

Юрченко В. О., Пономарьов К. С.*Харківський національний університет будівництва та архітектури,
(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: bjienuca@gmail.com)***Пономарьова С. Д.***Український науково-дослідний інститут екологічних проблем,
(вул. Бакуліна, 20, Харків, 61166, Україна; e-mail: ponomarovasvitlana@gmail.com)***ДОСЛІДЖЕННЯ ДИСПЕРСНОГО СКЛАДУ ПИЛУ КРОХМАЛЮ В ВИКИДАХ ВІД
ОБЛАДНАННЯ КОНДИТЕРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Результати експериментальних досліджень показали, що пил крохмалю, який утворюється в кондитерському виробництві, на 75,8 % складається з частинок розміром до 10 мкм (PM_{2,5} та PM₁₀), які є найнебезпечнішими для оточуючого середовища. Не менше 22 % частинок розміром до 10 мкм не вловлюється циклоном і надходить в оточуюче середовище.

Ключові слова: екологічна безпека, викиди кондитерського виробництва, дрібнодисперсні частинки, пил крохмалю, циклони, навколишнє середовище.

Вступ. У великих містах України рівень забруднення атмосферного повітря пилом (суспендованими твердими частинками), за даними науково-технічних та статистичних джерел інформації, залишається на високому екологічно небезпечному рівні. За кількісним показником викиди пилу займають третє місце після викидів діоксиду сірки та оксиду вуглецю, причому з тенденцією до підвищення: в 2016 р. викинуто пилу на 18,4 тис. тон більше, ніж у 2015 р. [1, 2]. Особливо високий рівень екологічної безпеки створює дрібнодисперсний пил органічного походження, чи не найбільшим джерелом якого є переробні підприємства харчової промисловості, що наразі за темпами розвитку займають в загальному промисловому виробництві України лідируючі позиції. В Україні, серед товарів продовольчої групи, кондитерське виробництво займає третє місце за обсягом продажу (12,4 %) [3]. До того ж ці підприємства розташовані якомога ближче до місць споживання, тобто у містах, де навантаження на навколишнє природне середовище найбільше. Тому, вирішення виробничих задач із забезпечення належної якості кондитерської продукції, конкурентоспроможної вартості, при найменших екологічних збитках для навколишнього середовища, є непростю науково-технічною проблемою [4].

Оскільки відсутні актуальні дані про дисперсний склад органічного пилу кондитерських підприємств, то важко об'єктивно підібрати обладнання для очистки викидів цих підприємств. Отже, існує нагальна потреба у визначенні дисперсного складу та характеристик різного пилу кондитерських підприємств.

Мета роботи – аналіз дисперсного складу пилу газових викидів кондитерських підприємств для інтенсифікації його вилучення шляхом удосконалення очисного обладнання.

Методи дослідження. У даній роботі досліджували пил крохмалю, відібраний з витяжного повітроводу варочної колонки, й пил крохмалю, відібраний з бункеру циклону. Дослідження екологічно важливих характеристик пилу проводили за [5]. Визначення дисперсного складу пилу виконували методом мікроскопії – вимірюванням частинок із застосуванням окуляр мікрометра. Теоретичні розрахунки та обробку експериментальних даних виконували із застосуванням комп'ютерної програми Microsoft Excel.

Результати дослідження. Для людини та інших живих організмів особливо небезпечними є дрібні частинки пилу розміром від 2,5 мкм до 10 мкм (PM₁₀) та частинки розміром менше 2,5 мкм (PM_{2,5}). За рахунок малого розміру дрібні частинки здатні потрапляти не тільки у верхні дихальні шляхи, але й у легені, що призводить

до зниження легеневої функції, подразнення верхніх дихальних шляхів, інфаркту, загострення астми, та ін. Органічний пил викликає алергічні реакції за рахунок наявності у ньому речовин білково-рослинного, мікробного походження, мінеральних добрив, тощо [6]. До того ж органічний пил за своєю природою є опосередкованим викидом CO₂, в який окиснюються всі органічні субстрати, а отже, потенційним джерелом парникових газів.

