

Кузичкин, С.Н. Саутин, А.Е. Пунин и др. – Л.: Химия, 1987. – 152 с. 6. Лapidус А.С. Экономическая оптимизация химических производств. – М.: Химия, 1986. – 208 с. 7. Семенюк В.І., Семенюк В.В. Оптимальні шляхи рішення соціоекологічних проблем / Питання соціоекології. Матеріали Першої всеукраїнської конференції “Теоретичні та прикладні аспекти соціоекології”. Том 1. – Львів: ЛДУ, 1996. – С. 50 – 52. 8. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. – М.: Химия, 1985. – 448 с. 9. Островский Г.М., Волин Ю.М. Методы оптимизации сложных химико-технологических схем. – М.: Химия, 1970. – 328 с. 10. Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь. – Кишинев: Гл. ред. МСЭ, 1990. – 408 с. 11. Семенюк В.І., Венгржановський В.А., Семенюк В.В. Щодо вдосконалення системи моніторингу в Україні // Вісн. Технологічного ун-ту Поділля, частина 1, технічні науки. – 2000. – №5. – С. 181 – 182. 12. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД.52.04.186-89. – М.: Госком СССР по гидрометеорологии, Минздрав СССР, 1991. – 693 с. 13. Семенюк В.І., Семенюк В.В. Об учете химического взаимодействия вредных выбросов в атмосфере / Тезисы докладов Украинской конференции «Моделирование и исследование устойчивости систем», Киев 20 – 24 мая 1996 г. – С. 122 – 123. 14. Валерий Семенюк, Виктор Венгржановский, Владимир Семенюк. Мониторинг в контроле за энергосбережением / Вісн. Державного університету “Львівська політехніка”. – 1999. – №2. – С. 288 – 292. 15. Семенюк В.І., Камбург В.Г., Семенюк В.В. До впровадження системи CORINAIR в Україні // Міжнародний науково-технічний журнал “Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах”. – 2000. – №1. – С. 176 – 179. 16. Удельные выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух различными производствами (на основе «Руководства по инвентаризации выбросов в атмосферу CORINAIR»). – Донецк: УкрНЦТЭК, 2001. – 268 с.

УДК 504:658.562

В.В. Семенюк, В.І. Семенюк, В.Г. Камбург, В.А. Венгржановський
Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький

ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ

© Семенюк В.В., Семенюк В.І., Камбург В.Г., Венгржановський В.А., 2002

Наведена модель розрахунку розсіювання забруднювальних речовин залежно від висоти стаціонарного джерела викиду. На базі цієї моделі показано можливість зміни стану довкілля та його енергетичних та ресурсних здібностей.

The model of calculation of dispersion of polluting substances is given on height of a stationary source of emission. On the basis of this model the opportunity of change of a condition of an environment and its power and resource abilities is shown.

Сучасні методи розрахунку розсіювання забруднювальних речовин (ЗР) в атмосферному повітрі від стаціонарних джерел викидів базуються на формулі Саттона [1] або на залежностях, які наведено в ОНД-86 [2] (останній документ є обов'язковим для екологічних досліджень в Україні).

Однак у формули Саттона є ряд недоліків:

$$C_{x,y,z} = \frac{10^3 M}{\Pi \sigma_j \sigma_z \bar{u}} \exp\left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right] \exp\left[-\frac{h^2}{2\sigma_z^2}\right], \quad (1)$$

де M – маса ЗР, яка викидається з джерела в одиницю часу, г/с; σ_y і σ_z – стандартні відхилення в розподілі частинок по розмірах вздовж вісей y і z (залежно від турбулентності середовища); \bar{u} – середня швидкість вітру у верхнього зрізу димової труби; h – висота труби, м

Так, σ_y і σ_z невідомі. Для їх визначення необхідно проведення складних розрахунків.

Методика розрахунку розсіювання ЗР в атмосферному повітрі за ОНД-86 дає можливість визначити концентрації ЗР лише у приземному шарі атмосфери на висоті 2 м.

