

5. Щербаков, Г. Я. Основные угрозы для национальной биологической безопасности [Текст] : Доклад 1 / Г. Я. Щербаков // Международная конференция «Молекулярная медицина и биобезопасность», Москва, 26 октября 2004. — Молекулярная медицина, 2004. — С. 49–53.
6. Дроздов, С. Г. Основы техники безопасности в микробиологических и вирусологических лабораториях [Текст] / С. Г. Дроздов, Н. С. Гарин, Л. С. Джиндоян, В. М. Тарасенко. — АМН СССР. — М.: Медицина, 1987. — 256 с.
7. Уайт, В. Технология чистых помещений. Основы проектирования, испытаний и эксплуатации [Текст] / пер. с англ. и под ред. В. Уайта. — М.: «Клирум», 2002. — 297 с.
8. Уайт, В. Проектирование чистых помещений [Текст] / пер. с англ. и под ред. В. Уайта. — М.: «Клирум», 2004. — 360 с.
9. ДСТУ ISO 14644-1:2009. Чисті приміщення та пов'язані з ними контрольовані середовища. Частина 1. Класифікація чистоти повітря (ISO 14644-1:1999, IDT).
10. ДСТУ ISO 14644-2:2009. Чисті приміщення та пов'язані з ними контрольовані середовища. Частина 2. Вимоги до контролювання й моніторингу для підтвердження відповідності ДСТУ ISO 14644-1 (ISO 14644-2:2000, IDT).
11. ДСТУ EN 1822-1:2001. Національний стандарт України. Високоєфективні повітряні фільтри (HEPA і ULPA).
12. Шилова, С. В. Требования к персоналу для работы в чистых помещениях при производстве готовых лекарственных средств [Текст] / С. В. Шилова, С. М. Пузакова // Технология чистоты. — 1995. — № 1. — С. 16–19.
13. ГН 2.2.6.709-98. Гигиенические нормативы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) микроорганизмов-продуцентов, бактериальных препаратов и их компонентов в воздухе рабочей зоны. — Минздрав России. — Москва, 1999.
14. Steelman, V. M. Activity of sterilization processes and disinfectants against prions [Text] / V. M. Steelman; In: Rutala W. A., eds. // Disinfection & sterilization in health care. — Champlain, NY, Polyscience, 1997. — Pp. 255–271.

БЕЗОПАСНОСТЬ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ГИГИЕНА В ПРОИЗВОДСТВЕ АКТИВНЫХ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ИНГРЕДИЕНТОВ

Для обеспечения качества продукции, безопасности персонала и защиты окружающей среды нужны действия в двух базовых направлениях — корректное проектирование производства и корректная разработка и эксплуатация оборудования. Разработана методология и принципы проектных действий, а также принципы конструирования и эксплуатации оборудования технологий активных фармацевтических ингредиентов для производства иммунобиологических лекарственных средств.

Ключевые слова: гигиена, активный фармацевтический ингредиент, иммунобиологические лекарственные средства, биологический агент.

Поводзинський Вадим Миколайович, кандидат технічних наук, кафедра біотехніки та інженерії, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», e-mail: vprovodzinskiy@mail.ru.

Поводзинский Вадим Николаевич, кандидат технических наук, кафедра биотехники и инженерии, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт».

Povodzynski Vadym, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», e-mail: vprovodzinskiy@mail.ru

УДК 66.066

Севостьянов І. В.

ВИСОКОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ КОМПЛЕКСИ ДЛЯ ЗНЕВОДНЕННЯ ТА ФІЛЬТРУВАННЯ ДИСПЕРСНИХ ХАРЧОВИХ ВІДХОДІВ

У статті приводяться схеми високоєфективних процесів та обладнання для зневоднення і фільтрування вологих дисперсних харчових відходів. При цьому кожну стадію робочих процесів пропонується реалізувати на окремій одиниці обладнання з підвищенням від стадії до стадії інтенсивності навантаження відходів. Приводяться залежності для визначення параметрів ефективності віброударного зневоднення та фільтрування.

Ключові слова: віброударне зневоднення та фільтрування, вологі дисперсні харчові відходи, гідроімпульсний привод.

