

наибольшее влияние оказывают факторы – тип мешалки, температура приготовления эмульсии, частота вращения мешалки и продолжительность эмульгирования.

Наилучший результат стойкости маргариновой эмульсии получили при использовании ленточной мешалки, температуре перемешивания +42°C и частоте вращения мешалки – 400 об/мин.

Список литературы: 1. Арутюнян Н. С., Аришева Е. А., Янова Л. И и др. Технология переработки жиров. - М. : Агропромиздат, 1985. - С. 368. 2. ГОСТ 5477-69 «Масла растительные. Методы определения цветности». 3. Бабак В.Г., Неверова Е.А., Чекмарева К.Б. и др. Устойчивость и реологические свойства жироводных эмульсий. Известия вузов, Пищевая технология, 1981, № 5.

Надійшла до редколегії 20.11.2012

УДК 664.325.002.5

Влияние параметров перемешивания на стойкость маргариновой эмульсии / С. А. Гринь, О. Н. Филенко, И. Г. Поляшенко, // Вісник НТУ «ХП». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХП», – 2012. - № 66 (972). – С. 110-114. – Бібліогр.:3 назв.

У статті розглянуто вплив параметрів перемішування на стійкість маргаринової емульсії. Проведено дослідження отримання емульсії із застосуванням різних типів перемішувачів. У результаті зроблені висновки про найкраще поєднання параметрів.

Ключові слова: маргарин, стійкість, перемішування, стрічкова мішалка.

The influence of the mixing parameters for resistance margarine emulsion is considered in the paper. Investigated of the emulsion with different types of mixing devices. As a result, conclusions about the best combination of parameters.

Keywords: margarine, stability, mixing, ribbon agitator.

УДК 502.174:66.074 - 963

І. С. КОЗІЙ, канд. техн. наук, асистент, СумДУ, Суми;

Л. Л. ГУРЕЦЬ, канд. техн. наук, доц., СумДУ, Суми;

О. П. БУДЬОНІЙ, канд. хім. наук, доц., СумДУ, Суми

МОДЕЛЮВАННЯ РОЗСІЮВАННЯ ДРІБНОДИСПЕРСНОГО ПИЛУ В АТМОСФЕРІ ВІД СТАЦІОНАРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗАБРУДНЕННЯ

Розроблена математична модель розсіювання твердих частинок та її розв'язання методом кінцевих елементів з урахуванням дисперсності пилу, яка може бути використана для розрахунку концентрації дрібнодисперсного пилу на заданій відстані від джерела при певній швидкості вітру та заданій потужності джерела.

Ключові слова: дрібнодисперсний пил, забруднення, атмосфера, прогноз розсіювання.

Вступ

Пил є чинником формування екологічної небезпеки в техногенно навантажених регіонах. Серед забруднювачів атмосфери особливе місце займає дрібнодисперсний пил, який розсіюється на значну відстань від джерел забруднення, має фіброгенні властивості і становить значну екологічну небезпеку як для здоров'я людини так і навколишнього середовища.

Тверді частки, особливо дрібнодисперсні, здатні накопичуватися в нижньому шарі атмосфери й переміщуватися на великі відстані. Вони адсорбують з повітря шкідливі речовини й погіршують екологічний стан в локальному й глобальному масштабах.

Частки пилу з розмірами менш 1 мкм не затримуються у верхніх дихальних шляхах, накопичуються в легенях і перешкоджають газовому обміну організму із зовнішнім середовищем. Тому, це ставить задачу прогнозування забруднення дрібнодисперсним

© І. С. КОЗІЙ, Л. Л. ГУРЕЦЬ, О. П. БУДЬОНІЙ, 2012

пиллом доквілля від діючих виробництв. Результати такого прогнозу є підґрунтям для розробки захисних заходів.

Мета роботи

Метою роботи є розробка математичної моделі процесу розсіювання дрібнодисперсного пилу в атмосфері та перевірка її адекватності в умовах конкретного виробництва.

Методика досліджень

Використано математичні методи для дослідження процесу розсіювання дрібнодисперсного пилу в атмосфері. Для отримання результатів у даній роботі використані фізичні методи для визначення дисперсного складу та механічних властивостей пилу, гравіметричний метод для визначення запиленості повітря на межі санітарно-захисної зони підприємства. Теоретичні розрахунки та обробку експериментальних даних виконували із застосуванням комп'ютерних програм MapleSoft 12.0 та ЕОЛ 2000.

