

години, на відміну від карбонату кальцію, що використовують у цукровій промисловості для очищення і співосадження неполярних речовин – нецукрів, має висоту підняття вищу, ніж карбонат кальцію і відповідно проявляє більш високі адсорбційні властивості по відношенню до неполярних рідин, зокрема нецукрів.

Крива просочування у сепарованого дисперсного мінералу, термоактивованого протягом 1 години розташовується вище, аналогічної кривої карбонату кальцію. Це вказує на те, що просочування проходить більш інтенсивніше, ніж у карбонату кальцію. Тобто, у дисперсного мінералу глауконіту, термоактивованого протягом 1 години, більш висока здатність взаємодіяти з неполярними рідинами і проявляти більш високі адсорбційні властивості, ніж в карбонату кальцію.

Отже, термоактивований протягом 1 години дисперсний мінерал глауконіт доцільно використовувати у цукровій промисловості для підвищення ефекту очищення цукрових розчинів.

Висновки

Результати дослідів показали, що термоактивований протягом 1 години дисперсний мінерал глауконіт проявляє кращі адсорбційні властивості на відміну природно сепарованого мінералу.

Природний дисперсний мінерал глауконіт має високі гідрофільні і гідрофобні властивості, ніж карбонат кальцію, що використовуються для очищення цукрових соків.

Література

1. Аксельруд Г.А., Альтигуляр М.А. Введение в капиллярно-химическую технологию – М.: Химия, 1983 – 263 с
2. Schrader M. E., Yariv S. Wettability of Clay Minerals // Ibid.- 1990 – 136, No.1 – p. 85-94
3. White W. A., Pichler E. Water Sorption Characteristics of Clay Minerals // III State Geol. Surv. Guidebl. Ser. – 1959 - No.2 – p. 266-270
4. Б.В. Дерягин, Н.В. Чураев. Смачивающие пленки. – М.: Наука, 1984 – 160 с
А.М. Абрамец, И.И. Литван, Н.В. Чураев. Массоперенос в природных дисперсных системах - Минск : “Наука і техніка”, 1992 – 288с

УДК 66.047

ТЕПЛООБМІН ПІД ЧАС ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ ЗБАГАЧЕНОГО ПІСКУ

**Атаманюк В.М. д.т.н, доцент, Кіндзера Д.П. к.т.н., доцент, Гузьова І.О. к.т.н.
Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів**

У роботі наведені результати експериментальних і теоретичних досліджень процесу теплообміну під час фільтраційного сушіння збагаченого піску. Запропоновано розрахункові залежності для визначення коефіцієнта тепловіддачі від теплового агенту до твердих частинок сухого та вологого дисперсного матеріалу, що виступав об'єктом досліджень.

Experimental and theoretical investigation of process of heat exchange during filtration drying of middle grained and large grained sand is shown in work. Calculative dependences for researching of heat emission coefficient from heat agent to hard particles of dispersion materials were a objects of investigation is proposed.

Ключові слова: пісок, дисперсний матеріал, стаціонарний шар, теплообмін, коефіцієнт тепловіддачі.

Пісок відноситься до корисних копалин. Це сипка дрібноуламкова порода (полідисперсна суміш), з різними за формою та розміром зернами. Основні мінерали, які формують пісок – кварц, польовий шпат, кальцит та ін. [1, 2]. Слюда, різного роду карбонати, гіпс, ільменіт, циркон і монацит вважають домішками [3, 4]. Застосовується пісок у будівельній, силікатній промисловості у ливарному виробництві та інших галузях промисловості. Щорічні потреби піску складають мільйони тон [5, 6].

Більшість родовищ піску, які експлуатуються є дрібнодисперсними (модуль крупності 1,5 – 2,0) і в основному низької якості (вміст пилувато-глинистої фракції складає 5 – 20 %), що перевищує норми ДСТУ (3 – 5 %). Тоді, як у всіх вищевказаних галузях промисловості, необхідно використовувати високосортні кварцові піски, хімічний і гранулометричний склад яких є строго регламентований [6].

Так, наприклад, в силікатній промисловості для виробництва скла використовують чисті кварцові піски з розміром зерна в межах 0,1 – 0,8 мм. В пісках для виробництва віконного скла та склотари з білого і напівбілого скла вміст SiO₂ повинен бути не менше 95 – 98 %, Fe₂O – не більше 0,15 – 0,25 %,

Al_2O_3 – не більше 2 – 4 %. У виробництві склотари з темного скла використовують також піски з вмістом SiO_2 понад 95 %, вміст заліза не нормується. В переважній більшості родовищ піску, вміст SiO_2 є недостатнім. Причиною такого явища є домішки пилюватого вапнякового матеріалу, від якої можна позбутися шляхом промивання пісків [7].