1. Вступ

Однією з основних проблем вітчизняних підприємств харчової промисловості є проблема утилізації вологих дисперсних відходів — спиртової барди, пивної дробини, бурякового жому, кавового та ячмінного шламу. На даний момент ці відходи у більшості випадків виливаються на спеціальні земельні ділянки або у найближчі водоймища, що призводить до забруднення довкілля, крім цього, вимагає додаткових витрат на транспортування. В розвинених країнах для розв'язання вказаної проблеми використовуються різноманітні технології та обладнання, при реалізації яких відходи розділюються на тверду фа-

зу (концентрат) і рідинну фазу фільтрат [1]. Концентрат піддається зневодненню та сушінню, після чого його можна використовувати як добавку до сільськогосподарських кормів або в якості палива. Фільтрат після достатньо якісного очищення являє собою звичайну воду і тому може бути повернутим у природу або повторно використовуватись на виробництві.

2. Постановка проблеми

Удосконаленню способів та обладнання для зневоднення і фільтрування останнім часом приділяється багато уваги [2]. Зокрема, підвищення їх продуктивності,

зниження енергоємності, забезпечення мінімальної кінцевої вологості концентрату відходів та більш якісного очищення їх фільтрату — залишаються актуальними задачами для харчової промисловості, в тому числі, й країн Заходу.

3. Аналіз основних досліджень та публікацій по даній проблемі

Способи зневоднення та очищення можна умовно поділити на механічні, електролітичні, термічні, хімічні та біологічні [1]. При цьому найбільш поширені відомі механічні способи зневоднення, що реалізуються на шнекових і вальцових пресах, у декантерах та віброцентрифугах, не забезпечують кінцевої вологості концентрату відходів нижчої, ніж $U_k = 70-76\%$ [3]. Найбільш ефективним відомим механічним способом очищення фільтрату відходів є спосіб тангенціального потокового фільтрування через трубчасті керамічні мембрани [2]. Але й при його реалізації пори у стінках мембрани поступово забиваються твердими частинками, що змушує переривати робочий процес та здійснювати промивання мембрани. Крім цього, для забезпечення заданої продуктивності фільтрування при використанні даного способу необхідно створювати у середовищі фільтрату, що проходить по каналах мембрани одночасно досить високий тиск (до 10,5 МПа) та значну швидкість його руху (до 2 м/с). В умовах потокового виробництва це призводить до великих енерговитрат [4]. Електролітичні способи зневоднення та очищення недостатньо продуктивні та досить енергоємні. Наприклад, під час очищення води, з вмістом домішок від 250 мг/л до їх кінцевого вмісту 5 мг/л, витрати енергії сягають 7 кВт·год/м³ [3]. Термічні способи, реалізуються на вакуумних, розпилювальних, вальцових, барабаних сушарках [3] і є найбільш енергоємними ($E_3 = 740-2500$ кВт·год/т). Хімічні та біологічні способи часто малопродуктивні (тривалість очищення порції фільтрату — 10-40 год), а обладнання для їх здійснення дуже громіздке і дороге [5].

4. Завдання статті

З врахуванням всього вищевикладеного, нами була поставлена задача розробки технології та обладнання для зневоднення та фільтрування вологих дисперсних харчових відходів, що забезпечують одночасно високу продуктивність та низьку енергоємність робочих процесів, задану кінцеву вологість концентрату та достатню якість очищення фільтрату відходів.

5. Отримані результати

Для розв'язання цієї задачі нами пропонуються способи віброударного зневоднення та фільтрування на обладнанні з гідроімпульсним приводом (ГІП) [6]. На рис. 1 представлена раціональна технологічна послідовність реалізації пропонованих способів, згідно із якою робочі процеси зневоднення та фільтрування здійснюються у декілька послідовних стадій, з використанням на кожній з них окремої одиниці обладнання та підвищенням від стадії до стадії інтенсивності навантаження відходів. Так, на першій стадії доцільно здійснювати попереднє зневоднення вологих дисперсних відходів на

віброударному ситі з ГІП з одержанням концентрату вологістю 80-85% (К 85%). Далі друге і третє зневоднення концентрату на шнековому пресі та вібропресі з ГІП до вологості 50-55% і остаточне зневоднення на вальцовій установці з ГІП до вологості 20-25%. На кожній з вищевказаних стадій збирається фільтрат (Ф), що проходить через мікро-, ультра- і нанофільтрування [2] на установках з ГІП.

