

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОТИТЕЧІЙНОГО РОЗДІЛЕННЯ ФАЗ ПРИ ТВЕРДОФАЗОВОМУ ВІБРОЕКСТРАГУВАННІ

Переваги віброекстрагування, пов'язані з інтенсифікацією масоперенесення за рахунок активізації міжфазової поверхні при її коливаннях і пульсаційному обтіканні, стають значно вагомішими, коли стає можливим і протитечійне розділення фаз.

В основі транспортування лежать механізми розділення фаз поперечними віброуючими перегородками, які секціонують віброекстрактор із можливістю проникнення через їхній живий переріз твердої фази. Ці ефекти доповнюються механізмами фіксації виділеної твердої фази та її подальшого перенесення в зону дії наступної тарілки.

Поділ загального процесу протитечійного транспортування на окремі механізми необхідний для практичної його реалізації у зв'язку зі складністю гідродинаміки вторинних течій, що виникають навколо віброуючих перегородок, і специфікою поведінки суспензії в умовах локальних низькочастотних високоамплітудних збурень.

Встановлені в отворах живого перерізу перегородки насадки з різним гідравлічним опором при протилежних напрямках руху створюють різну рушійну силу фільтрування і як результат — більше нагромадження осаду твердої фази на одному з боків фільтрувального елемента перегородки (з боку напрямку транспортування, якщо гідравлічний опір насадки в цьому напрямку менший, ніж у протилежному). У реальних умовах надлишок осаду може бути змитий на протилежний бік потоками середовища, що обтікають віброуючу перегородку, якщо не створити відповідних умов для його фіксації. Навіть не змитий надлишок осаду в наступний півперіод після його створення може розподілятися у суспензії так, що перейде на протилежний бік у наступний період коливання перегородки. Отже, фільтрування лише виділяє і в якійсь мірі затримує надлишки осаду протягом півперіоду коливань перегородки, а подальший його шлях транспортування залежить від гідродинаміки потоків [1].

Для практичної реалізації протитечійного транспортування потрібні допоміжні механізми, що можуть бути створені відповідним конструюванням робочих органів (віброуючих перегородок) з урахуванням специфіки гідродинаміки, які включають як гідродинаміку знакозмінних турбулентних струменів, так і властивості «приєднаної» маси суспензії.

Інший, седиментаційний, механізм розділення ґрунтується на певній організації циркуляційних контурів, що генеруються в отворах віброуючих перегородок: замкнутого, локалізованого на певній відстані від перегородки, на боці напрямку транспортування твердої фази і розімкненого на протилежному боці.

Для створення замкнутого циркуляційного контуру кожний отвір у перегородці оточують механічною перепорою, наприклад циліндричним жорстким патрубком з оптимальними геометричними співвідношеннями H/D та $D/d_e = 1,5—2,5$, де H і D — висота і діаметр патрубка, d_e — еквівалентний діаметр отвору, або патрубком гнучкої структури з можливістю втрачати свою циліндричну форму під час руху тарілки вверх (у бік транспортування твердої фази). Така механічна перепора створює проміжний об'єм, в якому струмінь, що рухається у напрямку транспортування твердої фази, швидко розширюється і гасить свою швидкість. При цьому виникають сили інерції, які, діючи на тверді частинки, витісняють їх у периферійну зону, а за межами перепони — в навколишній простір. Основний об'єм потоку, звільнений від твердої фази, локалізується поблизу патрубка і з нього в наступний півперіод формується струмінь протилежного напрямку. Останній на

протилежаючому боці поширюється без обмежень на значну відстань від перегородки, розмикаючи контур, а зворотний струмінь формується із середовища, що безпосередньо розміщене навколо отвору і має вищу концентрацію твердої фази.

Таким чином, при однаковості переміщуваних у взаємно протилежних напрямках об'ємів суспензії завдяки вищій концентрації струменю в напрямку транспортування твердої фази реально забезпечується процес розділення фаз.