В будівельній промисловості майже на всіх промислових родовищах вміст пилювато-глинистої фракції перевищує допустимі ДСТУ норми (3 % для пісків, що використовуються в бетонах та 5 – 7 % – в будівельних розчинах). Такі піски потребують збагачення (промивання). Використання їх в природному вигляді веде до перевитрат цементу та зниження міцності і, особливо, морозостійкості бетонів [6, 8].

Постановка проблеми. Як бачимо, за зерновим складом і вмістом шкідливих додатків, піски які видобувають в Україні не відповідають вимогам стандартів, тому їх перед використанням збагачують (промивають, розділяють на фракції і сушать).

На сучасних виробництвах, після розділення на фракції в гідроциклонах, пісок потрапляє на сушіння в барабанні сушарки або в установки киплячого шару. Барабанні сушарки потребують великих експлуатаційних затрат та виробничих площ. Процес сушіння піску в киплячому шарі є більш економічним як по затратах енергії так і по виробничих площах. Крім того, під час роботи такої установки, відбувається часткове збагачення піску, за рахунок винесення глинистих частинок з розміром менше 50 мкм та інтенсивної механічної взаємодії частинок піску між собою. Однак, внаслідок того, що вологий пісок є абразивним, відбувається інтенсивна ерозія робочих поверхонь сушильних установок, що, з однієї сторони, приводить до швидкого їх зношування і необхідності їх ремонту або заміни, з іншої – до забруднення збагаченого піску металічним пилом, що в окремих випадках може бути недопустимо. Як свідчить досвід експлуатації таких сушильних установок ерозійне зношення металоконструкцій виготовлених із Ст.3 сумішшю повітря і вологого піску на поворотах та в циклоні становить 10–15 мм на рік [9], а це означає, що експлуатація цих установок є досить затратною. Ще одним недоліком цього методу сушіння є необхідність встановлення додаткової пилоочисної апаратури, а подрібнення та стирання частинок піску призводить до небажаних результатів, особливо в будівельній промисловості, де використовується грубозернистий пісок.

Авторами статті запропонований один з високоефективних методів сушіння – фільтраційний, фізична суть якого полягає у профільтовуванні теплового агенту в напрямку “шар вологого матеріалу – перфорована перегородка” під дією перепаду тисків [10]. Цей метод має ряд істотних переваг перед вищезгаданими методами: наявність механічного витіснення вільної вологи; можливість сушіння тепловим агентом з низьким температурним потенціалом; відсутність стадії очищення теплового агенту після сушіння; відсутність стирання матеріалу. Інтенсивність процесу теплообміну між тепловим агентом і вологим матеріалом визначає тривалість процесу та енергозатрати на його реалізацію. Через складність теплообмінних процесів, що мають місце під час фільтраційного сушіння дисперсних матеріалів, є неможливими їх аналітичні описання без проведення експериментальних досліджень. Для кожного матеріалу теплообмінний процес буде мати свої особливості, зумовлені характеристиками самих частинок та шару, сформованого з даних частинок.

Тому, метою роботи є вивчення особливостей механізму теплообміну під час фільтраційного сушіння дисперсних матеріалів, до яких відноситься пісок.

Аналіз останніх публікацій і досліджень. Дослідженням процесу теплообміну між твердими тілами і тепловим агентом присвячено ряд наукових робіт [11 – 14]. Зокрема, у монографії [10] наводяться узагальнення експериментальних досліджень під час руху теплового агенту “перфорована перегородка – дисперсний матеріал” (знизу – вверху) до моменту псевдозрідження. Аналогічні результати наводяться і в [12]. В роботі [13], автор наводить методіку розрахунку коефіцієнта тепловіддачі під час охолодження срібної кульки у рідкому середовищі на основі густини теплового потоку і температури на поверхні частинки. Результати наведені в цих роботах стосуються конкретних матеріалів і режимів теплообміну і застосувати їх для інших матеріалів є надзвичайно трудно, а в окремих випадках і неможливо через відсутність вихідних даних для результатів, наведених у літературному джерелі.

