

ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗАНУРЕНОГО ВІБРУЮЧОГО КОНФУЗОРА З ГІДРО- ІМПУЛЬСНИМ ПРИВОДОМ, ВИКОРИСТОВУВАНОВОГО В ЕКСТРАКТОРАХ ДЛЯ ВИЛУЧЕННЯ КОРИСНИХ КОМПОНЕНТІВ ІЗ ОРГАНІЧНОЇ СИРОВИНИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В доповіді представлені результати дослідження авторів екстракційного обладнання. Запропонована конструкція віброекстрактора з гідроімпульсним приводом. Проведений аналіз сучасних переробних галузей промисловості показав, що поглиблена переробка та раціональне використання багатьох видів рослинної сировини та її відходів є економічно вигідними. Одним з перспективних методів інтенсифікації процесів є використання низькочастотних механічних коливань. На підставі теоретичного огляду існуючих екстракційних апаратів та аналізу їх основних недоліків, запропонована нова конструкція вібраційного екстрактора з гідроімпульсним приводом для процесів у системі «тверде тіло - рідина». Складена математична модель роботи обладнання. Виведені узагальнені функціональні залежності, що зв'язують між собою основні параметри привідної гідросистеми і конструкції гідропривідного вузла поршневого активатора, придатні для практичних розрахунків при попередній оцінці і, виборі їхніх раціональних параметрів на стадії ескізного проектування.

Ключові слова: вібраційний екстрактор, гідроімпульсний привід, математична модель робочого процесу, робочий цикл гідравлічного приводу.

Annotation

The article presents the results of the study of authors of extraction equipment. The construction of a vibroextractor with a hydropulse drive is proposed. Analysis of modern processing industries showed that in-depth processing and rational use of many types of plant materials and their waste economically viable. One of the promising methods of intensifying processes is the use of low-frequency mechanical vibrations. Based on the theoretical review of existing extraction devices and analysis of their main drawbacks, a new design of a vibration extractor with a hydro-impulse reason for processes in the "solid-liquid" system has been proposed. Compiled a mathematical model of the equipment. Generalized functional dependencies are derived that connect the main parameters of the hydraulic drive system and the design of the hydraulic actuator unit of the piston activator, which are suitable for practical calculations in the preliminary assessment and the selection of their rational parameters at the stage of preliminary design.

Key words: vibration extractor, hydroimpulsive drive, mathematical model of the process, the duty cycle of the hydraulic drive.

Вступ

Велике значення для політики енергозбереження України має сектор харчового виробництва. Це пояснюється тим, що харчова промисловість є великим споживачем енергетичних ресурсів. Переважна кількість масообмінних процесів харчових виробництв потребує значних енергетичних затрат. До одного з таких процесів відноситься екстрагування.

Переробка рослинної сировини, в основу якої покладено процес екстрагування, є перспективним способом одержання концентратів біологічно активних речовин, настоїв, екстрактів та ін. [1,2]. Масштаби сучасного переробного та харчового виробництв разом з їх енергозатратністю дозволяють з впевненістю стверджувати, що розробка енергоефективного обладнання у цих галузях є перспективною.

Аналіз відомих досліджень і публікацій

Часто при створенні високоефективних апаратів використовують принцип підведення енергії ззовні. Одним з ефективних способів підведення додаткової зовнішньої енергії є накладення на взаємодіючі фази низькочастотних коливань. Такий ефект на середовище відзначається високою ефективністю при незначних габаритах обладнання, оскільки зовнішня енергія може рівномірно розподілятися по робочому об'єму апарату. Окрім того, рух перфорованої вібраційної тарілки в апараті здійснюється по заздалегідь визначеному закону, з встановленою частотою та амплітудою, що в свою чергу створює знакозмінний рух середовища. Проходження оброблювального середовища через перфорацію тарілок супроводжується зміною тиску, що призводить до інтенсифікації проникнення екстрагенту у товщ оброблювальної сировини. Таким чином, створюються умови для дроблення дисперсної фази, а також до збільшення швидкості відновлення поверхні контакту фаз, прискорення проникнення екстрагенту в пори твердої фази. Ці та інші ефекти сприяють зниженню зовнішньодифузійного опору і прискоренню масопереносу всередині капілярно-пористих тіл.

Поле низькочастотних коливань може накладатись на середовище за рахунок коливань корпусу апарату, проте, зважаючи на те, що даний метод потребує значних затрат енергії [2], характерною ознакою обладнання, що реалізує накладення на взаємодіючі фази низькочастотних коливань є вібраційні насадки.