Обговорення результатів

Розповсюдження забруднюючих речовин в атмосфері відбувається під дією вітрових потоків повітря з врахуванням їх дрібномасштабних флуктуацій. Середній потік забруднюючих часток, що переносяться повітряними масами, як правило має адвективну і конвективну складову. Середні флуктуаційні рухи часток можна інтерпретувати як дифузію на фоні основного середнього руху, пов'язаного з ним. Якщо спостерігати за факелом димової труби, то, по-перше, спостерігається захоплення димового факела потоком повітря і, по-друге, поступове розширення цього факела при віддаленні від джерела в наслідок дрібномасштабної турбулентності. В результаті факел має форму витягнутого конусу, що розширюється в напрямку руху повітряних мас. Збільшуючись під впливом крупно масштабних турбулентних флуктуацій, факел розпадається на ізольовані вихрові утворення, що захоплюються повітряними масами на велику відстань від джерела розсіювання.

Пилові домішки, що викидаються в атмосферне повітря, як правило, мають полідисперсний склад. Великі частинки пилу під дією сил інерції починають знижуватися і осідають на поверхні землі здебільшого поблизу джерела викиду або в межах санітарно-захисної зони (СЗЗ). Гравітаційний потік для важких часток виявляється набагато більшим дифузійного, тоді як для легких домішок він практично невідчутний. Дрібнодисперсний пил захоплюється повітряними масами та переноситься на велику відстань від джерела розсіювання внаслідок дифузійного перенесення.

Проведена паспортизація пилу двоокису титану та ільменіту дозволила класифікувати його як дуже дрібнодисперсний та дрібнодисперсний. Частка пилу, що осаджується під дією гравітаційних сил, зважаючи на дисперсний склад, буде невелика. Тому, в основі математичного моделювання процесу розповсюдження дрібнодисперсного пилу лежить дифузійна постановка задачі [1].

В своїй основі усі математичні моделі процесу розповсюдження домішок спираються на диференційне рівняння переносу

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + u \frac{\partial \varphi}{\partial x} + v \frac{\partial \varphi}{\partial y} + w \frac{\partial \varphi}{\partial z} + \sigma^* \varphi = \frac{\partial}{\partial z} \gamma \frac{\partial \varphi}{\partial z} + \mu^* \nabla^2 \varphi + k, \quad (1)$$

де φ – концентрація забруднюючої речовини, кг/м³; t – час, с; u , v , w – компоненти швидкості вітру за віссю декартової системи координат, м/с; μ^* – коефіцієнт горизонтальної дифузії в площині $(x, 0, y)$, м²/с; γ – коефіцієнт вертикальної дифузії в z – напрямку, м²/с; $\nabla^2 \varphi = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2}$; k – параметр джерела, що залежить від координат і часу, тобто $k = f(x, y, z, t)$; σ^* – величина, що пов'язана з трансформацією субстанції, с⁻¹.

Так як досліджуваний пил класифікували як дуже дрібнодисперсний та дрібнодисперсний, можна говорити про високу інерційність пилу, що буде повністю захоплюватись повітряним потоком при виході з отвору труби, а також незначну дію сили тяжіння. В зв'язку з цим було прийнято до розгляду одномірну задачу [2] і у спрощеному вигляді рівняння (1) в умовах штилю з врахуванням переносу набуває вигляду

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \sigma^* \varphi = \mu^* \frac{d^2 \varphi}{dx^2} + Q \delta(x - x_o) \quad (2)$$

в нескінченному середовищі $-\infty \leq x \leq \infty$, де Q – потужність джерела, що викидає в атмосферу пил, кг/с; $\delta(x - x_o)$ - дельта-функція Дирака, що враховує інтегральний вміст частинок пилу, що дифундують в об'ємі повітря за висотою, а також кількість частинок, що осідають на поверхні землі, $1/m^3$

$$\delta = \sigma^* + \alpha \gamma / H, \quad (3)$$

де α - функція, що характеризує взаємодію домішок з підстилаючою поверхнею; H – висота джерела викиду, м.

Рівняння (2) можна використовувати коли швидкість повітряних мас дорівнює нулю. При наявності вітру, а також з урахуванням постійної величини викиду (стаціонарний процес), воно набуває вигляду

$$u \frac{d\varphi}{dx} + \sigma^* \varphi = \mu^* \frac{d^2 \varphi}{dx^2} + Q \delta(x - x_o). \quad (4)$$

Таким чином в рівнянні (4) ми також не враховуємо швидкість осадження часток, прийнявши їх такою, що дорівнює нулю. Внаслідок високої інерційності часток дрібнодисперсного пилу він буде повністю захоплюватись потоком вітру.

