

УДК 331.452

Л.А. Сербінова, к.т.н., Т.В. Гребенюк, к.т.н. (НТУУ «КПІ»)

**ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗПЕЧНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ ВИДІЛЕННЯ
ПИЛУ ПОДРІБНЮВАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ**

L. Serbinova, T. Hrebenuk (National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»)

RESEARCH SAFE INTENSITY OF DUST IN THE FOOD INDUSTRY

З використанням результатів моделювання отримано залежності безпечної інтенсивності викиду пилу при подрібненні харчової маси $M_{\text{безп.подр.}}$ від відношення діаметра куска породи, що надходить в приймальний бункер дробарки на подрібнення до діаметра куска подрібненої породи, швидкості повітряного потоку.

Встановлено закономірності зміни безпечної інтенсивності виділення пилу подрібнювальним обладнанням у залежності від технічних параметрів, специфіки руху повітряних потоків і закономірностей розсіювання дрібнодисперсного пилу поблизу джерела його утворення, що визначають умови дотримання граничнодопустимих концентрацій за пиловим фактором в робочій зоні.

Ключові слова: *запилення; викид пилу; моделювання; технічні параметри; безпечна інтенсивність.*

С использованием результатов моделирования получены зависимости безопасной интенсивности выброса пыли при измельчении пищевой массы $M_{\text{безп.одр.}}$ от отношения диаметра куска породы, поступающего в приемный бункер дробилки на измельчение до диаметра куска измельченной породы, скорости воздушного потока.

Установлены закономерности изменения безопасной интенсивности выделения пыли измельчающим оборудованием в зависимости от технических параметров, специфики движения воздушных потоков и закономерностей рассеивания мелкодисперсной пыли вблизи источника его образования, определяющие условия соблюдения предельно допустимых концентраций по пылевому фактору в рабочей зоне.

Ключевые слова: *запыление; выброс пыли; моделирование; технические параметры; безопасная интенсивность.*

Using the simulation results obtained depending on the intensity of the safe release of dust during grinding $M_{\text{безп.др.}}$ food mass, the ratio of the diameter of a piece of rock fed into a hopper mill for grinding to a diameter of a piece of pulverized rock, the air flow rate.

The regularities of changes in the intensity of dust secure milling equipment based on technical parameters, the specifics of the motion of air flows and patterns of dispersion of fine dust near the source of its formation, determine the conditions of compliance with the maximum permissible concentrations of dust factor in the work area.

Keywords: *dust; dust emissions; modeling; technical parameters; safe intensity.*

Вступ. Процес подрібнення використовують при переробці та одержанні

харчових продуктів в борошно-круп'яному виробництві для розмелювання зерна в борошно; бродильному – для подрібнення ячменю, солоду, картоплі; кондитерському – для розмелювання какао-крупки, цукру, жирових напівфабрикатів; м'ясопереробному – для подрібнення шквари, кісток; в цукровому – для подрібнення буряків, консервному, хлібопекарському та інших виробництвах.

Основною характеристикою процесу подрібнення є ступінь подрібнення який являє собою відношення середніх розмірів шматків матеріалу до і після його подрібнення. При цьому в повітря робочої зони виділяється пил від подрібнювальних продуктів.

Для забезпечення концентрацій пилу, що не перевищують гранично допустимі значення в робочій зоні, необхідно в першу чергу вибрати відповідні параметри подрібнення дробарками [1]. Для вирішення цієї задачі необхідно дослідити вплив параметрів подрібнення харчової маси на процеси виділення та розсіювання пилу [2-8].

Аналіз відомих методів і методик кількісного оцінювання забруднення повітря в робочих зонах підприємств та способів підвищення ефективності системи управління пилобезпекою технологічних процесів показав, що цими питаннями займалися Бакка М.Т., Пирський О.А., Рижов Г.М., Бересневич П.В., Ушаков К.З., Михайлов В.А., Єфремов Е.І., Гурін А.О., Філатов С.С., Нікітін В.С., Лапшин О.Є., Ткачук К.Н. та інші. Ними досліджувались процеси утворення пилу при видобутку корисних копалин і його розсіювання з урахуванням метеорологічних факторів, але ці дослідження проводились переважно для кар'єрів, проте в харчовій промисловості такий вплив інтенсивності виділення пилу подрібнювального матеріалу мало досліджений.

Особливо значним виділенням пилу супроводжується процеси механічного подрібнення маси. При цьому концентрація пилу може значно перевищувати в гранично допустимі значення для робочої зони, місцями в 15-100 разів. Тому проблема підвищення ефективності управління пилогазовою безпекою при експлуатації апаратів для подрібнення у харчовій промисловості є актуальною.

Метою роботи є дослідження безпечної інтенсивності виділення пилу подрібнювального матеріалу. Завданням представленої статті є моделювання зміни безпечної інтенсивності виділення пилу та зони забруднення від вибору параметрів дробарного обладнання.

Результати досліджень. Моделювання процесів розповсюдження забруднюючих речовин в атмосферному повітрі включає в себе побудову математичних моделей та здійснення на їх основі надійних прогнозів. А тому, для адекватного моделювання процесу розсіювання пилу необхідно враховувати особливості розсіювання пилу біля джерела викиду [4].