Вібраційні апарати, що мають місце у промисловому виробництві є великогабаритними та потужними. Одним з найпоширеніших приводів таких машин є інерційний привід на основі дебалансних та ексцентрикових віброзбудників [3]. Їх основною перевагою є компактність при великій рушійній силі, відносній легкості їх розрахунку та простоті застосування. Потрібно також пам'ятати, що завжди поряд з перевагами існують також і недоліки: складність регулювання амплітуд коливань робочих органів під час роботи машини; тривалий час «розгону» та зупинки приводу; важкість синхронізації декількох віброзбудників; низька надійність; небезпечність роботи біля машин з відкритими віброзбудниками; порівняно висока вартість обладнання, що може використовуватись у приміщеннях з підвищеною вибухопожежною та пожежною небезпекою.

Варто зазначити, що широке використання віброекстракторів в різних галузях харчової, фармацевтичної та хімічної промисловості стримується складністю гідродинаміки всередині апарату, недостатньою вивченістю їх масообмінних характеристик, що ускладнює конструювання і масштабування нових апаратів.

Постановка задачі

В основу досліджень поставлено мету розробки конструкції вібраційного екстрактора з віброприводом, який зможе забезпечити необхідні робочі параметри роботи обладнання з різною рослинною сировиною, буде енергоефективним, даватиме змогу дистанційному керуванню амплітудою та частотою, володітиме необхідною гнучкістю у підборі робочих параметрів.

Виклад основного матеріалу

На даний момент, найпоширенішим приводом переважної більшості віброекстракторів є інерційний на основі дебалансних віброзбудників та привід з ексцентриком. Подібна популярність виникла завдяки їх компактності при великій рушійній силі, відносній легкості їх розрахунку та простоті застосування.

Проте, незважаючи на своє широке застосування, ексцентрикові та дебалансні віброзбудники мають і низку недоліків [5]: складність регулювання амплітуд коливань робочих органів під час роботи машин, що обмежує їх використання на автоматичних ділянках виробництва; значний час виходу на номінальні режими роботи зі стану спокою і тривалий час зупинки; біларезонансний робочий режим роботи коли примусово синхронізуються рухи двох і більше дебалансів, що може привести до їх руйнування внаслідок значних динамічних навантажень; встановлення спеціальних технічних пристроїв для примусової синхронізації, чи необхідність дотримання певних конструктивних параметрів для

самосинхронізації віброзбудників; низька надійність; низька безпечність роботи біля обладнання з відкритими дебалансами, що викликано обертальним рухом тіл зі зміщеними центрами ваги.

Ексцентрикові віброзбудники мають аналогічні недоліки.

Недоліками більшості існуючих апаратів є складність та металоємність конструкції, підвищені енергетичні затрати пов'язані з необхідністю роботи живильного шнека, необхідність узгодження параметрів роботи живильного шнека та вібропривідної системи, складність підбору (регулювання) робочих параметрів електромеханічного приводу, які б забезпечували ефективну роботу вібротурбулізуючої системи, що впливає на якість оновлення поверхні фазового контакту системи екстрагент-сировина і в кінцевому рахунку впливає на якість та продуктивність всього процесу екстрагування.

В основу розроблюваного устаткування поставлено задачу створення вібраційного екстрактора, в якому за рахунок введення нових елементів та їх розташування досягається зниження металоємності, експлуатаційних енергозатрат та спрощуються експлуатаційні умови, досягається збільшення якості та продуктивності по вилученню водорозчинних сухих речовин за рахунок гнучкості регулювання віброприводу та підбору оптимальних робочих параметрів, що підвищує якість процесу екстрагування.

Поставлена задача досягається тим, що у вібраційний екстрактор, що включає вертикальний корпус з пристроями введення і виведення фаз, встановлений в корпусі з можливістю поздовжнього зворотно-поступального руху шток із закріпленими на ньому тарілками, перфорованими отворами для проходу фаз, у пристроях введення та виведення фаз розміщені односторонні клапани, а перфоровані отвори виконані у вигляді гідравлічних насадок. При цьому на кришці циліндричного корпусу розміщений гідроциліндр з'єднаний напірним трубопроводом з імпульсним клапаном керування, встановленим з можливістю періодичного відкриття-закриття зв'язку напірного трубопроводу і з'єднання його зі зливом, окрім того, напірний трубопровід з'єднаний з привідним гідронасосом.

Конструкція пояснюється кресленням, на якому схематично зображено загальний вигляд устаткування (рис. 1, 2).