Відомо, що фільтраційне сушіння носить зональний характер і зона тепломасообміну рухається в напрямку руху теплового агенту [10]. Це означає, що в шарі одночасно знаходяться сухий і вологий матеріали, причому висота шару сухого матеріалу постійно зростає, а вологого зменшується. Під час фільтрування теплового агенту крізь пористу структуру дисперсного матеріалу теплота до поверхні частинок передається конвективно, а в самих частинках – шляхом теплопровідності. Тепловий агент фільтрується крізь стаціонарний шар дисперсного матеріалу по криволінійних каналах, які утворюють частинки неправильної форми. Кількість і розміри таких каналів залежать від розмірів, форми і шорсткості частинок, а також методу формування шару (впорядковано чи стихійно). По висоті шару канали перехрещуються, об’єднуються і розгалужуються, поперечний переріз їх є неоднаковим, і тому не

всі канали є газопроникними для конкретного перепаду тисків. Шорсткі частинки можуть утворювати замкнені зони, в яких теплообмін може відбуватися лише шляхом теплопровідності. Тому важливо дослідити процес теплообміну між сухим матеріалом і тепловим агентом, крізь який він фільтрується в першу чергу, і лише потім з вологим матеріалом.

Для інтенсифікації процесу фільтраційного сушіння, необхідним є визначення коефіцієнтів тепловіддачі від теплового агента до твердих частинок вказаних матеріалів, дослідження впливу дійсної швидкості руху теплового агента на значення цих коефіцієнтів, встановлення залежностей, які б дозволяли розрахувати коефіцієнти тепловіддачі при відомому режимі фільтрування та фізичних параметрах теплового агента.

Дана стаття присвячена експериментальному та теоретичному визначенню коефіцієнту тепловіддачі для сухого та вологого збагаченого піску. Дослідження та узагальнення процесу тепломасообміну під час фільтраційного сушіння збагаченого піску дадуть змогу на основі отриманих залежностей розрахувати основні конструктивні розміри сушильного агрегату, що забезпечить його високу продуктивність, необхідну якість та собівартість готової продукції.

Характеристика об'єктів дослідження. За об'єкт досліджень брали середньозернистий кварцовий пісок, який використовують у виробництві силікатного скла, та грубозернистий, який використовують у будівельній промисловості. Основні параметри таких пісків наведені в таблиці 1 і на рис. 1.

Таблиця 1 – Основні параметри піску

Пісок	Насипна густина, $\rho_{нас}, \text{кг/м}^3$	усереднений діаметр частинок, $d_{\text{ч}} \cdot 10^4, \text{м}$	еквівалентний розмір каналів, $d_e \cdot 10^4, \text{м}$	пористість шару, $\epsilon_{\text{ш}}$	питома поверхня шару, $a, \text{м}^2/\text{м}^3$
Середньозернистий	1590	2,59	1,12	0,3931	15620
Грубозернистий	1450	6,48	3,57	0,4528	5630

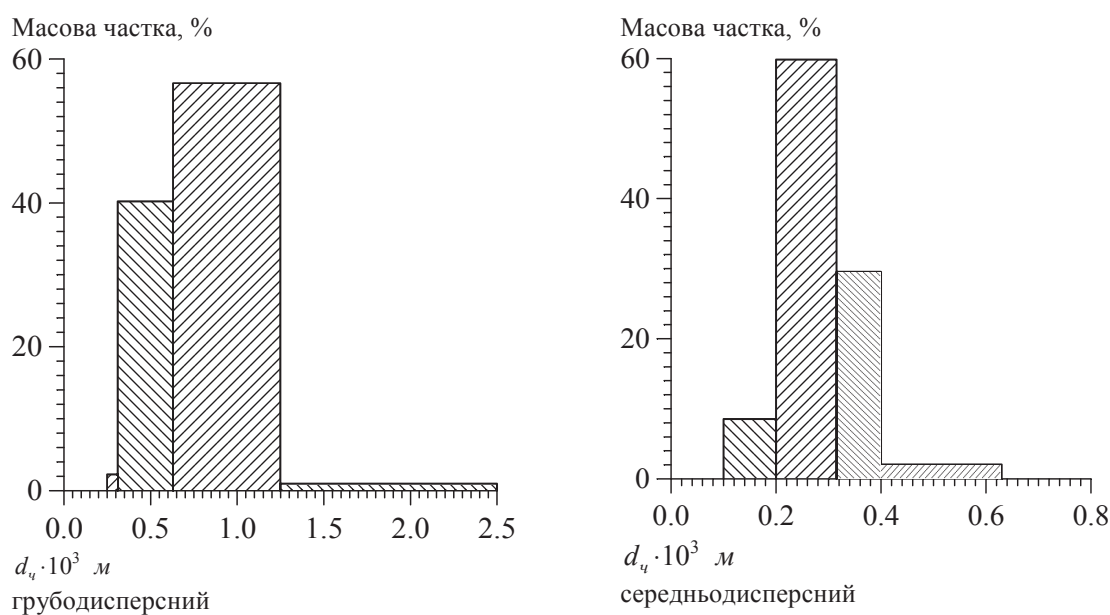


Рис. 1 – Гранулометричний склад піску

Усреднений діаметр частинок піску визначали за розрахунковою залежністю [11]:

$$\frac{1}{d_{\text{ч}}} = \sum_{i=1}^N \frac{X_i}{d_i}$$

X_i — масова частка, % (рис. 1), а еквівалентний розмір каналів між частинками d_e — за залежністю:

$$d_e = \frac{2}{3} \cdot \frac{\epsilon_{\text{ш}} \cdot d_{\text{ч}}}{1 - \epsilon_{\text{ш}}}$$

Методика визначення коефіцієнтів тепловіддачі під час фільтрування теплового агенту крізь пористу структуру сухих дисперсних матеріалів. Як уже зазначалось, існують труднощі, пов'язані з визначенням кількості тепла, що передається від теплового агенту до шару матеріалу і вони пов'язані, в першу чергу, із розрахунками коефіцієнтів тепловіддачі. Внаслідок складності залежності коефіцієнтів тепловіддачі від великої кількості факторів, неможливо отримати аналітичне описання теплообмінного процесу без проведення експериментальних досліджень та узагальнення дослідних даних для умов конкретної задачі, беручи до уваги особливості досліджуваного матеріалу.

Для визначення усереднених коефіцієнтів тепловіддачі від теплового агенту до шару сухих частинок піску через шар дисперсного матеріалу фільтрували із заданою швидкістю і температурою тепловий агент. Температуру над шаром підтримували постійною (з точністю $50 \pm 0,4$ °C за допомогою термометра моделі ЦР 7701-03).

Вимірювання температури під шаром здійснювалося за допомогою термопар ХК і 7-канального вимірювального інтелектуального перетворювача ПВІ-0298 з виводом інформації на персональний комп'ютер. Температура вимірювалась на виході із шару дисперсного матеріалу в трьох точках, у центрі контейнера, на відстані 5 і 25 мм від його стінки та визначалась як середнє арифметичне цих трьох замірів. Зафіксовані значення температури теплового агенту на виході із шару сухого піску наведені на рис. 2.

На основі експериментальних значень наведених на рис. 1 розраховували значення коефіцієнтів тепловіддачі α згідно з рівнянням тепловіддачі [14]:

$$\alpha = \frac{\Delta Q}{F \cdot (\bar{t} - \bar{T}_n) \cdot \Delta \tau} \quad (1)$$

ΔQ — розраховували згідно рівняння теплового балансу для теплового агенту,

\bar{t} — приймалося як середньоарифметична температура теплового агенту на вході і виході з шару.

Середня температура поверхні твердих частинок \bar{T}_n оцінювалась наступним чином. З рівнянь теплового балансу визначалась середня температура частинок \bar{T} :

$$\Delta Q = m \cdot c_s \cdot (\bar{T} - T_0) \quad (2)$$

де T_0 — початкова температура частинки.

Очевидно, що температура поверхні є більшою від середньої температури частинки. Однак, експериментально виміряти температуру поверхні частинок піску практично неможливо, тому вона оцінювалась на основі аналітичних залежностей для середньої температури та температури на поверхні твердого тіла, наведених в [14] для форми частинок, прийнятих наближеними до кулястої форми (фактор форми для обох зразків піску приймався $\phi = 0,9$). Вважали, що температура теплового агенту однакова з усіх сторін частинки. Розподіл температурного поля по об'єму частинки має параболічний характер, а температура на поверхні частинки визначається за формулою:

$$T = t - \left(t - T_0 \cdot e^{-\mu_1^2 \cdot Fo} \right) \cdot \left(1 - \frac{r}{R} \right) \cdot e^{-\mu_1^2 \cdot Fo} \quad (3)$$

де t — температура теплового агенту;

R, r — радіус частинки і біжучий радіус відповідно ($0 < r \leq R$);

μ_1 — корінь характеристичного рівняння; Fo — критерій Фур'є.