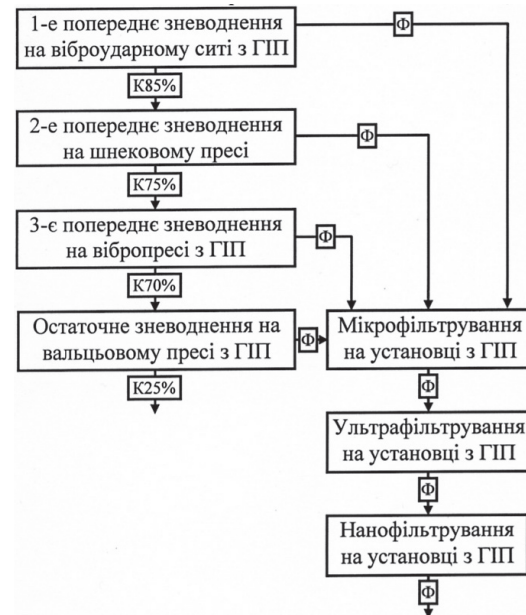


Рис. 1. Раціональна технологічна послідовність реалізації процесів віброударного зневоднення та фільтрування дисперсних харчових відходів

На рис. 2 показана схема віброударного сита з ГІП [7], що застосовується на стадії першого попереднього зневоднення відходів (рис. 1). Сито (рис. 2) містить несучу конвеєрну стрічку 4, яка проходить навколо підтримуючих 5, 8 та ведучого 19 роликів, при цьому останній з'єднаний з валом електродвигуна 20. Приймальний бак 14 встановлений на рамі 9 під верхньою гілкою стрічки 4, яка, в свою чергу розташовується під кутом 10...20° до горизонтальної поверхні. Стрічка 4 виконана на гумовотканинній основі 22, до якої заклепками 17 кріпляться сталеві П-подібні пластини 21 шириною 30...50 мм. У кожній пластині та гумовотканинній основі виконані наскрізні дрібні отвори 15, закриті фільтрувальною сіткою 13. Заклепки 17 стрічки 4 мають знизу конічні головки 12, що входять у отвори на поверхні ведучого ролика 19 для забезпечення його необхідної тягової спроможності. Бункер 1 для відходів, що розділюються, встановлений над стрічкою 4. На рамі 9 також вертикально закріплені чотири гідроциліндри 2 ГІП, у штокових порожнинах яких встановлені пружини 16. При цьому штоки гідроциліндрів 2 попарно з'єднуються за допомогою шарнірів 3 з двома поперечинами 11, на які спирається верхня гілка стрічки 4. Збоку від вертикальної гілки стрічки, на рамі 9 встановлені вентилятори 7 для її обдування і просушування, а також щітка 6 для очищення фільтрувальної сітки. З обох сторін стрічки 4 під її нижньою гілкою встановлені додаткові стрічкові конвеєри 10, 18 для відведення твердої фази відходів.

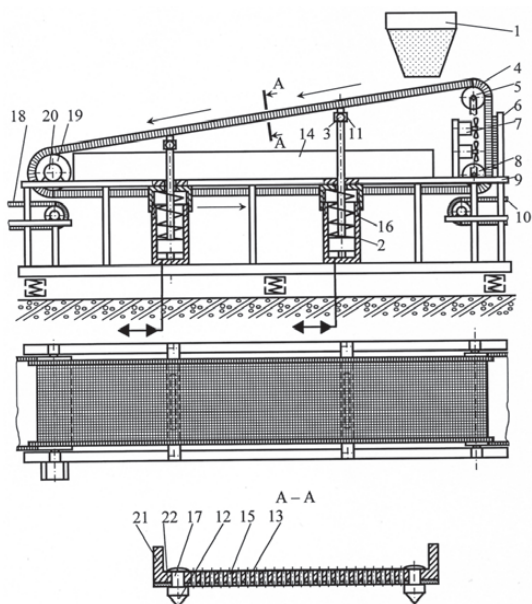


Рис. 2. Конструктивна схема віброударного сита з ГПП для першого попереднього потокового зневоднення дисперсних харчових відходів

Гідроімпульсне віброударне сито працює таким чином. Вмикаються електродвигун 20 привода ведучого ролика 19, ГПП гідроциліндрів 2, вентилятори 7, та додаткові стрічкові конвеєри 10, 18. Відходи завантажуються у бункер 1 і виливаються з нього рівномірним шаром на верхню гілку стрічки 4, що безперервно рухається в напрямку, показаному стрілками. В результаті відходи скочуються по верхній гілці стрічки 4 вниз — частково завдяки її руху, частково самопливом. Поршні гідроциліндрів 2 здійснюють періодичні вертикальні зворотно-поступальні переміщення з частотою до 40 Гц і амплітудою до 4 мм, з поверненням у вихідні нижні положення під впливом пружин 16. Від поршнів рух через шарніри 3 передається двом поперечинам 11, що забезпечують коливання верхньої гілки стрічки 4 у двох її поперечних перерізах. Завдяки цьому, рідинна фаза відходів проходить через фільтрувальну сітку 13, отвори 15 у П-подібних пластинах 21 та гумовотканинній основі 22 несучої стрічки і збирається у приймальному баку 14. Тверда фаза відходів затримується сіткою 13 і скидається з неї на конвеєр 18. Видалені щіткою 6 з сітки 13 залишки твердої фази, падають на конвеєр 10. Концентрат з конвеєрів 18, 10 подається для подальшого зневоднення до шнекового пресу (рис. 1), а фільтрат з баку 14 — на стадію мікрофільтрування.