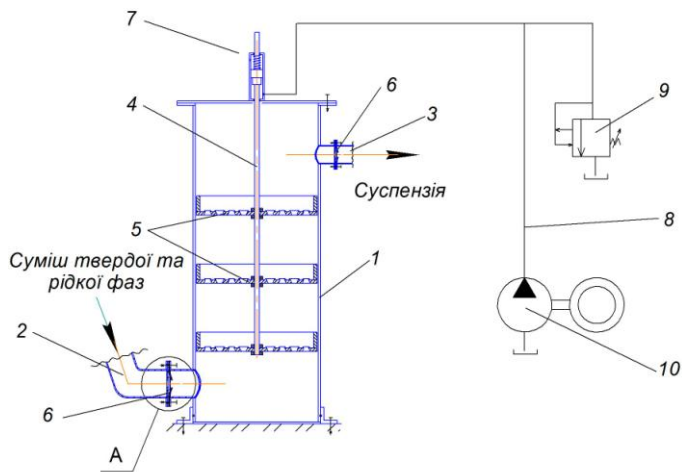


Рисунок 1 – Схема вібраційного екстрактора

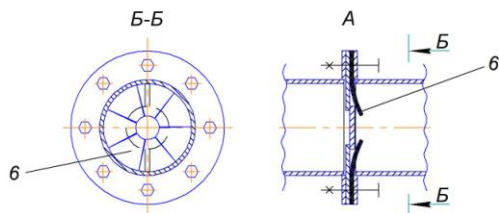


Рисунок 2 – Конструкція одностороннього клапана

Вібраційний екстрактор працює так. Суміш твердої та рідкої фаз подається у вертикальний корпус 1 екстрактора через пристрій введення фаз 2 у якому розміщений односторонній клапан 6. Потрапляючи у нижню частину корпусу 1, суміш піддається вібраційному впливу першої з тарілок 5, закріплених на штоку 4. При рухові тарілок 5 вниз, об'єм нижньої частини вертикального корпусу екстрактора 1 у якому знаходиться суміш твердої та рідкої фаз зменшується, а тиск порівняно з тиском у пристрої введення фаз 2 та рештою об'єму вібраційного екстрактора піднімається, що спричинює перекриття пристрою введення фаз 2 одностороннім клапаном 6, та перетікання суміші твердої та рідкої фаз через перфоровані отвори у тарілках 5 у простір над ними. Рух тарілок 5 вгору призводить до збільшення об'єму та зниження тиску нижньої частини вертикального корпусу екстрактора 1, що спричиняє відкриття одностороннім клапаном 6, пристрою введення фаз 2. Перетікання суміші у нижню частину екстрактора відбувається також і з простору над тарілками 5, проте зважаючи на те, що перфоровані отвори тарілок 5 виконані у вигляді гідравлічних насадок, а вони мають різний гідравлічний опір перетіканню через них середовища у взаємно протилежних напрямках, подібне явище має незначний вплив, порівняно з надходженням суміші твердої та рідкої фаз через пристрій введення фаз 2.

Процес роботи віброприводу можна описати так. Вмикають імпульсний клапан керування 9 та привідний гідронасос 10. При включенні привідного гідронасоса 10, робоча рідина під заданим тиском по напірному трубопроводу 8 потрапляє в робочу порожнину гідроциліндра 7. Під дією робочої рідини гідроциліндр 7 приводить до руху шток 4 (прямий хід). Коли тиск робочої рідини досягає певного значення, відбувається спрацювання імпульсного клапана керування 9, внаслідок цього, гідроциліндр починає здійснювати зворотний хід. В результаті цього вібраційні тарілки 5 закріплені на рухомому штоку 5 отримують силовий імпульс у вигляді коливального руху, який активно чинить вплив на суміш.

Завдяки застосуванню для збудження направлених вертикальних прямолінійних коливань забезпечується підвищення ефективності періодичної взаємодії вібраційних тарілок з рослинною сировиною, а завдяки тому, що запропонована конструкція виконана з можливістю регулювання амплітуд коливань робочих органів під час роботи машини та з можливістю дистанційного керування робочими параметрами, стає можливим створення таких умов роботи вібротурбулізуючої системи, які б забезпечили якісне оновлення поверхні фазового контакту системи екстрагент-сировина і в кінцевому рахунку підвищили якість та продуктивність всього процесу екстрагування.

Потоки, що виникають за рахунок перетікання суміші через отвори тарілок при їх коливальному русі (обмінні потоки між комірками), пропорційні швидкості руху тарілок.

Розроблена математична модель для дослідження закономірностей амплітуди коливання і швидкістей тарілок, яку можна описати системою рівнянь умовно розбивши їх переміщення на дві фази.

Одним з методів інтенсифікації процесу екстрагування є екстрагування при багатократному впливові на рослинний матеріал точкових імпульсів тиску. Імпульси тиску виникають внаслідок схлопування кавітаційних каверн, різкому закипанню перегрітої рідини, ударів частинок рослинного матеріалу між собою, чи з робочими органами екстракційних апаратів та в інших випадках [6].

Перетікання потоку рідини через насадки вібраційних тарілок супроводжується перепадами тиску внаслідок зміни площі поперечного перерізу, процес перетікання нашої оброблювальної сировини може також супроводжуватись виникненням такого явища, як кавітація.