В Україні ще не встановлено нормативи (ГДК) для викидів, що містять PM_{2,5} та PM₁₀, хоча контроль цих показників ведеться з 2004 року [1]. Стандарти різних країн світу для PM_{2,5} та PM₁₀, наведені у табл. 1.

До основних органічних речовин, що створюють дрібнодисперсний пил на кондитерських виробництвах, відносяться борошно, цукор, крохмаль та какао. За гігієнічними нормами орієнтовно безпечний рівень впливу пилу кондитерських підприємств за пилом крохмалю для населених місць становить 0,1 мг/м³, а порогові значення викидів цієї речовини, за якою здійснюється державний облік, становлять: PM_{2,5} – 0,5 тон/рік, PM₁₀ – 1 тон/рік.

Таблиця 1 – Допустимі PM_{2,5} та PM₁₀ в атмосферному повітрі за [7 – 15]

Найменування речовини	Концентрація частинок, мкг/м ³			
	PM ₁₀		PM _{2,5}	
	С _{с.д.}	С _{с.р.}	С _{с.д.}	С _{с.р.}
Європейський союз [7]	35-25	28-20	-	17-12
ВООЗ [8]	50	20	25	10
Сполучені Штати Америки [9]	150	-	35	12
Канада [10]	-	-	28	10
Австралія [11]	50	-	25	8
Китай [12]	150	70	75	35
Японія [13]	100	-	35	15
Російська Федерація [14]	60	40	35	25

Примітка. С_{с.д.} – середньодобова концентрація, С_{с.р.} – середньорічна концентрація.

Аналіз складу пилогазоочисного обладнання на кондитерських підприємствах України та дані наукових джерел [15-17]

показали, що в основному на таких підприємствах для очистки викидних газів з пиловим забрудненням використовуються циклоні, які мають ефективність уловлювання 85-95 % (більше 10 мкм), а також рукавні фільтри з ефективністю 95-96 % (більше 1 мкм).

Результати дослідження дисперсного складу пилу крохмалю кондитерського підприємства показали (табл. 2), що частинки PM_{2,5} в пилу крохмалю до циклону становлять 7,5 %, а в уловленому пилу крохмалю вони відсутні.

Таблиця 2 – Дисперсний склад пилу крохмалю кондитерського підприємства

Вид пилу	Характер пилу	Середній вміст частинок, %			Медіанний розмір, мкм
		менше 2,5 мкм	від 2,5 мкм до 10 мкм	більше 10 мкм	
Крохмаль	До циклону	7,5 ± 1,4	68,7 ± 2,7	23,8 ± 2,8	6,4 ± 0,001
	Уловлений	–	55,3 ± 7,2	44,7 ± 7,2	10,56 ± 1,1

Це свідчить про те, що такий пил циклоном не вловлюється, а надходить у атмосферне повітря. Одна з основних характеристик пилу – медіанний розмір частинок d_{мед} для пилу крохмалю, який подається у циклон склав 6,4 мкм, для пилу крохмалю, уловленого циклоном – 10,56 ± 1,1 мкм. Це свідчить про те, що у пилу крохмалю до циклону переважають PM₁₀ (особливо небезпечні для навколишнього середовища), що підтверджується фракційним розподілом частинок (рис. 1а).

До циклону загальний відсоток частинок пилу крохмалю PM_{2,5} та PM₁₀ становить 75,8 %, а з циклону – 53,6 %, отже частинки PM_{2,5} та PM₁₀ в пилу крохмалю до циклону на 22 % більше ніж у пилу крохмалю з циклону, що свідчить про проскок такого пилу в атмосферне повітря (рис. 1б).