Тому нами пропонується спрощення методики таких розрахунків, яка базується на залежностях дифузійної кінетики з урахуванням явищ масовіддачі компонентів у газовій фазі [3].

Графіки представлення розсіювання ЗР в атмосфері зображені на рис. 1 і 2.

Для розрахунку моделі розсіювання використовуємо рівняння матеріального балансу:

$$\Pi R^2 D_j = \left(\frac{dC_j}{dh} \right)_{a\bar{u}} - \Pi R^2 D_j = \left(\frac{dC_j}{dh} \right)_{a\bar{u}} = 2k_{gj} \cdot b \cdot C_j \Pi R \Delta H, \quad (2)$$

де D_j – коефіцієнт молекулярної дифузії j -го компонента у газовій фазі, м²/с:

$$D_j = \frac{4,3 \cdot 10^{-7} T^{3/2}}{P \left(V_j^{1/3} + V_a^{1/3} \right)^2} \sqrt{\frac{1}{M_j} + \frac{1}{M_a}}, \quad (3)$$

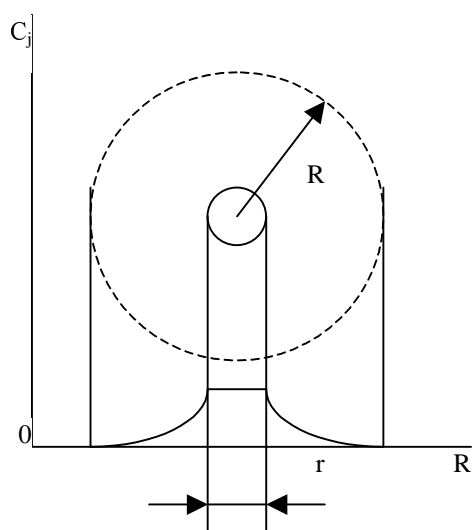


Рис. 1. Розсіювання ЗР в атмосфері (вид зверху джерела викиду): C_j – концентрація ЗР; R – зона розсіювання; r – радіус труби

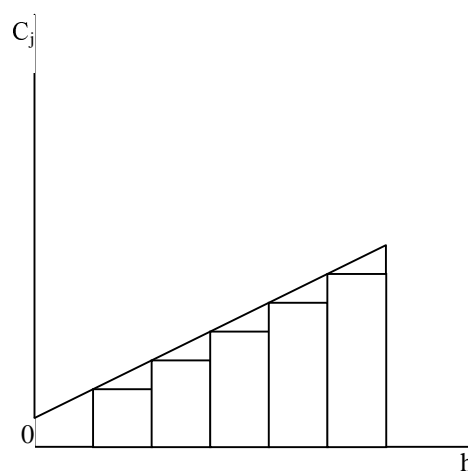


Рис. 2. Залежність концентрації ЗР від висоти (h – висота)

де T – температура, К; P – тиск (абсолютний), кгс/см²; M_j і M_a – мольні маси j -го компонента та повітря; V_j та V_a – мольні об'єми j -го компонента та повітря; k_{gj} – коефіцієнт масовіддачі, м/с. k_{gj} знаходиться за критерієм Нуссельта:

$$Nu_j = \frac{k_{gj} \cdot l_j}{D_j},$$

де l_j – лінійний розмір молекули або частинки j -го компонента.

Для газової фази критерій Нуссельта також дорівнює [3]:

$$Nu' = a Re^n \cdot Pr^m \text{ або } Nu' = 0,407 Re^{0,625} \cdot Pr^{0,33}$$

де a – константа, Re – критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{w d_j \rho_B}{\mu_B},$$

де d_j – розмір молекули j -ї речовини; w – швидкість повітря; ρ_B – густина повітря; μ_B – коефіцієнт динамічної в'язкості повітря);

Pr – критерій Прандтля:

$$Pr' = \frac{\nu_B}{D_j},$$

де ν_j – кінематичний коефіцієнт в'язкості, m^2/s .

