

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ БЕЗПЕРЕРВНОГО ВІБРОЕКСТРАГУВАННЯ ІЗ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ НА ЗОВНІШНІЙ МАСООБМІН

Зав'ялов В.Л., докт. техн. наук, професор,
Мисюра Т.Г., канд. техн. наук, доцент,
Запорожець Ю.В., канд. техн. наук, доцент,
Попова Н.В., канд. техн. наук, доцент,
Чорний В.М., аспірант
Національний університет харчових технологій, м. Київ

В сучасних умовах раціональне перероблення рослинної сировини та її відходів традиційна екстракційна апаратура має певні відомі обмеження на її застосування, обумовлені високим ступенем подрібнення підготовленої до реалізації процесу маси твердої фази. Для цих цілей перспективною може бути віброекстракційна технологія, як спосіб ефективного поглибленого вилучення цільових компонентів. Переваги апаратів такого типу обґрунтовуються створенням повної активної поверхні контакту фаз пульсуючими потоками, генерованими віброперемішувальними пристроями, розміщеними в робочій зоні апарата. При цьому, за рахунок інерційних сил більш повно реалізується дія пульсуючих потоків у вигляді швидкості обтікання поверхні контакту фаз в порівнянні з традиційними видами перемішування, при яких самі частки рухаються одночасно з утворенням потоком. Разом з тим, рівень вивченості вібротехнологій із використанням пульсуючих ефектів для інтенсифікації процесу, ставить певні проблеми для широкого їх впровадження у промисловість.

Дослідження кінетики зовнішнього масообміну в умовах дії на робоче середовище низькочастотних механічних коливань здійснювалось на моделі лабораторного віброекстрактора безперервної дії [1] з використанням модельних зразків циліндричної форми сірчаноокислого алюмінію за спеціальною методикою П.П. Лободи. В умовах усталеного режиму роботи апарата (частота коливань вібротранспортувальної системи 1–4 Гц, амплітуда 5–20 мм) координати точки вимірювання для встановлення зразка визначались відстанню від тарілки по вертикалі з кроком 50 мм та по радіусу від осі симетрії з кроком 20 мм. Досліди проводились на воді при температурі 20 °С та з використанням подрібненої рослинної сировини.

За отриманими дослідними даними встановлювалась залежність коефіцієнта масопередачі K_m від ефективного критерія Рейнольдса, що враховує гідродинамічний режим обтікання дослідного зразка розчинної речовини потоком екстрагента в об'ємі апарата: $K_m = f(Re_e)$.

Ефективний критерій Рейнольдса визначався за рівнянням:

$$Re_e = w_l d_e / \nu_n,$$

де $w_l = w_0 \bar{\eta}$ — середньоінтегральна по робочому об'єму апарата швидкість пульсуючих потоків, що генеруються віброперемішувальним пристроєм; d_e — еквівалентний діаметр зразка розчинної речовини; ν_n — коефіцієнт кінематичної в'язкості розчинника біля поверхні розчинення; $w_0 = 2Af p / \varepsilon$ — початкова за період коливань швидкість пульсуючих потоків робочого середовища; ε — частка живого перерізу; $\bar{\eta} = 1 / (1 + L/D)^m$ — коефіцієнт затухання коливань пульсуючих потоків робочого середовища (розчинника) на відстані L від їх джерела; $\eta = 1 / (1 + R/D)^m$ — коефіцієнт затухання коливань пульсуючих потоків робочого середовища на відстані R від осі симетрії вібруючого пристрою (для періодичного процесу); D — діаметр апарата; $m = 2 + 0,5 \cdot 10^6 \mu^2 + gB$ — показник степеню, що враховує характер розповсюдження коливань в системі тверде тіло — рідина, де μ — коефіцієнт динамічної в'язкості екстрагента, B — питоме навантаження апарата по твердій фазі, $g = 0,006$ — постійний множник.

Окремі результати виконаних нами дослідів у функціональних координатах $Sh/Sc^{0.5} = f(Re_e)$ узагальнені лінійними залежностями із змінним кутом нахилу. В наведеній функції: $Sh = K_m d_e / D_d$ — критерій Шервуда; $Sc = \nu_n / D_d$ — критерій Шмідта; ν_n — коефіцієнт кінематичної в'язкості розчину; D_d — коефіцієнт дифузії зразка. Побудовані відповідні графіки мають змінний кут нахилу не тільки залежно від інтенсивності коливань, або від віддалення дослідного зразка, але й від глибини взаємодії пульсуючих потоків, що генеруються одночасно транспортувальними та фільтрувальними елементами верхньої та нижньої вібрувальних тарілок.

В цій ситуації пульсуючий турбулентний струмінь, створений соплом вібруючої перегородки (тарілки), складається з наступних один за одним у просторі й у часі поодиноких нестационарних струменів у вигляді вихрових кілець, що генеруються протягом півперіоду коливань тарілки. Інтервали часу між послідовними поодинокими струменями, що рухаються в одному напрямку, становлять також половину періоду коливань, оскільки протягом цих інтервалів генеруються аналогічні струмені протилежного напрямку. Ці зустрічні потоки формують більш потужні, але меншого масштабу, турбулентні вихори, які сприяють оновленню поверхні контакту фаз з більшою швидкістю.

Встановлено, що для інтенсифікації зовнішнього масоперенесення слід вважати оптимальною частоту коливань до 4 Гц при амплітудах вібротранспортувальної системи до $15 \cdot 10^{-3}$ м.