Постановка граничних умов для рівняння (4) переносу домішок розглянуто в роботах [2, 3]. Приймаємо такі граничні умови: межею розсіювання пилу від стаціонарного джерела є розміри СЗЗ підприємства; джерело знаходиться в центрі координат; потужність викиду джерела є постійною величиною.

Наведене рівняння (4) належить до диференціальних рівнянь другого порядку, що мають аналітичне рішення лише у простих випадках. Для широкого спектру природних і технологічних процесів задачу можна розв'язати чисельно в тому випадку, коли похідні, що є у рівнянні, замінити на кінцеві різниці, створені на малих просторових інтервалах. У випадку моделювання реального процесу розповсюдження шкідливих домішок в атмосферному повітрі виконаємо дискретизацію простору, розбивши геометрію процесу на розрахункові інтервали (від джерела до відстані СЗЗ підприємства)

$$h = \frac{(b-a)}{n}, \quad (5)$$

точки розбиття $x_i = x_o + ih$, $i = 0, 1, \dots, n$; $x_o = a$; $x_n = b$.

Значення функції $\varphi = \varphi(x)$ і її похідних $\varphi' = \varphi'(x)$, $\varphi'' = \varphi''(x)$ позначимо відповідно через $\varphi_i = \varphi_i(x_i)$, $\varphi_i' = \varphi_i'(x_i)$, $\varphi_i'' = \varphi_i''(x_i)$.

Вводимо позначення

$$\mu_i^* = \mu(x_i), u_i = u_i(x_i), \sigma_i^* = \sigma_i(x_i). \quad (6)$$

Замінімо похідні на односторонні скінченнорізницеві співвідношення

$$\varphi_i' \approx \frac{\varphi_{i+1} - \varphi_{i-1}}{2h}, \quad (7)$$

$$\varphi_i'' \approx \frac{\varphi_{i+1} - 2\varphi_i + \varphi_{i-1}}{h^2}. \quad (8)$$

Формули (7) та (8) приблизно виражають значення похідних у внутрішніх межах інтервалу $[a, b]$.

Для граничних значень припустимо

$$\varphi'_0 \approx \frac{\varphi_1 - \varphi_0}{h}, \quad \varphi'_n \approx \frac{\varphi_{n-1} - \varphi_n}{h}. \quad (9)$$

Використовуючи формули (7) та (8), диференційне рівняння (4) при $x = x_i$, ($i = 1, 2, \dots, n-1$) наближено можна замінити лінійним рівнянням

$$\mu_i \frac{\varphi_{i+2} - 2\varphi_{i+1} + \varphi_i}{h^2} + u_i \frac{\varphi_{i+1} - \varphi_{i-1}}{2h} + \sigma_i \varphi_i = Q\delta(x - x_0). \quad (10)$$

Перетворюючи рівняння (3.10) відносно φ_{i-1} , φ_i та φ_{i+1} отримуємо скінченнорізницьву формулу для вирішення поставленої задачі

$$\left(\frac{\mu_i}{h^2} - \frac{u_i}{2h}\right)\varphi_{i-1} + \left(\frac{-2\mu_i}{h^2} + \sigma_i\right)\varphi_i + \left(\frac{\mu_i}{h^2} + \frac{u_i}{2h}\right)\varphi_{i+1} = Q\delta(x - x_0). \quad (11)$$

Алгоритм розрахунку концентрації дрібнодисперсного пилу на відстані від джерела забруднення реалізований на алгоритмічній мові С++. Величина кроку у розрахунках становила 0,01 м, відповідно сітка мала 10^4 значень, результати яких підраховуються в середньому 5 секунд і зберігаються у вигляді файлу даних на комп'ютері.

З метою перевірки адекватності математичної моделі було виконано заміри запиленості повітря на межі санітарно-захисної зони ПАТ «Сумихімпром» та за територією підприємства, результати яких наведено в табл. Виробництво двоокису титану на даному підприємстві є основним джерелом привнесення дрібнодисперсного пилу в атмосферу [4]. Всі заміри запиленості повітря припадали на період роботи лише виробництва двоокису титану на підприємстві.

Таблиця – Стан запиленості повітряного середовища на територіях, прилеглих до ПАТ «Сумихімпром»

Місце відбору проб	Концентрація, мг/м ³			ГДК нас.пункт., мг/м ³
	макс.	мінім.	середня	
400 м від джерела	2,8	2,4	2,6	0,5
500 м від джерела	2,1	1,7	1,9	0,5
600 м від джерела	1,7	1,5	1,6	0,5
800 м від джерела	1,6	1,2	1,4	0,5
1000 м (межа СЗЗ)	1,3	0,9	1,1	0,5
500 м від межі СЗЗ	1,1	0,7	0,9	0,5

Порівняльний аналіз математичної моделі та експериментальних даних наведено на рис.