Отримані значення коефіцієнтів тепловіддачі є усередненими по шару у зв'язку з тим, що тепловий агент рухається через криволінійні канали, що утворені частинками, поперечний переріз яких змінюється по висоті шару, внаслідок довільного розташування частинок неправильної форми. Це означає, що швидкість теплового агенту по відношенню до поверхні частинки буде багаторазово змінюватися, а отже змінюватися буде і локальний коефіцієнт тепловіддачі. Коефіцієнти тепловіддачі від теплового агенту до шару сухих частинок розраховані за рівнянням (1) і представлені на рис. 3.

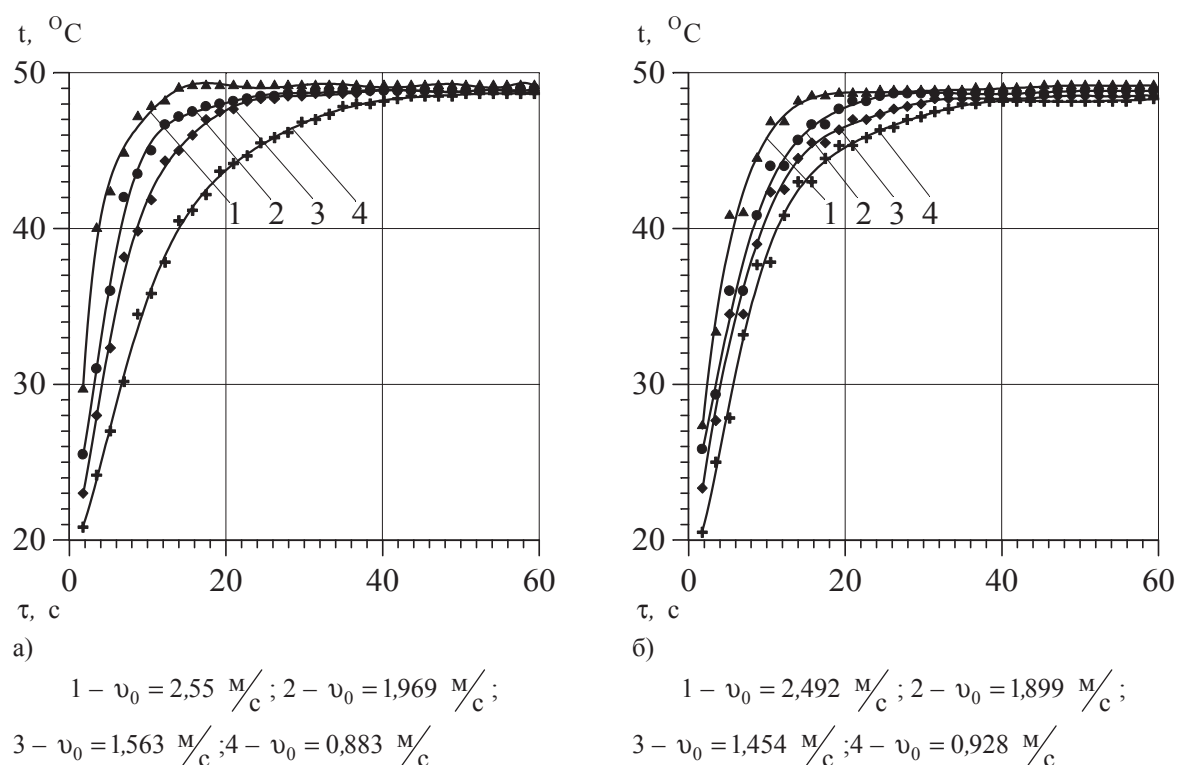


Рис. 2 – Зміна температури теплового агенту на виході із шару:

а) грубозернистого піску; б) середньозернистого піску

Як видно, отримані експериментальні значення коефіцієнту тепловіддачі α у залежності від дійсної швидкості фільтрування теплового агенту добре апроксимуються прямою лінією. З графічних залежностей, представлених на рисунку 3 видно, що при швидкості руху теплоносія 2,0 м/с значення коефіцієнтів α для середньозернистого піску становить близько $30 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, а для грубозернистого піску $60 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Зростання швидкості руху теплоносія приводить до інтенсифікації процесу теплообміну, про що свідчить зростання коефіцієнтів тепловіддачі α для пісків обох видів. При досягненні швидкості 6 м/с значення коефіцієнтів α становлять, відповідно, $95 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ для середньозернистого піску та $245 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ для грубозернистого піску.

