера частиц пыли делятся на 5 классов. Осадочные камеры предназначены для улавливания грубодисперсных материалов ($d_{\text{рек}} > 50$ мкм). Поскольку частицы пыли оседают под действием сил гравитации (земного притяжения), то скорость газового потока уменьшается до уровня, когда пыль оседает под действием силы земного притяжения. Визуальный анализ измельченных материалов (пыли, стружки, опилок и т.д.) показывает, что их можно принять за различные дисперсные материалы и разделить на: шаровидные, округлые, продолговатые, угловатые, призматические, дискообразные, пластинчатые, волоконные.

Ключевые слова: пыль; опилки; граничная допустимая концентрация.

I. M. Ozarkiv, G. V. Somar, I. A. Sokolovsky, M. S. Kobrynovych, T. A. Somar, O. Ya. Danchivska

SOME METHODS OF CALCULATION OF MAIN PARAMETERS FOR SOLID DISPERSE MATERIALS (DUST, SHAVINGS)

Operation of aggregates and business units of forestry complex is closely connected with the release of gases, fine particles and gaseous components. In order to reduce emissions of polluting particles in the atmosphere certain dust collection devices are being developed. Therefore, the study aims at experimental research of air purification process from wood dust. In course of our investigation we have revealed that Ukraine has set scientific health standards of maximum permissible concentration (MPC) of pollutants in the atmosphere. MPC concentrations are expressed in mass per unit volume of atmospheric air (mg / m^3). Furthermore, according to the way of air purification (dust collection) the devices are divided into the following: dry mechanical tools and dust emission control devices; wet dust control methods; dust collection with filters; dust collection in electric filters. Dust catchers are divided into 5 classes depending on the size of dust particles. The precipitation chambers are designed to collect coarse disperse materials ($d_{\text{рек}} > 50$ microns). As the dust particles fall under the influence of the earth's gravity, the gas flow rate is reduced to the level where the dust particles fall under the force of gravity. Wood processing is accompanied by the formation of dust, shavings and sawdust, which have different shapes and a strong anisotropy. Visual analysis of the shredded material (dust, shavings, sawdust, etc.) shows that they can be considered as a variety of dispersed materials and divided into the following: spherical, rounded, oval, angular, prismatic, disc-shaped, plate, and fiber. Then we have defined that the methodology of averaging particle size of irregular shape is based on directly or indirectly defined parameters of the particle. To determine the average diameter of the particles of disperse material with a particle size of more than 2 mm they use direct measurements in three mutually perpendicular directions using calipers or a micrometer, and when the particle sizes vary from 1 mm to 1 micron (1 micron = 10^{-6} m) microscopic method of measuring three dimensions is used. Thus, we may conclude that besides the above-mentioned formulas there are many dependencies that allow determining the average size of disperse material. To improve the average diameter measurement statistical methods are also used. They are as follows: average harmonic; average arithmetic diameter according to the particle amount, surface, volume; average quadratic or cubic quantitative output etc.

Keywords: dust, sawdust, air purification, maximum permissible concentration.

Інформація про авторів:

- Озарків Ігор Мирославович**, д-р техн. наук, професор, НЛТУ України, м. Львів, Україна. **Email:** bzd@nltu.edu.ua
- Сомар Галина Володимирівна**, канд. техн. наук, доцент, НЛТУ України, м. Львів, Україна. **Email:** bzd@nltu.edu.ua
- Соколовський Ігор Андрійович**, канд. техн. наук, доцент, НЛТУ України, м. Львів, Україна. **Email:** bzd@nltu.edu.ua
- Кобринович Михайло Степанович**, канд. фіз.-мат. наук, доцент, НЛТУ України, м. Львів, Україна. **Email:** bzd@nltu.edu.ua
- Сомар Тарас Андрійович**, аспірант, НЛТУ України, м. Львів, Україна. **Email:** bzd@nltu.edu.ua
- Данчивська Ольга Ярославівна**, пров. інженер, НЛТУ України, м. Львів, Україна. **Email:** bzd@nltu.edu.ua