Вибір віброударного сита з ГПП для реалізації даної стадії зневоднення обумовлений його високими продуктивністю, надійністю, а також придатністю для умов потокового виробництва. Сито дає можливість швидко відокремити значну частину вільної рідинної фази відходів без великих енерговитрат [3]. Використання ГПП забезпечує незалежне, точне і в широких межах регулювання частоти, амплітуди і енергії імпульсів, що передаються стрічці 4 та відходам на неї [8]. Таким чином, може бути реалізований найбільш оптимальний для даного виду відходів режим їх віброударного навантаження, що сприяє підвищенню продуктивності робочого процесу та зниженню кінцевої вологості концентрату.

На рис. 3 представлена схема комплексу для другого і третього зневоднення концентрату (рис. 1). Комплекс може бути створений на базі шнекового преса [3] та інерційного вібропрес-молота (ІВПМ) з ГПП [8], наприклад, моделі ІВПМ-16 [8]. Потік концентрату подається через патрубок 12 (рис. 3) у циліндр 10 шнекового преса, що приводиться від електродвигуна 13 через редуктор 14. Під час переміщення і стискання концентрату у циліндрі 10, видалений з нього фільтрат стікає через дрібні отвори у циліндрі 10, закриті з середини фільтрувальною сіткою, у зовнішній циліндр 11, звідки йде на мікрофільтрування. Концентрат далі подається через патрубок 16 та гумовотканинний рукав 17 у прес-форму 26 вібропреса, після заповнення якої шнековий прес зупиняється. Вмикаються основний та допоміжний приводи вібропреса, вібростіл 18 якого, зв'язаний з гідроциліндром 25 ГПП, здійснює зворотно-поступальні вертикальні переміщення, створюючи знизу віброударне навантаження порції відходів. Зверху концентрат у прес-формі 26 навантажений інерційним зусиллям, створюваним пуансоном 4, рухомою траверсою 9 та інерційними вантажами 8, а також статичним зусиллям, яке забезпечує допоміжний гідроциліндр 1. Віджата в результаті цього рідина виводиться через закриті фільтрувальною сіткою отвори прес-форми 26, (на схемі не показані), стікає у жолоб 19 навколо вібростолу, а далі по еластичній трубці 20 у бак 21, з якого йде на мікрофільтрування. Після зневоднення порції 23 до заданої кінцевої вологості (рис. 1), ГПП вимикається, а траверса 9 (рис. 3) з пуансоном 4 за допомогою допоміжного привода піднімаються вгору до упору траверси у обмежувачі 7. При цьому заслінка 5, що під час зневоднення перекидає патрубок 6, також піднімається. Вмикається шнековий прес, що забезпечує витискання зневодненої порції через патрубок 6 на конвеєр 22 та заповнення прес-форми 26 наступною порцією відходів. Далі шнековий прес вимикається, опускається траверса 8 та вмикається ГПП; цикл зневоднення відходів на вібропресі повторюється. З конвеєра 22 зневоднений на вібропресі концентрат подається до вальцевої установки з ГПП (рис. 1) для остаточного зневоднення.

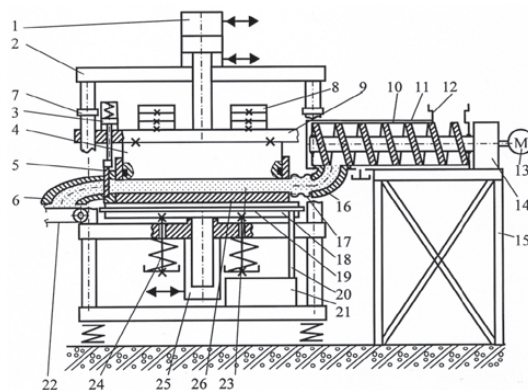


Рис. 3. Конструктивна схема технологічного комплексу на базі шнекового преса та ІВПМ з ГПП для попереднього зневоднення дисперсних харчових відходів

Вибір шнекового преса як складового елемента комплексу на рис. 3 обумовлений тим, що він забезпечує досить високу продуктивність та низьку енергоємність зневоднення, є порівняно компактним і надійним облад-

