



Всеукраїнський науково-технічний журнал

All-Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2520-6168 (Print)

DOI:10.37128/2520-6168-2021-3

Machinery
Energetics
Transport
of Agribusiness



**ТЕХНІКА
ЕНЕРГЕТИКА
ТРАНСПОРТ АПК**



Всеукраїнський науково-технічний журнал

**ТЕХНІКА,
ЕНЕРГЕТИКА,
ТРАНСПОРТ АПК**

№ 3 (114) / 2021

м. Вінниця - 2021

**ТЕХНІКА,
ЕНЕРГЕТИКА,
ТРАНСПОРТ АПК**

Журнал науково-виробничого та навчального спрямування
Видавець: Вінницький національний аграрний університет

Заснований у 1997 році під назвою «Вісник Вінницького державного сільськогосподарського інституту».
Правонаступник видання: Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки.
Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації
КВ № 16644–5116 ПР від 30.04.2010 р.

*Всеукраїнський науково – технічний журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» /
Редколегія: Токарчук О.А. (головний редактор) та інші. Вінниця, 2021. 3(114). С. 164.*

*Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету
(протокол № 2 від 28.09.2021 р.)*

Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової інформації №21906-11806 Р від 12.03.2016р.

*Журнал «Техніка, енергетика, транспорт АПК» включено до переліку наукових фахових видань
України з технічних наук (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України
від 02.07.2020 року №886);*

- присвоєно ідентифікатор цифрового об'єкта (Digital Object Identifier – DOI);

- індексується в CrossRef, Google Scholar;

- індексується в міжнародній наукометричній базі [Index Copernicus Value](#) з 2018 року.

Головний редактор

Токарчук О.А. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Заступник головного редактора

Веселовська Н.Р. – д.т.н., професор, Вінницький національний аграрний університет

Відповідальний секретар

Полєвода Ю.А. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Члени редакційної колегії

Булгаков В.М. – д.т.н., професор, академік НААН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України

Севостьянов І.В. – д.т.н., професор, Вінницький національний аграрний університет

Граняк В.Ф. – к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет

Спірін А.В. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Іванчук Я.В. – к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет

Твердохліб І.В. – д.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Іскович – Лотоцький Р.Д. – д.т.н., професор, Вінницький національний технічний університет

Цуркан О.В. – д.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Купчук І.М. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Яронуд В.М. – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет

Зарубіжні члени редакційної колегії

Йордан Максимов – д.т.н., професор Технічного університету Габрово (Болгарія)

Відповідальний секретар редакції **Полєвода Ю.А.** – к.т.н., доцент, Вінницький національний аграрний університет
Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний університет,
тел. (0432) 46–00–03

Сайт журналу: <http://tetapk.vsau.org/>

Електронна адреса: pophv@ukr.net



ЗМІСТ

I. АГРОІНЖЕНЕРІЯ

*Калетнік Г.М., Яропуд В.М.***ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НАГНІТАННЯ ЧИСТОГО ПОВІТРЯ У ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ..... 4***Булгаков В.М., Кувачов В.П., Солон О.В., Борис М.М.***ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОРЕЛЬЄФУ ПОВЕРХНІ ҐРУНТУ ПОСТІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КОЛІЇ..... 16***Гунько І.В.***ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО ТА БІОПАЛИВА..... 24***Середа Л.П., Ковальчук Д.А.***ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ ДЛЯ ТЕХНОЛОГІЇ STRIP-TILL..... 30**

II. ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА. МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО. ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