Подальше транспортування виділеної твердої фази, ускладнене при підвищенні її концентрації, здійснюється завдяки нерівномірності швидкості дисипації енергії: великий безпосередньо біля перегородки і незначний на відстані. У зв'язку із цим у міру віддалення від перегородки рухомість концентрованої суспензії знижується, створюється вібруючий шар малорухомої суспензії зосереджений в зоні між тарілками та який переміщується завдяки постійному намиванню нових шарів на периферії зон локалізації струменів. Розглянуті механізми розділення не суперечать один одному і можуть бути використані одночасно.

Протитечійне транспортування відбувається за допомогою вібрувальних перегородок (тарілок), що мають переточні і фільтрувальні елементи, й характеризуються відношенням площі неперфорованої частини P до живого перерізу ε (параметр P/ε). Діаметр апарата і завантажувальної його частини становив відповідно 300 і 142, висота робочої частини — 1500 мм. Конструкція вібротранспортуючої системи давала можливість змінювати кількість тарілок, відстань між ними, чисельність транспортуючих і фільтрувальних елементів.

Транспортуючу здатність тарілок із характеристиками конструктивних особливостей визначали за продуктивністю віброекстрактора по твердій фазі. Для цього тверду фазу рівномірно подавали в завантажувальний пристрій, відбирали із зони розвантаження й зважували через однакові проміжки часу.

Результати досліджень коментуються графіком залежності продуктивності віброекстрактора за твердою фазою (транспортуюча здатність) від середньо-інтегральної швидкості пульсуючих потоків.

Встановлено графічні залежності транспортуючої здатності (продуктивності) віброекстрактора від частоти коливань вібротранспортуючої системи для різних конструктивних варіантів тарілок для наступних систем: капронова дрібка — вода, бурякомаса — вода, хмельова сировина — вода, виноградні вичавки — вода.

Отримані криві мають розшарування за конструктивними параметрами впливу при незмінному їх характері у всьому діапазоні режимних частот роботи вібротранспортуючого пристрою. З розглянутих конструктивних параметрів найбільший вплив має наявність патрубків і борта, що забезпечує роботу на периферії тарілки седиментаційного механізму. Доповнення конструкції фільтрувальними елементами вводить у дію додатково фільтрувальний механізм, дещо підвищуючи продуктивність. Продуктивність конструкції, в якій діє лише фільтрувальний механізм, найнижча і зростає при встановленні бортів.

Таким чином встановлено, що протитечійне транспортування фаз у віброекстракторі досягається за рахунок дії двох основних механізмів розділення фаз — седиментаційного і фільтрувального, причому ефективність першого значно вища. Оптимальною конструкцією вібротранспортуючого елемента є вібруюча перегородка з патрубками оптимальних геометричних розмірів, бортом по периферії та фільтруючими елементами [2, 3].

Так, пульсуючі струмені формують псевдозріджений стан системи в зоні коливання тарілки в залежності від параметрів коливань, дальність розповсюдження струменів — формує структуру гідродинамічних потоків (рівень поздовжнього перемішування), ступінь їх турбулізації в зоні тарілки створює різні умови взаємодії фаз — молекулярну, конвективну і турбулентну дифузії.

У цьому зв'язку, як вже було доведено попередніми дослідями, буде помилковим неопрацьовано збільшувати саму кількість транспортуючих елементів для підвищення продуктивності апарата, або збільшення діаметра отворів відкритих елементів. Таким чином, розв'язання важливої в практичному розумінні задачі про взаємозв'язок визначальних

геометричних параметрів транспортувальних елементів з продуктивністю апарата та структурою потоку може бути вирішено на основі проведення серії відповідних експериментів [4]. Враховуючи зазначене, для розрахунку продуктивності віброекстрактора безперервної дії за твердою фазою пропонується рівняння, що враховує конструктивні та режимні параметри роботи апарата:

$$Q_{\text{тв}} = 4An \frac{(1-\varepsilon)}{\varepsilon} (F_{\text{ф}} - F_{\text{оп}}) (K_2 - K_1) \tau,$$

$$\text{де } K_1 = f_{\text{ф}} \frac{C1_1 + \sqrt{C1_1(C2_1 f_{\text{ф}}^2 - C3_1)}}{C1_1 f_{\text{ф}}^2 - C2_1 f_{\text{ф}}^2 - C3_1} \quad \text{і} \quad K_2 = f_{\text{ф}} \frac{C1_2 + \sqrt{C1_2(C2_2 f_{\text{ф}}^2 - C3_2)}}{C1_2 f_{\text{ф}}^2 - C2_2 f_{\text{ф}}^2 - C3_2} \quad \text{— поправочні}$$