На розсіювання пилу впливають фактори метеорологічного та місцевого характеру. Це температура та вологість повітря, швидкість повітряного потоку,

стратифікація атмосфери. Даною групою параметрів прямо керувати для забезпечення пилобезпечної інтенсивності викидів пилу неможливо, тому необхідно орієнтуватися на технічні параметри процесу подрібнення.

Прийнято, що управляти можна наступними параметрами обладнання при подрібненні маси:

- гранулометричний склад маси, що подається на подрібнення та готового матеріалу (відношення діаметра подрібненого куска (d_6) до діаметра куска, що надходить в приймальний бункер дробарки на подрібнення (d_3));
- висота завантаження та вивантаження маси;
- швидкість повітряного потоку.

Тобто, якщо підібрати відповідні технічні параметри, то перевищення ГДК_{р.з.} не буде.

Завдання вибору параметрів дробарного обладнання полягає в тому, щоб визначити, як зміниться безпечна інтенсивність виділення пилу та зона забруднення, якщо зміняться технічні параметри.

В роботі [4] наведено алгоритм для обґрунтування заходів, що дозволять підтримувати концентрацію пилу в робочій зоні нижче гранично допустимої. Розроблений алгоритм, на основі моделі оцінювання впливу керованих і некерованих параметрів, забезпечує визначення концентрацій пилу в атмосферному повітрі в залежності від технічних параметрів подрібнення і характеристик метеорологічної обстановки.

Структурно алгоритм обґрунтування заходів для нормалізації запиленості повітря робочої зони при подрібненні гранітної маси складається з наступних блоків:

I блок – визначення інтенсивності викидів пилу в залежності від технічних параметрів буріння та подрібнення гранітної маси. Виконується розрахунок емісії пилу при подрібненні гірської маси $M_{др}$ (г/с).

II блок – розрахунок концентрацій пилу в робочій зоні дробарного обладнання. Здійснюється розрахунок розсіювання гранітного пилу C (мг/м³) в робочій зоні дробарного обладнання.

III блок – визначення пилобезпечних технічних параметрів буріння свердловин та подрібнення гранітної маси дробарками і організаційних заходів з нормалізації запиленості робочої зони. Визначаються пилобезпечні технічні параметри подрібнення гранітної маси дробарками та організаційні заходи з нормалізації запиленості робочої зони.

Для дослідження процесу утворення пилогазових викидів при подрібненні граніту було виконано вимірювання концентрацій пилу в гранітному кар'єрі на різних віддальх від працюючої подрібнювальної установки. Виміри виконувались 2 серіями. В результаті дослідження процесу розсіювання пилогазових викидів при подрібненні граніту дробарками було отримано залежності пилобезпечної інтенсивності викидів пилу від гранулометричного складу гранітної маси.

Обробка результатів моделювання, за допомогою степеневі інтерполяції [9] дозволила отримати наступні залежності безпечної інтенсивності викиду пилу при подрібненні маси від відношення діаметра куска породи, що надходить в приймальний бункер дробарки на подрібнення (d_3) до діаметра куска подрібненої породи (d_6) з урахуванням відстані від джерела та температури навколишнього середовища [4].

$$M_{\text{безп.подр}} = F \cdot x^b. \quad (1)$$

де F , b – коефіцієнти, що залежать від діаметра куска подрібненої породи (d_6) до діаметра куска породи, що надходить в приймальний бункер дробарки на подрібнення (d_3) та температури навколишнього середовища; x – відстань від джерела, м.

Коефіцієнти F_{t_n} , b_{t_n} що враховують зміну відношення діаметрів та температури навколишнього середовища мають наступний вигляд [4]:

$$F_{t_n} = 0,098 \cdot t + 0,476; \quad (2)$$

$$b_{t_n} = -0,013 \cdot t + 1,236, \quad (3)$$

де t – температура навколишнього середовища, $^{\circ}\text{C}$.

Тобто, залежність безпечної інтенсивності викиду пилу при подрібненні від відношення діаметра куска подрібненої породи (d_6) до діаметра куска породи, що надходить в приймальний бункер дробарки на подрібнення (d_3) приймає наступний вигляд [4]:

$$M_{\text{безп.подр}} = (0,098 \cdot t + 0,476) \cdot k \cdot x^{(-0,013 \cdot t + 1,236) \cdot k}, \quad (4)$$

де k – коефіцієнт, що залежить від відношення діаметра куска подрібненої породи (d_6) до діаметра куска породи, що надходить в приймальний бункер дробарки на подрібнення (d_3).

В харчовій промисловості, як і в гірничій, основною характеристикою процесу подрібнення є ступінь подрібнення, який являє собою відношення середніх розмірів шматків матеріалу до і після його подрібнення. Тому, залежність (4) справедлива для розрахунків безпечної інтенсивності при подрібненні будь-якої маси, в тому числі в харчовій промисловості.