*Веселовська Н.Р., Брацлавець Б.С., Ялина О.О., Іскович-Лотоцький Р.Д.***РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ПРОЛІЗНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ З НАПРАВЛЕНИМ РОЗПОДІЛЕННЯМ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ..... 41***Ihor Kurchuk, Yuliia Poberezhets, Ruslan Kravets***RESEARCH OF THE RHEOLOGICAL PARAMETERS OF FEED GRAIN IN THE PROCESS OF THE COMBINED IMPACT-CUTTING GRINDING..... 49***Іскович-Лотоцький Р.Д., Веселовська Н.Р., Токарчук О.А., Склярчук О.В.***РОЗРОБКА І ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВУЗЛІВ ПРОЛІЗНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ МЕДИЧНИХ ВІДХОДІВ..... 59***Ludmila Shvets, Olena Trukhanska***DEFORMATION OF ALUMINUM ALLOYS IN ISOTHERMAL CONDITIONS..... 68***Омельянов О.М., Твердохліб І.В.***СУЧАСНИЙ СТАН НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ РОЗРОБОК В ОБЛАСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІБРАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЙ..... 75***Островський А.Й.***УДОСКОНАЛЕННЯ ОПЕРАЦІЇ ҐРАТУВАННЯ ПРИ ВИЛИВАННІ МЕЛЮЧИХ КУЛЬ У КОКІЛЬ..... 91***Пазюк В.М., Шеманська Є.І., Пазюк Д.В.***РАЦІОНАЛЬНІ РЕЖИМИ СУШІННЯ НАСІННЯ РІПАКУ..... 98***Севостьянов І.В., Краєвський С.О., Севостьянов В.І.***УСТАНОВКИ З ГІДРОПРИВОДОМ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ ВОЛОГИХДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ..... 104***Serhiy Burlaka, Svitlana Kravets***DIAGNOSIS OF FUEL EQUIPMENT OF DIESEL ENGINE BY REMOVING VIBRO INDICATORS OF FUEL SUPPLY..... 113***Цуркан О.В., Полевода Ю.А., Присяжнюк Д.В.***ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВІБРАЦІЙНОГО ЗМІШУВАЧА З МАЯТНИКОВИМ МЕХАНІЗМОМ ВІЛЬНОГО ХОДУ..... 124**

III. ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

*Рубаненко О.Є., Токарчук О.А.***ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДВИГУНІВ В УМОВАХ НЕПОВНОТИ ПОЧАТКОВИХ ДАНИХ..... 136***Штуць А.А., Чмих К.В.***УДОСКОНАЛЕННЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОРШНЕВОГО КОМПРЕСОРА ЗА РАХУНОК КОНТУРУ РЕГУЛЮВАННЯ ТИСКУ НА БАЗІ ПРОГРАМОВАНОГО РЕЛЕ LOGO! 12/24 RC В СЕРЕДОВИЩІ MATLAB SIMULINK..... 149**



УДК 621.717

DOI: 10.37128/2520-6168-2021-3-12

УСТАНОВКИ З ГІДРОПРИВОДОМ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ ВОЛОГИХДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ

Севостьянов Іван Вячеславович, д.т.н., професор
Красвський Сергій Олександрович, аспірант
Севостьянов Василь Іванович, студент
Вінницький національний аграрний університет

Ivan Sevostianov, Doctor of Technical Sciences, Full Professor
Sergiy Kraevsky, Post-graduate Student
Vasyl Sevostianov, Student
Vinnytsia National Agrarian University

Процеси розділення вологих дисперсних систем є досить поширеними в харчовій, переробній та інших галузях промисловості. Зокрема до них відносяться процеси, пов'язані з виробництвом фруктових та овочевих соків, джемів, пюре, соняшникової та оливкової олії, віджиманням жиру із м'ясної шкварки у м'ясному виробництві, відокремленням сироватки від сирної маси у виробництві сиру, розділенням тертого какао на масло і жом, зневодненням вологих дисперсних відходів харчових виробництв (спиртової барди, пивної дробини, бурякового жому, кавового та ячмінного шלאму). Дані процеси є досить енергоємними та малопродуктивними, тому багато уваги приділяється удосконаленню обладнання для їх реалізації в напрямку покращення вказаних показників ефективності, а також підвищення надійності та зниження матеріалоємності, складності та вартості робочих машин. При цьому відомі гідравлічні статичні преси не забезпечують достатньо низької кінцевої вологості продукту та необхідної продуктивності робочого процесу. Вібраційне пресове обладнання є часто досить складним, ненадійним та створює інтенсивні шум і вібрації в процесі роботи. Шнекові преси з електромеханічним приводом, не зважаючи на свої переваги не дозволяють досягти заданого ступеню розділення компонентів дисперсної системи, крім цього, їх виконавчі елементи є досить складними конструктивно і такими, що швидко зношуються. Авторами пропонуються удосконалені схеми гідропресів для розділення вологих дисперсних систем, що можуть забезпечити високі показники ефективності робочого процесу та мають просту і надійну конструкцію. Також у статті подані залежності для розрахунку основних робочих параметрів пропонованого обладнання.

Ключові слова: гідравлічний привод, дисперсна система, процес розділення, продуктивність, енергоємність.

Ф. 9. Рис. 9. Літ. 7.