Аналіз отриманого графіку розподілу концентрацій на відстані від джерела викиду дозволяє встановити, що результат математичного моделювання схожий до результатів експериментальних досліджень. Як бачимо з рис. 1, відхилення розрахункових значень математичної моделі від результатів експерименту в основному не перевищує 15% у всьому дослідженому діапазоні відстаней. Найбільша відповідність математичної моделі експериментальним значенням відбору проб пилу спостерігається на відстані до 500 м від джерела розсіювання.

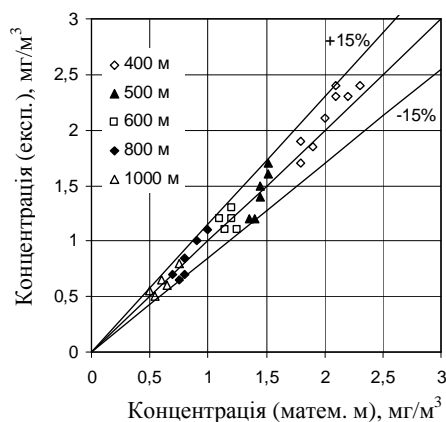


Рис. – Зіставлення результатів розсіювання дрібнодисперсного пилу за математичною моделлю та експериментальними даними

Висновок

Розроблена математична модель може бути використана для розрахунку концентрації дрібнодисперсного пилу на заданій відстані від джерела при певній швидкості вітру та заданій потужності джерела. Аналіз адекватності математичної моделі відносно експериментальних даних свідчить про адекватність розробленої математичної моделі і збіжність результатів на рівні 85%.

Список літератури: 1. Расчет загрязнения атмосферы при аварии на базе модели конвективно-диффузионного переноса примеси / А. В. Радкевич, Н. Н. Беляев, А. А. Степаненко [та ін.] // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2010. – вип. 32. – С. 203 – 205. 2. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. – 320 с. 3. Hanna S. Air Quality Modelling over Short Distances / S. Hanna // College on Atmospheric Boundary Layer and Air Pollution Modelling, 1994. - № SMR/760-2. – P. 712 – 743. 4. Козій І. С. Паспортизація пилу двоокису титану та пошук шляхів для зменшення його втрат на ВАТ «Сумхімпром» / І. С. Козій, Л. Д. Пляцук, Л. Л. Гурець, С. В. Вакал // Вісник КДПУ ім. М.Остроградського – 2009. - №6(59). – С. 193-195.

Надійшла до редколегії 20.11.2012

УДК 502.174:66.074 - 963

Моделювання розсіювання дрібнодисперсного пилу в атмосфері від стаціонарних джерел забруднення / І. С. Козій, Л. Л. Гурець, О. П. Будьоний // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2012. - № 66 (972). – С. 114-118. – Бібліогр.: 4 назв.

Разработана математическая модель рассеивания твердых частиц и ее решение методом конечных элементов с учетом дисперсности пыли, которая может быть использована для расчета концентрации мелкодисперсной пыли на заданном расстоянии от источника при определенной скорости ветра и заданной мощности источника.

Ключевые слова: мелкодисперсная пыль, загрязнение, атмосфера, прогноз рассеивания.

A mathematical model for dispersion of particulate matter and its solution by finite elements, with the dispersion of dust, which can be used to calculate the concentration of fine dust at a given distance from the source at a given wind speed and a given power source.

Keywords: fine dust, pollution, atmosphere, forecast dispersion.

УДК 631.61

Н. А. МАКАРЕНКО, аспирант, СумГУ, . Сумы

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Проведены исследования по связыванию тяжелых металлов в нерастворимые комплексные соединения за счет внесения органо-минеральных удобрений, на основе отечественных фосфоритов, исследования процесса вымывания тяжелых металлов из почвенного слоя.

Ключевые слова: тяжелые металлы, комплексные удобрения, гуматы, детоксикация почв.

Введение

Тяжелые металлы являются одним из факторов загрязнения почв, имеют канцерогенные свойства и представляют потенциальную опасность для здоровья человека и окружающей среды. Для предотвращения негативного влияния токсикантов, необходимо изучение особенностей миграции, накопления и трансформации тяжелых металлов в почвах.

© Н. А. МАКАРЕНКО, 2012