

УДК 666.3

MATHEMATICAL MODEL OF THE SUSPENSION OF MATERIAL PARTICLES IN A VORTEX APPARATUS

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИТАННЯ ЧАСТИНОК МАТЕРІАЛУ У ВИХРОВОМУ АПАРАТІ

Sokolovska I.Ye / Соколовська І.Є.

с.т.с., as.prof. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0001-5014-0501

Savchenko V. Yu./ Савченко В.Ю.

std. / студ.

Dniprovsky State Technical University,

Kamianske, Dniprobudivska, 2, 51918

Дніпровський державний технічний університет,

Кам'янське, Дніпробудівська, 2, 51918

Анотація. У статті розглянуто принцип роботи вихрових тепломасообмінних апаратів, що активно застосовуються у виробництві теплоізоляційних матеріалів на стадіях сушіння та випалювання дрібнодисперсних частинок. Здійснено аналіз процесу теплообміну, що відбувається під час витання частинок у вихровому потоці, створеному в камері апарата. Встановлено залежність ефективності теплової обробки від тривалості перебування частинок у зоні активної взаємодії з теплоносієм. Показано, що збільшення часу витання сприяє підвищенню якості сушіння, що є важливим з точки зору технологічної оптимізації. Наведено структурну схему апарата, яка може бути використана як базова модель для подальших чисельних досліджень, моделювання та вдосконалення конструкцій з метою зниження енерговитрат і підвищення продуктивності.

Ключові слова: вихровий апарат, теплообмін, тепломасообмін, дисперсні частинки, сушіння, термічна обробка, теплоізоляційні матеріали, витання, модель, енергоефективність.

Abstract. The article examines the operating principles of vortex heat and mass transfer apparatuses, which are widely used in the production of thermal insulation materials during the final stages of the technological process—namely, the drying and thermal treatment of fine-dispersed particles. The analysis focuses on the heat exchange mechanism that occurs during the suspension of particles in the vortex air flow within the chamber of the apparatus. A correlation between the efficiency of thermal processing and the residence time of particles in the zone of active interaction with the heat carrier is established. It is shown that an increase in suspension time enhances the drying quality, which is critical for technological optimization. A structural diagram of the apparatus is presented, serving as a basic model for further numerical studies, modeling, and design improvements aimed at reducing energy consumption and increasing efficiency.

Keywords: vortex apparatus, heat exchange, heat and mass transfer, dispersed particles, drying, thermal treatment, thermal insulation materials, suspension, model, energy efficiency.

Вступ.

У виробництві теплоізоляційних матеріалів значного поширення набули різноманітні тепломасообмінні апарати, зокрема вихрового типу, які забезпечують реалізацію фінальних стадій технологічного процесу — сушіння або термообробки дрібнодисперсного матеріалу. Конструктивна схема

подібного апарата наведена у [1].

Процес сушіння в вихровому апараті відбувається в фазі витання дисперсних частинок у повітряному потоці, який циркулює в апаратному об'ємі. Ефективність теплообміну зростає зі збільшенням тривалості перебування частинок у зоні активної взаємодії з теплоносієм.

Основний текст.

У працях [2] та [3] було встановлено наявність взаємозв'язку між траєкторією руху частинки та координатами її введення у вихровий апарат. Основною метою цієї роботи є дослідження залежностей між швидкісними параметрами потоку, точкою подачі частинки в апарат та її індивідуальною траєкторією переміщення. Для цього виконано моделювання динаміки газових потоків при різних швидкостях теплоносія (5, 10 та 15 м/с) відповідно до газодинамічної моделі вихрового апарата, наведеної в [2]. Отримані результати тестових обчислень представлені на рисунку 1.

З рисунка 1 а), б) видно, що зі збільшенням відстані місця введення частинки по осі від точки під'єднання тангенціального патрубку до центру апарата, час перебування частинки в апараті різко скорочується.

Причому за однакового місця введення частинки, при меншій швидкості руху потоку теплоносія частинки швидше залишають апарат, отже, піддаються меншому термічному впливу.

З рисунка 1 в) – з) видно, що зі зміщенням місця попадання частинки у вихрову камеру по осі від центру в напрямку, протилежному тангенціальному патрубку, траєкторії частинок скорочуються, а отже, зменшується час перебування частинки в апараті. Це пояснюється тим, що біля стінки, протилежної місцю підключення патрубку, частинки меншою мірою захоплюються потоком теплоносія.

На перпендикулярній осі (рис. 1 ж), з)) картина практично аналогічна: чим далі від центру частинка потрапляє в апарат, тим довше вона перебуває в об'ємі робочої камери. При цьому спостерігається симетрія траєкторій зі збільшенням відстані від центру апарата.