нанням [3]. Крім цього, в даному комплексі шнековий прес слугує для подачі під певним тиском концентрату відходів через робочу зону вібропреса з ГПП. Останній також забезпечує високу продуктивність робочого процесу при мінімальних витратах енергії, порівняно невеликих габаритах і масі, має широкі технологічні можливості щодо реалізації різних схем та параметрів віброударного інерційного навантаження відходів, виходячи з їх заданих початкових та кінцевих фізико-механічних характеристик. За результатами розрахунків [9] при використанні пропонованого способу, у порівнянні із способом статичного пресування, у 3–4 рази підвищується швидкість передачі енергії від виконавчих елементів вібропреса частинкам порції відходів, тоді як загальні енерговитрати є у 40–50 разів меншими. У 10–20 разів підвищуються прискорення частинок відходів, а отже зростає ймовірність руйнування фізико-механічних (капілярних) зв'язків між ними; збільшується ступінь зневоднення порції.

На рис. 4 представлена схема вальцевої установки з ГПП [10] для остаточного потокового віброударного зневоднення концентрату відходів (рис. 1). Зневоднений у прес-формі вібропреса (рис. 3) концентрат скочується по лотку 30 (рис. 4) у бункер 1, з якого регульованим потоком вивантажується на поверхню металевої фільтрувальної сітки 34, закріпленої на верхній поверхні матриці 31. Вивантаження відбувається в зоні Б, при цьому концентрат утворює на поверхні сітки рівномірний шар товщиною 5–15 мм. Матриця 31 та концентрат на поверхні сітки 34 повільно обертаються – привод забезпечують електродвигун 15 та планетарний редуктор 27. Конічні вальці 11, 17, що приводяться від електродвигунів 5, 33 через планетарні редуктори 6, 27 та пружні муфти 8, 36, обертаються в напрямку протилежному напрямку обертання матриці, але з відповідною швидкістю для запобігання їх проковзуванню і прискореному зношуванню. Крім цього, вальці 11, 17 здійснюють вертикальні зворотно-поступальні переміщення з частотою до 150 Гц і амплітудою до 2 мм, що забезпечує гідроциліндри 2, 7 ГПП, через траверси 4, 32. Концентрат, який потрапляє у зазор між вальцями 11, 17 та сіткою 34 піддається статичному стисканню і віброударному навантаженню. Видалена з нього рідина стікає через сітку 34 і наскрізні отвори у матриці 31 (на схемі не показані) у бак 9. Тверді частинки концентрату затримуються сіткою 34. Вальці 13 підтримують матрицю 31 знизу, запобігаючи перекосу та заклинюванню підшипників 29. Після проходження під вальцем 17 зневоднений концентрат з $U_k = 20 - 25\%$ зрізується ножом 18 і під впливом розрідження, створюваного насосом 14, засмокується у приєднані до нього патрубок 12 та трубу 22. По трубі 22 концентрат потрапляє у камеру 24 і накопичується у її нижній частині. Нижній відкритий кінець камери 24 ущільнюється 23 підтискається до диску 19, що повільно обертається. В моменти, коли під камерою 24 проходить отвір диску 19, накопичений у ній концентрат порціями скидається у контейнер 21. Екран 10 слугує для запобігання довільному переміщенню концентрату із зони Б одразу в зону його відведення з поверхні сітки 34.

При зневодненні відходів на вальцевої установці, завдяки мінімізації товщини їх оброблюваного шару та підвищенню у порівнянні із зневодненням на попередніх стадіях (рис. 1) інтенсивності навантаження,

забезпечується видалення з концентрату практично всієї вільної та капілярно-зв'язаної рідини, а також певної частини адсорбційно-зв'язаної рідини.

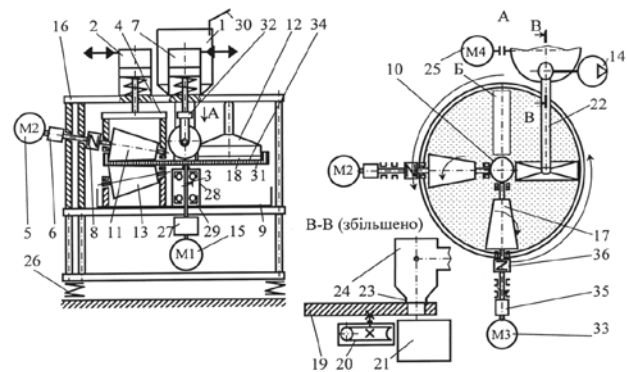


Рис. 4. Конструктивна схема вальцевої установки з ГПП для остаточного потокового віброударного зневоднення дисперсних харчових відходів