коефіцієнти для швидкості транспортування твердої фази; $C1_1 = \rho_c \left(\frac{\xi_{\text{пат1}}}{f_{\text{пат}}^2} + \frac{\xi_{\text{от1}}}{f_{\text{от}}^2} \right)$,

$C1_2 = \rho_c \left(\frac{\xi_{\text{пат2}}}{f_{\text{пат}}^2} + \frac{\xi_{\text{от2}}}{f_{\text{от}}^2} \right)$ — гідродинамічна характеристика транспортувального елемента під

час руху тарілки відповідно вверх та вниз; $C2_1 = \rho_p \left(\frac{\xi_{\text{п1}}}{f_{\text{п}}^2} + \frac{\xi_{\text{оф1}}}{f_{\text{оф}}^2} \right)$, $C2_2 = \rho_c \frac{\xi_{\text{п2}}}{f_{\text{п}}^2} + \rho_p \frac{\xi_{\text{оф2}}}{f_{\text{оф}}^2}$ —

гідродинамічна характеристика фільтрувального елемента під час руху тарілки відповідно вверх та вниз; $C3_1 = C3_2 = rx/2n$ — гідродинамічна характеристика шару осаду під час руху тарілки відповідно вверх та вниз; $f_{\text{пат}}$, $f_{\text{от}}$, $f_{\text{ф}}$, $f_{\text{оф}}$, $f_{\text{п}}$ — відношення відповідних площ до площі тарілки; $\xi_{\text{пат1}}$, $\xi_{\text{пат2}}$, $\xi_{\text{от1}}$, $\xi_{\text{от2}}$, $\xi_{\text{оф1}}$, $\xi_{\text{оф2}}$, $\xi_{\text{п1}}$, $\xi_{\text{п2}}$ — відповідно місцеві гідравлічні опори в патрубках, отворах транспортуючих елементів, отворах фільтрувальних елементів, і перфораціях під час руху тарілки відповідно вверх та вниз; ρ_c , ρ_p — відповідно густини суспензії та екстракту (фільтрату); n — частота коливань тарілки; ε — частка живого перерізу апарата

Висновок

Встановлено, що протитечійне транспортування фаз у віброекстракторі досягається за рахунок дії двох основних механізмів розділення фаз — седиментаційного і фільтрувального, причому ефективність першого значно вища. Оптимальною конструкцією вібро-транспортного елемента є вібруюча перегородка з патрубками оптимальних геометричних розмірів, бортом по периферії та фільтруючими елементами. Отримана аналітична залежність продуктивності апарата від конструктивних і режимних параметрів його роботи може бути використана при конструюванні та оптимізації роботи віброекстракторів безперервної дії.

Література

1. Зав'ялов В.Л. Дослідження структури реальних потоків в екстракторі колонного типу з вібруючою системою розділених фаз / В.Л. Зав'ялов, Ю.В. Запорожець, О.П. Лобок // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій: зб. наук. праць. — 2008. — № 32. — С. 93–97.
2. Пат. 27705 Україна, МПК⁶ В 01 D 11/02. Вібраційний екстрактор / Зав'ялов В.Л., Бодров В.С., Запорожець Ю.В.; заявник і патентовласник Національний університет харчових технологій. — № 200707568; заявл. 05.07.2007; опубл. 12.11.2007, Бюл. №18.
3. Пат. 86485 Україна, МПК⁶ В 01 D 11/02. Вібраційний екстрактор / Зав'ялов В.Л., Запорожець Ю.В., Бодров В.С.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. — № а200707563; заявл. 05.07.07; опубл. 27.04.09, Бюл. №8.
4. Дослідження процесу віброекстрагування із рослинної сировини та перспективи його використання в промисловості. / Т.Г. Мисюра, Н.В. Попова, В.С. Бодров, В.Л. Зав'ялов, Ю.В. Запорожець, В.Є. Деканський // Харчова промисловість, № 12, Київ: НУХТ, 2012. — с. 260–268.