1. Постановка проблеми

Процеси розділення вологих дисперсних систем є досить поширеними в харчовій, переробній та інших галузях промисловості. Зокрема до них відносяться процеси, пов'язані з виробництвом фруктових та овочевих соків, джемів, пюре, соняшникової та оливкової олії, віджиманням жиру із м'ясної шкварки у м'ясному виробництві, відокремленням сироватки від сирної маси у виробництві сиру, розділенням тертого какао на масло і жом, зневодненням вологих дисперсних відходів харчових виробництв (спиртової барди, пивної дробини, бурякового жому, кавового та ячмінного шלאму) [1, 2]. Дані процеси є досить енергоємними та малопродуктивними, тому багато уваги приділяється удосконаленню обладнання для їх реалізації в напрямку покращення вказаних показників ефективності, а також підвищення надійності та зниження матеріалоємності, складності та вартості робочих машин.

2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

На рис. 1 представлена схема гідравлічного преса для віджимання соку з овочів та фруктів, а також виробництва олії [1]. Перевагами даного обладнання є простота та висока надійність конструкції, а основними недоліками: велика тривалість робочого циклу та можливість забезпечення низької кінцевої вологості віджатого продукту, оскільки його середні шари у прес-формі залишаються недостатньо навантаженими. Для компенсації останнього недоліку сировину перед завантаженням в



прес-форму розкладають у пакети з мішковини або лавсанової тканини товщиною 50 – 80 мм та використовують проміжні сталеві плити з метою їх кращого стискання. Недосконалість схеми навантаження даного преса змушує збільшувати тиск в його гідросистемі в ході реалізації робочого процесу до 80 і більше МПа [1], що призводить до помітного зростання енерговитрат.

На рис. 2 показаний шнековий прес, який призначений для реалізації безперервного високопродуктивного робочого процесу [1], але містить складний, нетехнологічний у виготовленні та швидкозношуваний виконавчий елемент – шнек 3. Також досить високою є кінцева вологість продукту після віджимання на даному обладнанні – 74 – 76% при зневодненні вологих дисперсних відходів харчових виробництв [2].

Стрічковий прес на рис. 3 має продуктивність від 6 до 16 т/год за переробленою сировиною, дозволяє збільшити вихід рідини до 80% та зменшити тривалість робочого процесу до 4 хв [1]. Недоліком даної машини є значні навантаження виконавчих елементів – стрічок з полімерного перфорованого полотна або з плетеної сітки – та їх швидке зношування.

На рис. 4 подано схему вальцювого преса [1], що має більш складну конструкцію і нижчу надійність, ніж попередні машини. Крім цього, для досягнення на ньому найнижчих значень кінцевої вологості продукту (20 – 25%) доводиться суттєво знижувати продуктивність робочого процесу.

Досить продуктивним але складним конструктивно і в експлуатації обладнанням для розділення дисперсних систем є декантерні центрифуги (рис. 5). Кінцева вологість продукту на виході з даних апаратів складає не менше 74%, що змушує здійснювати його додаткове механічне зневоднення або сушіння.

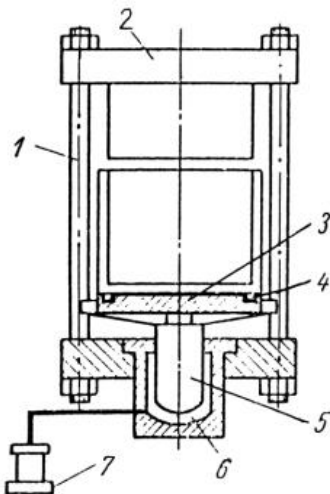


Рис. 1. Схема гідравлічного преса:
1 – напрямні колони; 2 – нерухома плита;
3 – траверса; 4 – канал для збирання віджатої рідини; 5 – плунжер; 6 – робочий циліндр;
7 – насос

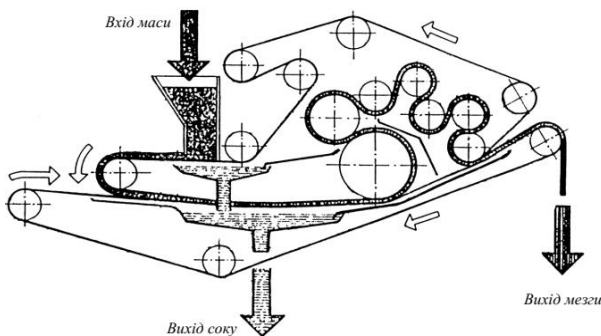


Рис. 3. Схема стрічкового преса ПВК-12

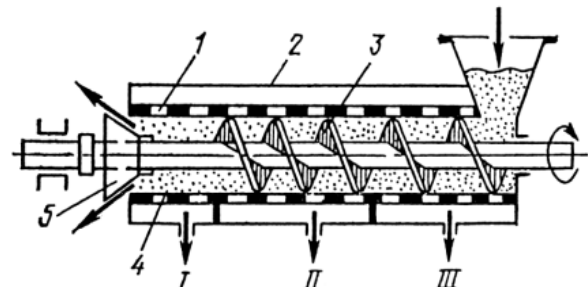


Рис. 2. Схема шнекового преса:
1 – перфорований циліндр; 2 – корпус; 3 – шнек;
4 – камера тиску; 5 – конус