Установки з ГПП для потокового віброударного мікро-, ультра- і нанофільтрування [11] можуть виконуватись за єдиною схемою, представленою на рис. 5, але при переході від першої до останньої стадії потрібно використовувати мембрани 3 зі все меншими порами у стінках, крім цього, підвищувати перепад тиску між їх зовнішніми та внутрішніми поверхнями [2]. Тільки при трістадійному фільтруванні (рис. 1) вміст у фільтраті хімічних та біологічних домішкових компонентів буде приведений у відповідність із допустимим, що дозволить без негативних наслідків для навколишнього середовища зливати його у водоймища або знову використовувати на виробництві. Фільтрат відходів безперервно подається насосом 4 (рис. 4) по каналах трубчастої керамічної мембрани 3 [2]. За допомогою кранів 1, 6 у середовищі фільтрату створюються необхідні опір і тиск [2, 12]. Рідинна фаза витісняється через пори у стінках мембрани, фільтрується і стікає в резервуар 8. Поршень гідроциліндра 9 ГПП здійснює вертикальні зворотно-поступальні переміщення, що призводить до виникнення у середовищі фільтрату ударних хвиль напружень та деформацій. В результаті, за експериментальними даними [12], у порівнянні із безударним потоковим фільтруванням на 20–25 % підвищується і стабілізується в часі продуктивність робочого процесу.

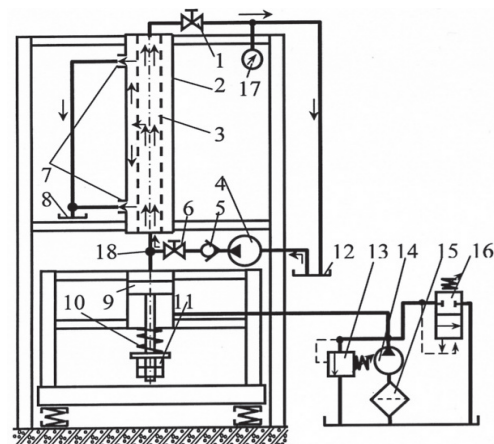


Рис. 5. Схема установки з ГПП для потокового віброударного фільтрування дисперсних харчових відходів

Продуктивність $\Pi_{з,р}$ віброударного зневоднення на вібропресі з ГПП (рис. 3) можна розрахувати як відношення маси $m_{р,в}$ рідини, видаленої з порції відходів у прес-формі у продовж часу ΣT_3 до цього часу

$$\Pi_{з,р} = \frac{m_{р,в}}{\Sigma T_3}. \quad (1)$$

При цьому $m_{р,в}$ визначається як різниця початкової $m_{м,п}$ та кінцевої $m_{м,к}$ маси порції відходів — до та після його віброударного зневоднення.

Енергоємність ϵ_3 зневоднення обчислюємо як відношення енерговитрат ΣE_3 на здійснення процесу до $m_{р,в}$. В свою чергу, ΣE_3 знаходимо як добуток сумарної установленної потужності $N_{e\Sigma}$ електродвигунів вібропреса на ΣT_3

$$\epsilon_3 = \frac{\Sigma E_3}{m_{р,в}} = \frac{\Sigma T_3 N_{e\Sigma}}{m_{р,в}}. \quad (2)$$

Кінцева вологість U_k порції відходів після їх зневоднення визначається як

$$U_k = \frac{m_{р,з}}{m_{м,к}}, \quad (3)$$

де $m_{р,з}$ маса рідинної фази у порції відходів після зневоднення — розраховується як різниця $m_{м,к}$ та маси m_t твердої фази у порції після повного висушування останньої.

Продуктивність Q_ϕ потокового віброударного фільтрування обчислюється як відношення об'єму $W_{\phi\Sigma}$ відфільтрованої рідини за певний час t_ϕ до цього часу [5]

$$Q_\phi = \frac{W_{\phi\Sigma}}{t_\phi}. \quad (4)$$

Енергоємність ϵ_ϕ фільтрування (витрати енергії на одиницю об'єму відфільтрованої рідини) можна визначити як (див. також формулу (2))

$$\epsilon_\phi = \frac{t_\phi N_{e\Sigma}}{W_{\phi\Sigma}}, \quad (5)$$

де $N_{e\Sigma}$ — сумарна установлена потужність електродвигунів установки з ГПП для потокового віброударного фільтрування.