B_j – коефіцієнт пропорційності, який залежить від властивостей ЗР:

$$b_j = \frac{1}{k_j},$$

де $k_j=0,8$ для I класу небезпеки, $k_j=0,9$ для II класу небезпеки, $k_j=1$ для III класу небезпеки і $k_j=1,1$ для IV класу небезпеки [4];

Після перетворення рівняння (2) набирає вигляду:

$$\frac{\left(\frac{dC_j}{dh}\right)_{\hat{a}\hat{o}} - \left(\frac{dC_j}{dh}\right)_{\hat{a}\hat{e}\hat{o}}}{\Delta h} = \frac{2k_{gj} \cdot b \cdot C_j}{DR}. \quad (4)$$

Або при $\Delta h \rightarrow 0$ маємо:

$$\frac{d^2 C_j}{dh^2} - \frac{2k_{gj} \cdot b \cdot C_j}{DR} = 0. \quad (5)$$

Загальний розв'язок рівняння (5):

$$C_j = A_1 \cdot \exp(\sqrt{P} \cdot h) + A_2 \cdot \exp(-\sqrt{P} \cdot h),$$

де

$$P = \frac{2k_{gj} \cdot b}{DR},$$

A_1 і A_2 – константи, які знаходяться за умов:

$$\begin{cases} C_j = C_{\infty j} \text{ при } h = 0 \\ \frac{dC_j}{dh} = 0 \text{ при } h = h \end{cases}$$

$$A_1 = \frac{C_{\infty j} \exp(\sqrt{P} \cdot h)}{\exp(\sqrt{P} \cdot h) + \exp(-\sqrt{P} \cdot h)}, \quad A_2 = \frac{C_{\infty j} \exp(-\sqrt{P} \cdot h)}{\exp(\sqrt{P} \cdot h) + \exp(-\sqrt{P} \cdot h)}, \quad (6)$$

де $C_{\infty j}$ – концентрація j -ї ЗР, яка може дорівнювати фоновій або граничнодопустимій, або бути більше від них.

Тоді рівняння (6) набере вигляд:

$$C_j = \frac{2C_{\infty j}}{\exp(\sqrt{P \cdot h}) + \exp(-\sqrt{P \cdot h})} = \frac{C_{\infty j}}{ch\sqrt{P \cdot h}} \text{ або}$$

$$C_{\infty j} = C_j \cdot ch\sqrt{P \cdot h}, \quad (7)$$

$$C_{\infty j} = C_j \cdot ch\sqrt{\frac{2k_{gj} \cdot b}{DR} \cdot h}, \quad (8)$$

Для стаціонарних джерел викиду ЗР C_j дорівнює концентрації ЗР на виході з джерела.

На основі формули (8) можуть бути виявлені такі показники оцінки забруднення атмосферного повітря та їх вплив на флору, фауну та здоров'я людини в місці знаходження даних стаціонарних джерел:

1. Коефіцієнт комбінованої дії (ККД):

$$ККД = \sqrt{n}, \quad (9)$$

де n – кількість речовин, присутніх у повітрі для яких немає ККД;

2. Інтегральний критерій оцінки забруднення атмосферного повітря (ГДЗ):

$$ГДЗ = ККД \cdot 100\% \quad (10)$$

3. Фактичний або прогнозний рівень забруднення атмосферного повітря шляхом співставлення показників забруднення ($ПЗ_j$ або $\sum_{i=1}^n ПЗ_j$) з показником забруднення ГДЗ (див. таблицю)

$$ПЗ_j = \frac{C_{\infty j}}{ГДК_j \cdot k_j} \cdot 100\%, \quad (11)$$

або

$$\sum_{i=1}^n ПЗ_j = \left(\frac{C_{\infty j}}{ГДК_j \cdot k_j} \cdot 100\% \right), \quad (12)$$

де ГДК_j – граничнодопустима концентрація j-ї ЗР, мг/м³.