Також було досліджено зв'язок безпечної інтенсивності викиду пилу при подрібненні від висоти завантаження і вивантаження гранітної маси h [4]. Обробка результатів моделювання, за допомогою лінійної інтерполяції формули Лагранжа [9] дозволила отримати наступні залежності безпечної інтенсивності викиду пилу при подрібненні гранітної маси від висоти

завантаження і вивантаження гранітної маси h з урахуванням відстані від джерела та температури.

$$M_{\text{безп.подр}} = Z \cdot x + Q. \quad (5)$$

де Z , Q – коефіцієнти, що залежать від висоти завантаження і вивантаження гранітної маси та температури навколишнього середовища; x – відстань від дробарки, м.

Коефіцієнти Z_{t_n} , Q_{t_n} , що враховують зміну висоти завантаження і вивантаження гранітної маси та температури навколишнього середовища приймають наступний вигляд:

$$Z_{t_n} = (1,3443 \cdot t^{0,3927}) \cdot h; \quad (6)$$

$$Q_{t_n} = (3,1603 \cdot t^{0,6622}) \cdot h, \quad (7)$$

де h – висота завантаження і вивантаження гранітної маси, м; t – температура навколишнього середовища.

Тобто, залежність орієнтовно безпечної інтенсивності викиду пилу при подрібненні гранітної маси від висота завантаження і вивантаження гранітної маси приймає наступний вигляд:

$$M_{\text{безп.подр}} = \left[(1,3443 \cdot t^{0,3927}) \cdot h \right] \cdot x + (3,1603 \cdot t^{0,6622}) \cdot h. \quad (8)$$

Висновки

Таким чином, за отриманими залежностями безпечної інтенсивності викидів пилу при подрібненні маси в харчовій промисловості можна легко та з високою вірогідністю розрахувати безпечні інтенсивності в залежності від діаметру завантажуваної та розвантажуваної фракції матеріалу та висоти завантаження і вивантаження харчової маси. В свою чергу прогнозування безпечної інтенсивності викидів забезпечує підтримання концентрації пилу в робочій зоні на рівні, що забезпечує дотримання умови не перевищення ГДК_{р.з.}

Список використаних джерел

1. Наказ МОЗ України [Текст]: Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу від 27.12.2001 р., № 528 // Офіційний вісник України. - 2001. - С. 31.

2. Ефремов, Э.И. Проблемы экологии массовых взрывов в карьерах [Текст]: / Э.И. Ефремов, П.В. Бересневич и др.; под общ. ред. Э.И.Ефремова; - Днепропетровск: Січ.-1996. - 179 с.
3. Пилове забруднення при експлуатації гранітних кар'єрів [Текст]: матеріали VIII Всеукраїнської наукової конференції студентів, магістрів та аспірантів "Сучасні проблеми екології та геотехнологій", 23–25 березня 2011 р. тези доповідей / [Л.А. Сербінова, А.О. Водяник]. – Ж.: ЖДТУ, 2011. – 250 с.
4. Сербінова, Л.А. Нормалізація концентрації пилу в робочих зонах при механічному руйнуванні гірських порід в гранітних кар'єрах [Текст]: дис. канд. тех. Наук / Л.А. Сербінова. – К., 2014. – 154 с.
5. Бруяцкий, Е.В. Теория атмосферной диффузии радиоактивных выбросов [Текст] / Е.В. Бруяцкий; Институт гидромеханики НАН Украины. – К.: 2000. – 443 с.
6. Шабанова, С.В. Атмосфера промышленного предприятия, методы анализа и очистки [Текст]: метод. указания к лабораторным и практическим занятиям / С.В. Шабанова; – О.: ГОУ ОГУ, 2003.–23с.
7. Кухтов, В.Г. Математическая обработка результатов измерений [Текст]: Методические указания к практическим занятиям / В.Г. Кухтов; Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет. – Х.: ХНАДУ, 2008. – 60 с.
8. Водяник, А.О. Визначення параметрів забруднення пилом робочих зон при подрібненні гранітної маси дробарками [Текст]:/ А.О. Водяник, Л.А. Сербінова // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво»: Зб. наук. праць. – К.: НТУУ «КПІ» ПрАТ «Техновибух», 2012 – Вип. 22. – С. 196.
9. Мышкин, А.Д. Элементы теории математических моделей [Текст] / А.О. Мышкин;– М.: Комкнига, 2007. – 192 с.

Стаття надійшла до редакції 28.04.2016 р.

УДК 628.35: 628.336.5:628.336.6

В.Д. Воробйов, докт. техн. наук, проф., **А.О. Дичко**, канд. техн. наук, доц.,
І.О. Ополінський, асп., **К. В. Пестова**, студ. (НТУУ «КПІ»)

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БІОТРАНСФОРМАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ПОЛЮТАНТІВ СТИЧНИХ ВОД У БІОГАЗ

V.D. Vorobiov, A.O. Dychko, I.O. Opolinskyi, K.V. Pestova (National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»)

IMPROVING OF EFFICIENCY OF BIOTRANSFORMATION OF ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS POLLUTANTS OF WASTEWATER INTO BIOGAS