Отже, грубозернистому піску відповідають більші значення коефіцієнту тепловіддачі α в порівнянні з середньозернистим піском як при мінімальній швидкості теплоносія так і при подальшому її зростанні. Стає очевидним, що на процес теплообміну впливає структура шару матеріалу, а саме через канали між більшими частинками матеріалу (для грубозернистого піску $d_e = 3,57 \cdot 10^{-4} \text{ м}$, пористість шару $\epsilon_{\text{ш.}} = 0,4528$) профільтровується більша кількість теплового агенту, ніж крізь канали, утворені частинками матеріалу менших розмірів (для середньозернистого $d_e = 1,12 \cdot 10^{-4} \text{ м}$, пористість шару $\epsilon_{\text{ш.}} = 0,3931$).

Узагальнення експериментальних результатів наведених на рис. 3 проводили згідно рівняння [15]:

$$Nu = A \cdot Re^n \cdot Pr^m \quad (4)$$

де $Nu = \frac{\alpha \cdot d_e}{\lambda}$ — критерій Нуссельта;

$Pr = \frac{v}{a}$ — критерій Прандтля;

ν — коефіцієнт кінематичної в'язкості; a — коефіцієнт теплопровідності.

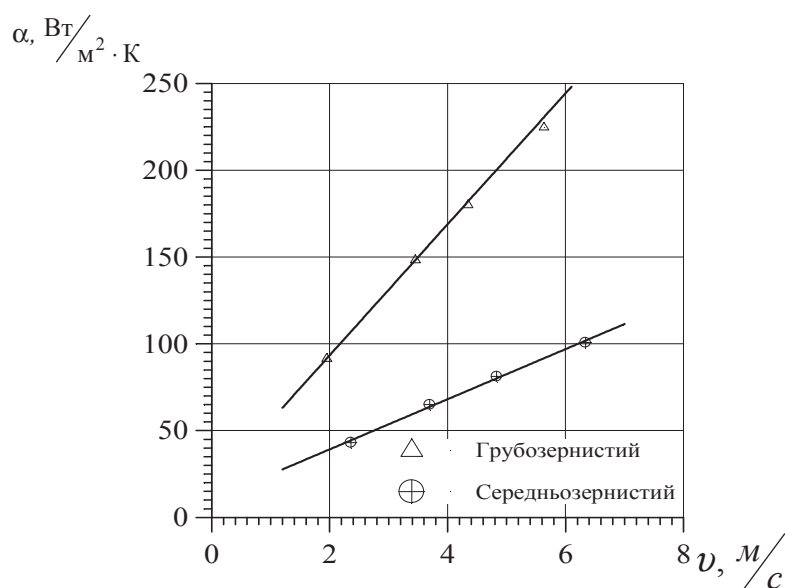


Рис. 3 – Залежність коефіцієнту тепловіддачі α від дійсної швидкості теплового агенту до шару сухого піску

Для узагальнення процесів теплообміну, за основний лінійний розмір прийнято еквівалентний діаметр d_e каналів досліджуваних матеріалів, через які фільтрується тепловий агент.

Враховуючи, те, що фізичні параметри повітря змінювалися у вузькому діапазоні, згідно рекомендацій [15] приймаємо $Nu \sim Pr^{0,33}$.

$$\frac{Nu}{Pr^{0,33}} = f(Re)$$

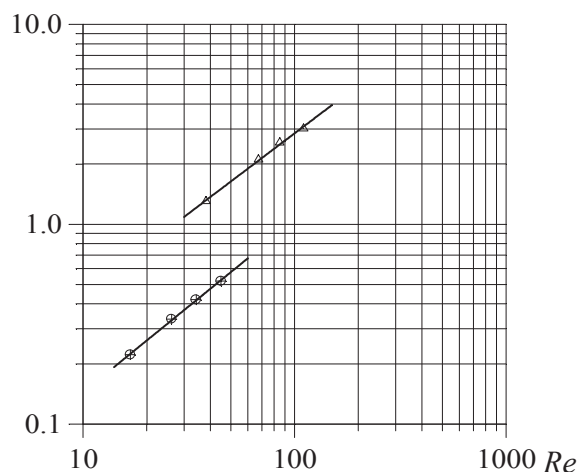


Рис. 4 – Узагальнення результатів експериментального визначення коефіцієнтів тепловіддачі α у шарі сухого піску

Для визначення в рівнянні (4) невідомих коефіцієнтів “A” та “n”, експериментальні значення для сухого піску представлені залежністю $\frac{Nu}{Pr^{0,33}} = f(Re)$ на рис. 4 у логарифмічній системі координат.

Кожна точка одержана як середньоарифметичне значення мінімум трьох експериментів.