6. Висновки

1. В результаті проведеного аналізу відомих способів зневоднення та фільтрування вологих дисперсних харчових відходів установлено, що механічні способи зневоднення не дозволяють отримувати кінцеву вологість концентрату відходів нижчу 70–76 %, механічні способи фільтрування не забезпечують безперервного робочого процесу, електролітичні та термічні способи досить енергоємні (740–2500 кВт · год/т), а хімічні та біологічні — малопродуктивні, крім цього, потребують використання громіздкого та дорогого обладнання.

2. Пропоновані нами способи віброударного зневоднення та фільтрування відходів для підвищення їх ефективності доцільно здійснювати у декілька послідовних стадій, з використанням на кожній з них окремої одиниці обладнання та зі збільшенням від стадії до стадії інтенсивності навантаження відходів.

3. Для реалізації пропонованих способів розроблені схеми обладнання з ГПП, що забезпечує високу продуктивність робочих процесів, меншу, ніж у більшості відомих способів енергоємність зневоднення та фільтрування, низьку (20–25 %) кінцеву вологість концентрату відходів та достатню якість очищення їх фільтрату.

4. Наведені залежності для визначення параметрів ефективності віброударного зневоднення та фільтрування, для забезпечення яких, з використанням методики проектного розрахунку підбираються оптимальні конструктивні та робочі параметри пропонованого обладнання.

Література

1. Іскович-Лотоцький, Р. Д. Аналіз способів сепарування вологих дисперсних матеріалів та обладнання для їх реалізації [Текст] / Р. Д. Іскович-Лотоцький, І. В. Севостьянов // Вісник національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Машинобудування, 2009. — Випуск № 57. — С. 50–55. — ISSN 0201-744X.
2. Валентас, К. Дж. Пищевая инженерия: справочник с примерами расчетов [Текст] / К. Дж. Валентас, Э. Ротштейн, Р. П. Сингх. — СПб.: Профессия, 2004. — 848 с. — ISBN 5-93913-045-3, 0-8493-8694-2.
3. Антипов, С. Т. Машины и аппараты пищевых производств [Текст]: В 2 кн. Кн. 2 / С. Т. Антипов, И. Т. Кретов, А. Н. Остриков; под ред. В. А. Панфилова. — М.: Высш. шк., 2001. — 680 с. — ISBN 5-06-004168-9.
4. Севостьянов, І. В. Теоретичні основи процесів фільтрування вологих дисперсних матеріалів під впливом ударних хвиль напруг та деформацій [Текст] / І. В. Севостьянов, Р. Д. Іскович-Лотоцький, Р. Р. Обертюх // Промислова гідравліка та пневматика. — 2008. — № 2. — С. 40–43. — ISSN 1994-4691.
5. Ветошкин, А. Г. Технология защиты окружающей среды (теоретические основы) [Текст] : учебное пособие / А. Г. Ветошкин, К. Р. Таранцева. — Пенза: Изд-во Пенз. технол. ин-та, 2004. — 249 с.
6. Севостьянов, І. В. Перспективні схеми гідроімпульсних машин для потокового віброударного фазового розділення вологих дисперсних матеріалів [Текст] / І. В. Севостьянов // Промислова гідравліка і пневматика, 2012. — № 3 (37). — С. 7–11. — ISSN 1994-4691.
7. Пат. 68777 U, Україна, МПК В01D 39/10: Гідроімпульсне сито [Текст] / Севостьянов І. В., Іскович-Лотоцький Р. Д., Любин С. В. — № u2011 11382; Заявл. 26.09.2011; Опубл. 10.04.2012. Бюл. № 7, 2012 р.
8. Іскович-Лотоцький, Р. Д. Основи теорії розрахунку та розробка процесів і обладнання для віброударного пресування [Текст]: монографія / Р. Д. Іскович-Лотоцький. — Вінниця: УНІВЕРСУМ — Вінниця, 2006. — 338 с. — ISBN 966-641-178-4.
9. Іскович-Лотоцький, Р. Д. Розрахунок параметрів вібропресового обладнання з гідроімпульсним приводом для зневоднення вторинних продуктів переробних та харчових виробництв [Текст] / Р. Д. Іскович-Лотоцький, І. В. Севостьянов // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. — 2007. — № 3. — Ч. 1. — С. 105–108.
10. Пат. 69638 U, Україна, МПК А01 F15/00: Гідроімпульсна вальцова установка [Текст] / Севостьянов І. В., Іскович-Лотоцький Р. Д., Любин С. В. — № u2011 11885; Заявл. 10.10.2011; Опубл. 10.05.2012. Бюл. № 9, 2012 р.
11. Пат. 60694 U, Україна, МПК В21J 9/06: Вібраційна гідроімпульсна установка [Текст] / Севостьянов І. В., Іскович-Лотоцький Р. Д., Любин С. В. — № u201014687; Заявл. 07.12.2010; Опубл. 25.06.2011. Бюл. № 12, 2011 р.