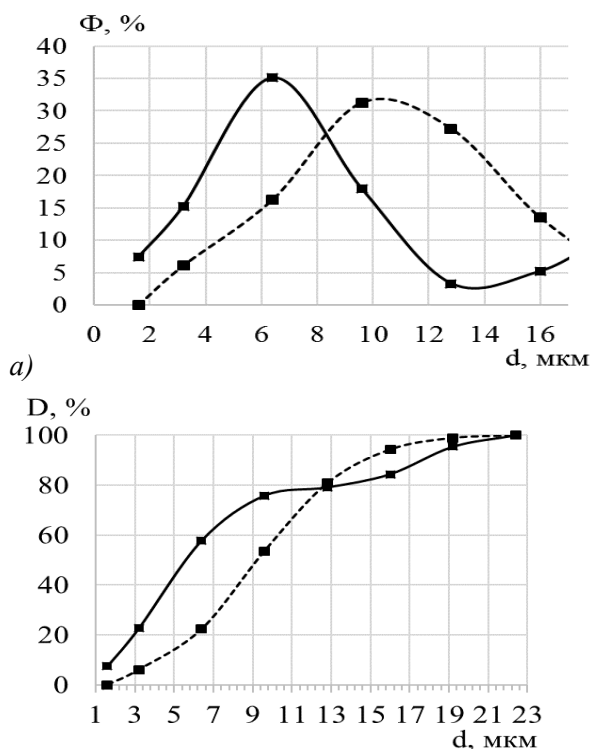


Рис. 1. Фракційний склад (а), та інтегральна крива розподілу (б) частинок пилу крохмалю (Φ – процентний вміст фракції, D – зростаючий сумарний вміст фракцій, —■— пил до циклону, ---■--- пил з циклону)

Для пилу крохмалю до циклону мінімальний діаметр частинок (d_{\min}) становить 1,6 μm , для пилу крохмалю з циклону d_{\min} становить 3,2 μm , максимальний діаметр (d_{\max}) для пилу крохмалю склав 22,4 μm .

Диференційні криві (рис. 2) показують, що до циклону максимальна кількість частинок пилу припадає на розмір 2÷6 μm , а з циклону – 6 ÷ 12 μm . Ці дані свідчать, що пил з розміром до 6 μm практично не вловлюється циклоном.

Висновки. В пилу крохмалю, що утворюється в кондитерському виробництві, вміст екологічно найнебезпечніших частинок $\text{PM}_{2,5}$ та PM_{10} досягає 75,8 %. Не менше 22 % частинок пилу крохмалю $\text{PM}_{2,5}$ та PM_{10} не вловлюється циклоном і надходить в оточуюче середовище. Один з напрямків підвищення ефективності вилучення таких частинок є їх попереднє укрупнення.

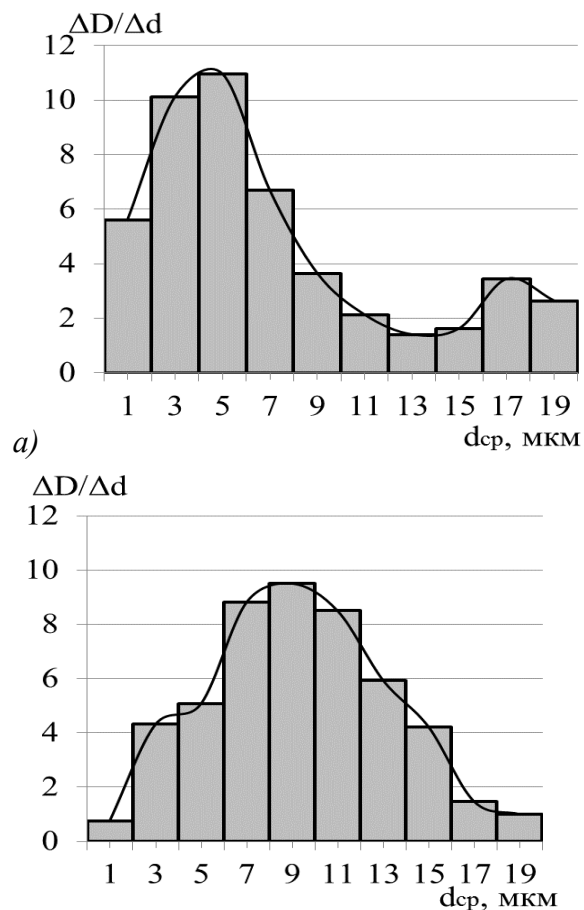


Рис. 2. Диференційна крива розподілу частинок пилу крохмалю до циклону (а), з циклону (б)

ЛІТЕРАТУРА:

1. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Київ: Держстат, 2017. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення 20.09.2017) – Назва з екрана.
2. Атмосферне повітря [Електронний ресурс]: [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Київ: Мінприроди, 2017. – Режим доступу: <https://menr.gov.ua> (дата звернення 28.09.2017) – Назва з екрана.
3. Прес-бюлетень № 8 2017 року / Державна служба статистики України; [О. О. Шестак (відп.)]. – Київ: [б. в.], 2017. – 21 с.
4. Шубіна Л. Ю. Особливості розвитку сучасного ринку кондитерських виробів / Л. Ю. Шубіна, В. О. Назарько, А. А. Лелюх // Практическое значение современных научных исследований: сб. науч. тр. SWorld / НИПКИ мор. Флота Украины [и др.]. – Одесса, 2017. – Т 6. – 7 с.