З рис. 4 можна визначити числові значення “A” та “n”, що входять в рівняння (4). Експериментальні точки для середньозернистого та грубозернистого пісків на рис. 4 апроксимовані майже паралельними

прямими, що означає, що показник степеня біля числа Рейнольдса “n”, в рівнянні (4) є однаковим для досліджуваних матеріалів і рівним 0,9.

За розташуванням прямих ліній по вертикалі з рис. 4 визначили значення коефіцієнта “A”, за яким можна робити висновок про вплив гранулометричного складу матеріалу на коефіцієнт тепловіддачі. Для середньозернистого піску значення коефіцієнта “A”=0,0175, для грубозернистого “A”=0,048.

Оскільки значення коефіцієнту “A” залежить від геометричних розмірів частинок піску, для узагальнення експериментальних значень, у критеріальне рівняння (4) доцільно ввести геометричний симплекс $\frac{d_{\text{ч}}}{D_{\text{а}}}$, щоб врахувати вплив геометричних розмірів частинок і контейнеру (діаметр контейнера 0,1 м) на процес теплообміну і представити коефіцієнт “A” наступним чином:

$$A = A' \cdot \left(\frac{d_{\text{ч}}}{D_{\text{а}}} \right)^k \quad (5)$$

На основі узагальнення багаточисельних експериментальних даних, отриманих для різних дисперсних досліджуваних матеріалів (торфу, вугілля, кавового шламу, амофосу, суперфосфату, ПАА), встановлено значення показника степеня “k”, який є однаковим для всіх перелічених матеріалів, зокрема і піску середньо– і грубозернистого і є рівним $k=0,67$ [16]. Тоді для середньозернистого піску $A' = 1,0$, а грубозернистого $A' = 2,0$, а залежність (4) можна представити у вигляді:

– для середньозернистого піску:

$$Nu = 1,0 \cdot Re^{0,9} \cdot Pr^{0,33} \cdot \left(\frac{d_{\text{ч}}}{D_{\text{а}}} \right)^{0,67} \quad (6)$$

– для грубозернистого піску:

$$Nu = 2,0 \cdot Re^{0,9} \cdot Pr^{0,33} \cdot \left(\frac{d_{\text{ч}}}{D_{\text{а}}} \right)^{0,67} \quad (7)$$

Максимальна відносна похибка між розрахованими за залежностями (6) – (7) та експериментальними значеннями становить $\pm 16,1\%$, що є прийнятним для практичних розрахунків.

Висновок

Отримані розрахункові залежності (6) та (7) дозволяють визначити з достатньою для інженерних розрахунків точністю коефіцієнти тепловіддачі підчас профільтрування теплоносія крізь шар сухих середньозернистого і грубозернистого пісків і дають змогу прогнозувати необхідні затрати теплової енергії на етапі проектування сушильного обладнання і вибору раціональних параметрів процесу фільтраційного сушіння.

Література

1. Горная энциклопедия: в 5 т. / Советская энциклопедия. Ортин-Социосфера –М.: 1989. –Т.4. – 623 с.
2. Химическая энциклопедия: В 5 т. / Советская энциклопедия. Мед–Пол –М.: 1992. –Т.3. – 671 с.
3. Андрієвський І. Д., Коржнев М. М., Гарна В. М. Оптимізація економічної системи взаємовідносин у сфері вивчення і використання надр в Україні // Нафтова і газова промисловість.— К., 2002.— № 5.— С. 3.8.
4. Андрієвський І. Д. Стан мінерально-сировинної бази України на сучасному етапі її розвитку // Нафтова і газова промисловість. – 2004.– № 1.– С. 9-12.
5. Андрієвський І. Д. Інтенсивність видобування мінеральної сировини та проведення геологорозвідувальних робіт в Україні // Нафтова і газова промисловість.– 2000.– № 2. – С. 26-29.
6. Кривенко П.В., Пушкарьова К.К., Кочевих М.О. Заповнювачі для бетону – К.: ФАДА Лтд, 2001. – 399 с.
7. Ятчишин Й.М., Жеплинський Т.Б., Дяківський С.І. Технологія скла // Технологія скляної маси. – Львів: Видавництво “Бескид Біт”, 2004. – Ч. II. – 250 с.
8. В. Нитяговский. Обогащение кварцевых песков. Опыт и проблемы. Сборник докладов IX международного семинара “Применение магнитных сепараторов в промышленности” –Ровно. – 2005. –С. 18-19.
9. Есаков Ю.В., Есаков С.Ю., Есаков И.Ю. Сушка минеральных и растительных дисперсных материалов // Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и тепловые процессы): II Междунар. научно-практическая конференция. – М., 2005. – Т. 1. – С.304-306.