12. Севостьянов, И. В. Експериментальні дослідження процесів потокового віброударного фільтрування вологих дисперсних матеріалів [Текст] / І. В. Севостьянов, Р. Д. Іскович-Лотоцький, В. С. Любін // Промислова гідраліка та пневматика. — 2010. — № 4. — С. 89–92.

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ И ФИЛЬТРОВАНИЯ ДИСПЕРСНЫХ ПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ

В статье приводятся схемы высокоэффективных процессов и оборудования для обезвоживания и фильтрования влажных дисперсных пищевых отходов. При этом каждую стадию рабочих процессов предлагается реализовывать на отдельной единице оборудования с повышением от стадии к стадии интенсивности нагрузки отходов. Приводятся зависимости для определения параметров эффективности виброударного обезвоживания и фильтрования.

Ключевые слова: виброударное обезвоживание и фильтрование, влажные дисперсные пищевые отходы, гидроимпульсный привод.

Севостьянов Иван Вячеславович, кандидат технических наук, кафедра металлорезальных верстатов та обладнання автоматизованого виробництва, Вінницький національний технічний університет, e-mail: ivansev70@mail.ru.

Севостьянов Иван Вячеславович, кандидат технических наук, кафедра металлорежущих станков и оборудования автоматизированного производства, Винницкий национальный технический университет.

Sevostyanov Ivan, Vinnytsia National Technical University, e-mail: ivansev70@mail.ru

УДК 620.193

Бачурский Д. В.

ОСАЖДЕНИЕ $TiCl_2(3)$ В РАСПЛАВЕ $KCl : NaCl : MgCl_2$ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЛАЖНОСТИ ЗАГРУЖАЕМОЙ $NaCl$

Изложены результаты исследований процесса осаждения соединений титана в расплаве солей, в зависимости от влажности, подаваемой на зеркало расплава $NaCl$. Состав расплава соответствует электролиту, применяемому при электролитическом производстве магния в поточных линиях. Приведено уравнение регрессии, позволяющее определить степень влияния влажности на процесс осаждения соединений титана, а также определить количество осажденного титана.

Ключевые слова: электролиз магния, поточная линия, низшие хлориды титана, факторный эксперимент, влажность.

1. Введение

Воздействие той или иной примеси на процесс электролиза, главным образом, изучалось отдельно, без учета их взаимного влияния. Влияние влаги проявляется в пассивационных эффектах на катоде, а также повышенном шламообразовании. Примесь титана также нарушает нормальный ход электролиза вследствие пассивации катода, при которой магний выделяется в виде несдвигающихся мелких королек, и выход по току снижается на 5–10 %. О совместном влиянии указанных примесей известно из практики электролиза. Для проведения депассивации катодов применяется такая операция, как загрузка влажной поваренной соли [1]. Также поступают после откочки шлама из электролизеров. С точки зрения вредного влияния воды на электролиз такая операция выглядит парадоксально. Однако ее полезность для наладки работы электролизеров подтверждена практически. Другим примером влияния влаги на показатели работы магниевых электролизеров является объективный факт сезонного изменения выхода по току на электролизерах, питаемых расплавленным хлоридом магния титанового производства [2–4].

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Ранее изучалось взаимодействие воздуха с низшими хлоридами титана, растворенными в расплавах $NaCl-KCl$, с различным содержанием $MgCl_2$ [5, 6]. Расплавы выдерживали в чистом аргоне, в смеси аргона с воздухом и на воздухе. В результате исследований было установлено, что наиболее полное и быстрое удаление соединений титана в шлам происходило при его контакте с атмосферным воздухом и при повышенном содержании $MgCl_2$. Повышенное содержание хлорида магния способствовало протеканию процесса гидролиза и, как следствие, улучшало реакции окисления низших хлоридов титана.

Проанализировав, результаты термодинамических расчетов и исследований по влиянию влажности воздуха на совместное осаждение соединений титана и оксида магния в расплаве хлорида магния [7, 8], был сделан вывод, что аналогичные процессы возможны и в электролитах магниевых электролизеров.

3. Цель и задачи исследования

Чтобы оценить степень влияния влаги на удаление соединений титана из электролита в шлам была