5. Коузов П. А. Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов / П. А. Коузов. – Л.: Химия, 1987. – 264 с.
 6. Маленький В. П. Професійні хвороби: навч. посібн. / В. П. Маленький. – К.: Нова Книга, 2001. – 336 с.
 7. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council [Electronic resource] / European Parliament and the Council. – 2017. – Access mode: <http://eur-lex.europa.eu> (last access: 28.10.2017) – Title from the screen.
 8. Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease / WHO LCPD. – Geneva: WHO Document Production Services, 2016. – 121 p.
 9. EPA-452/R-12-005 Regulatory Impact Analysis for the Final Revisions to the NAAQS for Particulate Matter / U.S. EPA, 2012. – 474 p.
 10. Air Quality Management System: Particulate Matter and Ground-level Ozone [Electronic resource] / Canadian Council of Ministers of the Environment. – 2017. – Access mode: http://www.ccme.ca/en/resources/air/pm_ozone.html (last access: 30.10.2017) - Title from the screen.
 11. National standards for criteria air pollutants 1 in Australia [Electronic resource] / Department of the Environment and Heritage. – 2005. – Access mode: <http://www.environment.gov.au> (last access: 30.10.2017) - Title from the screen.
 12. National standards of People's Republic of China: Ambient air quality standards / State Administration of Quality Supervision. – China ESP, 2012. – 12 p.
 13. Outline of Report on PM Particle Substance (PM 2.5) Review Board / Tokyo Metropolitan Office. – 2011. – 4 p.
 14. ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Дополнение № 8 к ГН 2.1.6.1338-03. – М.: Роспотребнадзор, 2010. – 3 с.
 15. Штокман Е.А. Вентиляция и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности / Е. А. Штокман. – М.: АСБ, 2001. – 567 с.
 16. Карпушкин С. В. Расчет и проектирование средств обеспечения безопасности: уч. пособ. / С. В. Карпушкин. – Тамбов: ТГТУ, 2013. – 96 с.
 17. Ватин Н. И. Очистка воздуха при помощи аппаратов типа циклон / Н. И. Ватин, К. И. Стрелец. – С.-Пб.: ГПУ, 2003. – 65 с.
- Юрченко В. А., Пономарева С. Д., Пономарев К. С. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСПЕРСНОГО СОСТАВА ПЫЛИ КРАХМАЛА В ВЫБРОСАХ ОТ ОБОРУДОВАНИЯ КОНДИТЕРСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ.** Результаты экспериментальных исследований показали, что пыль крахмала, которая образуется в кондитерском производстве, на 75,8 % состоит из частиц размером до 10 мкм (PM_{2,5} и PM₁₀), которые являются опасными для окружающей среды. Не менее 22 % частиц размером до 10 мкм не улавливается циклоном и поступает в окружающую среду.
- Ключевые слова:** экологическая безопасность, выбросы кондитерского производства, мелкодисперсные частицы, пыль крахмала, циклоны, окружающая среда.
- Iurchenko V. O., Ponomarova S. D., Ponomarov K. S. INVESTIGATION INTO THE STARCH DUST PARTICLE SIZE DISTRIBUTION IN EMISSIONS FROM CONFECTIONERY MANUFACTURERS EQUIPMENT'S.** Experimental studies have shown that the starch dust formed in confectionery production consists of up to about 75,8 % PM_{2,5} and PM₁₀ particles that are harmful to the environment. At least 22 % of the 10 μm particles are not captured by the cyclone dust collectors and are released to the environment.
- Keywords:** environmental safety, confectionery manufacturers emissions, fine particles, starch dust, cyclone dust collectors, environment.