Кількісні показники оцінки забруднення атмосферного повітря

Рівень забруднення	Ступінь небезпечності	Кратність перевищення ГДЗ	Процент випадків перевищення ГДЗ
Допустимий	Безпечний	<1	0
Недопустимий	Слабконебезпечний	>1-2	>0-4
Недопустимий	Помірнонебезпечний	>2-4,4	>4-10
Недопустимий	Небезпечний	>4,4-8	>10-25
Недопустимий	Дуже небезпечний	>8	>25

Дані таблиці зумовлюють необхідність розрахунків для захисту флори та фауни, водних ресурсів, корисних копалин, сировини та допоміжних матеріалів виробництва від дії ЗР, що пов'язане з проблемами ресурсо- та енергозбереження.

1. Бретшнайдер Б., Курфюрст Н. Охрана воздушного бассейна от загрязнений: технология и контроль / Пер. с англ.; Под ред. А.Ф. Туболкина. – Л.: Химия, 1989. – 288 с. 2. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в промышленных выбросах предприятий. ОНД-86. – Л.: Гидрометеиздат,

1987. – 94 с. 3. Павлов К.Ф., Роменков П.Г., носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / Под ред. Чл.-корр. АН СССР П.Г. Романкова. – Л.: Химия, 1981. – 560 с. 4. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними і біологічними речовинами). ДСП-201-97. – К.: МОЗУ, 1997. – 57 с.

УДК 66.47

Я.М. Ханик, О.В. Станіславчук, В.П. Дулеба, Л.З. Білецька
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра хімічної інженерії

ОСОБЛИВОСТІ ГІДРОДИНАМІКИ ТА КІНЕТИКИ СУШІННЯ БІОЛОГІЧНО-АКТИВНИХ ПАСТОПОДІБНИХ МАТЕРІАЛІВ

© Ханик Я.М., Станіславчук О.В., Дулеба В.П., Білецька Л.З., 2002

Наведені результати досліджень гідродинаміки та кінетики сушіння пастоподібних біологічно-активних матеріалів фільтраційним методом у суцільному шарі та із створенням у ньому штучної пористості на прикладі хлібопекарських дріжджів.

In this article described results of investigation hidrodynamic and kinetic process of drying for paste biologically materials filtration method in unbroken layer and broken layer for yeast.

Для сушіння пастоподібних матеріалів використовують переважно конвективний метод (шахтні, стрічкові сушарки, апарати киплячого шару та ін.). Однак стадії підготовки матеріалів даного типу до сушіння суттєво не відрізняються і полягають у такому: матеріал відфільтровують на фільтр-пресі або барабанному вакуум-фільтрі, подрібнюють, надаючи йому форму гранул або вермішелі. У деяких виробництвах гранули підсушують або опудрюють висушеним продуктом, щоб запобігти їх подальшого злипання [1, 2]. Тобто на підготовку матеріалу до сушіння затрачається додаткова енергія, виробничі площі та додаткові апарати, зростає загальна тривалість процесу.

Завдання нашого дослідження полягає в тому, щоб спростити таку енергоємну та металомістку схеми виробництва пастоподібних матеріалів на прикладі сушіння хлібопекарських дріжджів фільтраційним методом. Запропонований метод дає змогу уникнути стадії підготовки матеріалу до сушіння та об'єднати в одному апараті послідовні стадії: фільтрування та сушіння. Суспензія чи дріжджове молоко, отримане під час бродіння культури *Saccharomyces cerevisiae*, відфільтровується під дією перепаду тисків, створеного за допомогою вакуум-насоса, а теплоносій, нагрітий до температури 50°C подається зверху, і проходить через шар матеріалу (заввишки 2 мм), одночасно висушуючи його.

Окрім спрощення схеми, завданням досліджень було вивчення зміни параметрів процесу, як з погляду гідродинаміки, так і з погляду кінетики сушіння. Характер зміни цих величин визначається структурою, а також природою зв'язку вологи з матеріалом.

Нами було детально досліджено гідродинаміку та кінетику сушіння у випадку суцільного шару біологічно активної маси та за наявності штучної пористості (від 0,66 до 10 %). Результати досліджень зображені на рис. 1.