10. Атаманюк В.М. Дисперсні матеріали Механізм і кінетика фільтраційного сушіння // В.М. Атаманюк / Хімічна промисловість України. К.: –2007. –№4, –С.24-29.
11. Аэров М.Э. Гидравлические и тепловые основы работы аппаратов со стационарным и кипящим зернистым слоем / М.Э. Аэров, О.М. Тодес/– Л.: Химия, 1968. – 510 с.
12. Федосов С.В. Теплообмен между газом и дисперсным материалом / С.В. Федосов // Реология, процессы и аппараты химической технологии: Сб. науч. Трудов – Волгоград: ВПИ, 1984, –С. 23-38.
13. Зотов Е.Н. Методика определения коэффициента теплоотдачи охлаждающих сред в условиях нестационарного теплообмена / Е.Н. Зотов, А.А. Москаленко, Л.Н. Проценко, О.В. Разумцева // Промышленная теплотехника. –К.: –2003, Т. 25, –№4, –С.315-317.
14. Лыков А.В., Михайлов Ю.А. Теория тепло- и массопереноса –М.: ГЭИ, 1963. – 353с.
15. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии // Н.И. Гельперин/ – М.: Химия, 1981. – 812 с.
16. Atamanyuk V. Heat-and-mass exchange during filtration drying of dispersion materials // Materialy XIX Ogulnopolskej konferenciji inzynierii chemicznej i procesowej. –Rzeszow: –2007. T1. –S.23-26.

УДК 615.012.014

ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВНУТРІШНЬОЇ ДИФУЗІЇ ПРИ ЕКСТРАГУВАННІ ОЛІЇ З НЕПОДРІБНЕНОГО НАСІННЯ АМАРАНТУ ГІБРИДУ (*Amaranthus hibrydus*)

Стадник Р.В. аспірант, Семенишин Є.М. д-р.техн.наук, професор
Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

Подана математична модель для експериментального визначення коефіцієнта дифузії на основі аналізу механізму екстрагування олії з не подрібненого насіння амаранту гібриду. Здійснена перевірка математичної моделі та визначено коефіцієнт внутрішньої дифузії з різними розчинниками (C_2H_5OH , CH_2Cl_2 та їх сумішшю в співвідношенні 1:1). Показано залежність коефіцієнта внутрішньої дифузії від властивостей розчинників.

Mathematical model for experimental determination of the diffusion coefficient on the basis of mechanism of oil extraction from unground seeds of Amaranth hybrid analysis has been presented. Examination of mathematical model has been performed and inner diffusion coefficient with different solvents (C_2H_5OH , CH_2Cl_2 and its mixtures) has been determined. Dependence of inner diffusion coefficient on temperature.

Ключові слова: екстрагування, інтенсифікація, амарант гібрид.

Постановка проблеми і її зв'язок з науковими дослідженнями.

Процес екстрагування цільових компонентів з насіння амаранту гібриду включає як внутрішню молекулярний перенос, так і зовнішню дифузію. Хоча в обох випадках перенос речовини дифузійний – механізм цього процесу різний. В залежності від природи цільових компонентів та розчинника, будови твердого скелету, розміру пор, умов проведення процесу, одна з вказаних стадій визначає швидкість всього процесу, тому знання механізму екстрагування (найбільш повільної стадії) дає можливість вибрати найбільш вигідні умови процесу.

В повідомленнях [1,2,3] розглядалися дві математичні моделі процесу екстрагування олії з насіння амаранту, одна з яких базувалась на тому, що коефіцієнт дифузії в середині зерна більший ніж коефіцієнт дифузії в оболонці зерна, а саме зерно розглядалось у формі кулі. Вказана модель не претендувала на високу точність, але вона давала можливість одержати більш простий математичний апарат для опису досить складного процесу екстрагування (рис. 1а)

Друга – більш складніша модель, базується на основі структури сколу зерна. В основу цієї моделі покладені системи складних диференціальних рівнянь, рішення яких здійснювалось числовим методом. Ця модель характеризувалася наявністю двох зон з різною масопровідністю. Згідно цієї моделі приймалось, що коефіцієнт дифузії в середині зерна значно більший ніж аналогічний коефіцієнт в оболонці. Приймалось також, що концентрація цільового компоненту в середині зерна змінюється тільки з часом, а в оболонці по лінійному закону (рис. 1б)