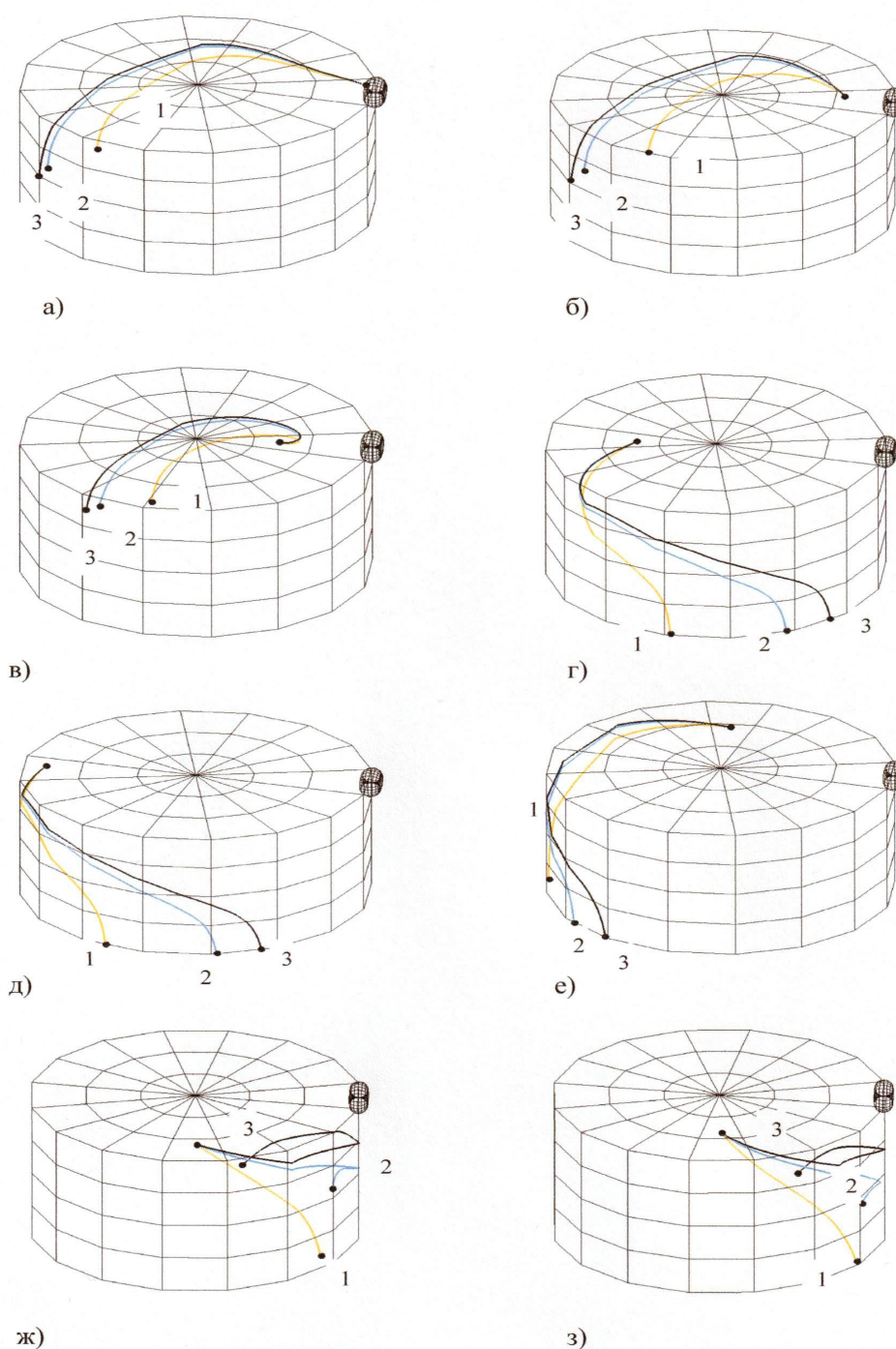


Рисунок 1 – Розрахункові траєкторії руху частинки

1 – швидкість потоку 5 м/с, 2 – 10 м/с, 3 – 15 м/с

Висновки.

На підставі аналізу результатів розрахунків можна сформулювати узагальнений висновок: частинки, що надходять у вихровий апарат поблизу його бічної поверхні, характеризуються тривалішим перебуванням у робочому об'ємі, що забезпечує більш ефективне сушіння. Така особливість є технологічно

вигідною з точки зору забезпечення якості термообробки.

У цілому, одержані обчислювальні дані можуть бути використані як основа для раціонального проектування та вдосконалення конструкції апарата з метою підвищення енергоефективності. Геометричні параметри траєкторії руху частинок, зокрема її конфігурація та довжина, визначають конструктивні розміри апарата та впливають на витрату теплоносія. Відповідно до необхідного режиму термічної дії можуть змінюватися як точка подачі частинок, так і швидкість потоку теплоносія.

Література:

1. Пат. UA 26821 U. МПК F 26 В 17/10. Пристрій для отримання гранульованого наповнювача теплоізоляційного матеріалу. Павленко А.М., Соколовська І.Є., Кошлак Г.В., Клімов Р.А. и 2007 05035; Заявл. 07.05.2007; Опубл. 10.10.2007, Бюл. №16, 2007р.
2. Соколовська І.Є. Математична модель руху частинок у вихровому апараті. – Збірник наукових праць ДДТУ. – Дніпродзержинськ, 2013. – Випуск №2(20), – с.120-124.
3. Соколовська І.Є. Математична модель газодинаміки у вихровому апараті. – Збірник наукових праць ДДТУ. – Дніпродзержинськ, 2012. – Випуск №1(18), – с.123-128.

Статтю відправлено: 14.04.2025р.

© Соколовська І.Є.