Для того, щоб оцінити кавітаційні ефекти, що можуть виникати в процесі роботи апарату, пропонується розглянути число кавітації [7]. Фізична суть числа кавітації полягає у співвідношенні повного тиску, що призводить до лопування кавітаційної каверни, до швидкісного напору цього потоку:

$$\chi = 2 \frac{p_3 - p_n}{\rho_c v_2^2},$$

де p_3 – абсолютний тиск, Па; p_n – тиск насиченої пари, Па; ρ_c – густина рідкої фази, $\text{кг}/\text{м}^3$; v_2

– швидкість потоку рідкої фази на виході з найвужчої ділянки насадки, м/с.

Зміна тиску у насадках перфорованих тарілок пов'язана зі зміною швидкості течії. Швидкісний напір розглядається як величина, що визначає падіння тиску, внаслідок чого відбувається утворення та зростання кавітаційної каверни. А отже, число кавітації це співвідношення тиску, під дією якого відбувається схлопування кавітаційних каверн, до тиску який призводить до їх утворення та зростання.

Розв'язок системи рівнянь математичної моделі дозволяє знайти швидкість зміни об'єму нижньої комірки екстрактора, а отже і об'єм суспензії, що буде витіснена цим рухом, що в свою чергу дозволяє оцінити витрату суміші рідкої та твердої фаз через вібраційні тарілки в загальному та окремо через кожну з насадок.

Висновки

На сьогоднішній день існує велика кількість різноманітних конструкцій масообмінних апаратів для переробної та харчової промисловості. Водночас значна їх доля має досить обмежені по функціоналу границі. Сучасна промисловість потребує апаратів здатних забезпечувати широкий діапазон робочих параметрів. Подібне обладнання повинно мати зручну надійну конструкцію, воно повинно легко регулюватись (бажано дистанційно). Здатність віброекстракторів працювати на різних амплітудах, частотах, законах руху віброзбуджуючих елементах дозволить підібрати та в подальшому використовувати ці параметри для найефективнішої роботи з різними типами сировини, що буде екстрагуватись. Перспективними у цьому плані є екстрактори з гідроімпульсним приводом, також актуальним є їх подальше дослідження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аксельруд, Г. А. Экстрагирование (система «твердое тело – жидкость») / Г.А. Аксельруд, В. М. Лысянский. – Л.: Химия, 1974. – 256 с.
2. Городецкий, И. Я. Вибрационные массообменные аппараты / И. Я. Городецкий, А. А. Васин, В. М. Олевский, П. А. Лупанов; Под ред. В. М. Олевского. – М.: Химия, 1980. – 192 с., ил.
3. Мищенко, В. Я. Применение вибрационных технологий в массообменных процессах в пищевой и перерабатывающей промышленности / В. Я. Мищенко // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – №1, – 123 с.
4. Симонюк, В. П.. До особливостей вибору приводу вібромашин з метою покращення перемішування робочих сумішей у вібробункері / В. П. Симонюк – Міжвузівський збірник «Наукові нотатки» 2013 (42), 262-266.
5. Патент України на корисну модель UA 25088 U, МПК В 01 D 11/02. Екстрактор / В.Л. Зав'ялов, Н.В. Попова – № u200703024; заявл. 22.03.2007; опубл. 25.07.2007. – Бюл. №11, 2007р.
6. Бабенко Ю.И., Иванов Е.В. Экстрагирование. Теория и практические приложения. СПб.: НПО «Профессионал», 2009. 334 с.
7. Бауман К.В. Кавітаційна технологія виготовлення бітумних емульсій / К.В. Бауман, І.В. Коц // Вінниця: ВНТУ, 2013. - 128 с.

Тимошук Марія Романівна, студентка кафедри інженерних систем у будівництві, Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, E-mail: m.timoshchuk@gmail.com

Кутняк Микола Миколайович, аспірант кафедри інженерних систем у будівництві, Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, E-mail: nikolas1319@gmail.com

Коц Іван Васильович, кандидат технічних наук, професор кафедри інженерних систем у будівництві, Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, E-mail: ivan.kots.2014@gmail.com

Tymoschuk Maria R., student of the Department of Engineering Systems in Construction, Faculty of Civil Engineering, of Heat and Gas supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, E-mail: m.timoshchuk@gmail.com

Kutnyak Mykola M., graduate student of the Department of Engineering Systems in Construction, Faculty of Civil Engineering, of Heat and Gas supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, E-mail: nikolas1319@gmail.com

Kots Ivan V., PhD, Professor of the Department of Engineering Systems in Construction, Faculty of Construction, Heat and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, E-mail: ivan.kots.2014@gmail.com