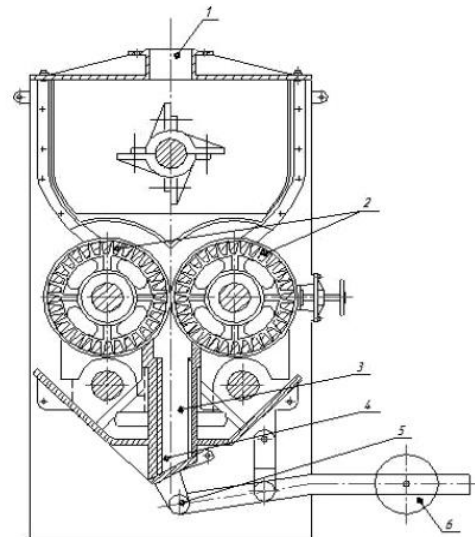


Рис. 4. Схема вальцювого преса:
1 – завантажувальний патрубков;
2 – барабани; 3 – камера для віджатої продукту;
4 – прохідна щілина; 5 – кришка;
6 – вага

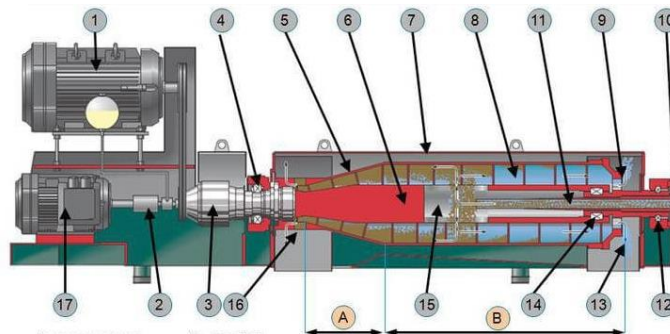


Рис. 5. Схема декантерної центрифуги:

1 – двигун барабану; 2 – муфта; 3 – редуктор; 4 – підшипник барабану; 5 – барабан; 6 – шнек; 7 – корпус; 8 – зона сепарування; 9 – регульовальне кільце; 10 – подача продукту; 11 – подавальна труба; 12 – підшипник барабану; 13 – вихід освітленої рідини; 14 – підшипник шнека; 15 – розподільник; 16 – вивантаження твердої фази; 17 – двигун шнека

На рис. 6 подана схема установки для багатостадійного зневоднення вологих дисперсних відходів харчових виробництв [3].

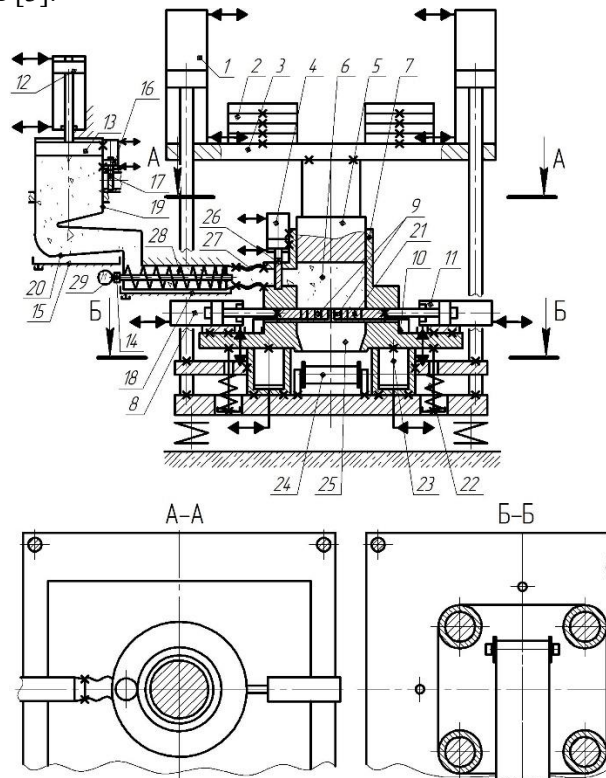


Рис. 6. Схема установки для багатостадійного зневоднення відходів харчових виробництв:

1, 4, 8, 11, 12, 16, 23 – гідроциліндри; 2 – інерційні вантажі; 3 – рухома траверса; 5 – пуансон; 6 – порція відходів; 7 – прес-форма; 9, 17, 26 – заслінки; 10, 15, 18 – баки; 13, 19 – гідравлічний прес; 14 – муфта; 20 – дифузор; 21 – канали; 22 – пружини; 24 стрічковий конвеєр; 25 – отвір; 27 – гумовотканинний рукав; 28 – шнековий прес; 29 – електродвигун

Установка забезпечує попереднє зневоднення відходів у прес-формі 19 гідравлічного преса, видалення рідини під час проходження відходами конічного звуження 20, в шнековому пресі 28 та в закритій прес-формі 7 під впливом статичного зусилля, створюваного гідроциліндрами 1 та масами вантажів 2, траверси 3 і пуансона 5, а також віброударного навантаження при вертикальних зворотно поступальних переміщеннях плунжерів 23 гідроімпульсного привода установки з частотою до 150 Гц і амплітудою до 2 мм [4]. За результатами розрахунків та експериментів [2] кінцева вологість спиртової барди, пивної дробини та кавового шламу після віброударного зневоднення на дослідному прототипі установки не перевищує 20 – 25%, при продуктивності за зневодненими відходами 20 ÷ 25 т/год та



енергоємності – 2,7 кВт·год/т. Але суттєвими недоліками даного обладнання є високі конструктивна складність та матеріалоємність.

Те ж саме можна сказати про установку для двокомпонентного складнопросторового віброударного зневоднення вологих дисперсних матеріалів, досліджену в роботі [5].

3. Мета дослідження

Розробити та дослідити удосконалене обладнання для розділення неоднорідних дисперсних систем з гідравлічним приводом, яке повинне забезпечувати кінцеву вологість матеріалу в межах 20 – 25%, достатню продуктивність робочого процесу та мати просту і надійну конструкцію.

4. Результати досліджень

На рис. 7 представлена схема пропонованої нами установки з гідравлічним приводом.

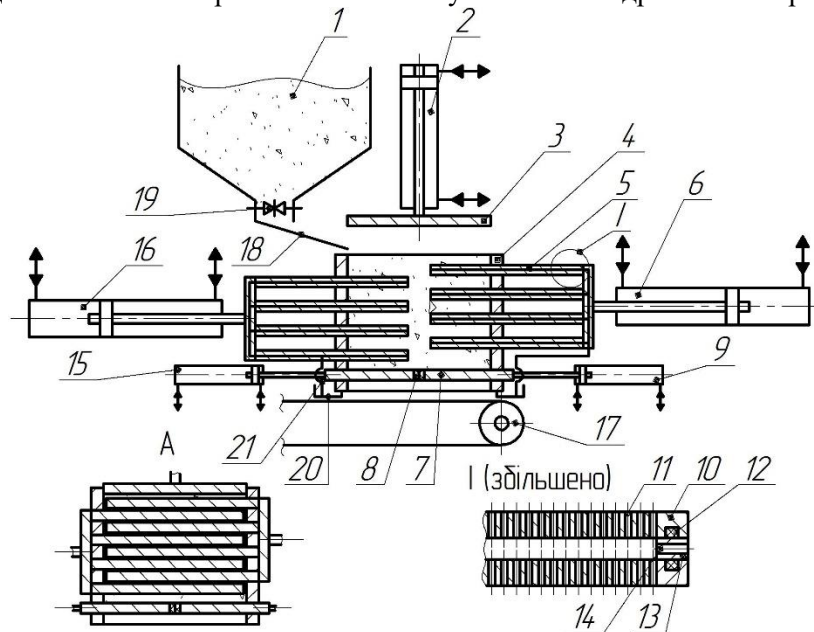


Рис. 7. Удосконалена установка з гідравлічним приводом для розділення неоднорідних дисперсних систем:

1 – бак; 2, 6, 9, 15, 16 – гідравлічні циліндри; 3 – пуансон, 4 – прес-форма; 5 – плити; 7, 19 – заслінки; 8, 12 – ущільнення; 10 – пластини; 11, 14 – отвори; 13 – рамка; 17 – стрічковий конвеєр; 18 – лоток; 20 – піддон; 21 – гнучкий шланг

Оброблюваний матеріал подається періодично порціями з баку 1 у прес-форму 4. Подача здійснюється по лотку 18 при відкриванні заслінки 19 з електромагнітним приводом. Після заповнення прес-форми вмикається гідравлічний привод циліндра 2, за допомогою якого пуансон 3 опускається і герметично закриває прес-форму зверху (ущільнення пуансона на схемі не показані). Вмикаються гідравлічні приводи циліндрів 6 і 16, поршні яких здійснюють рух назустріч один одному. В результаті плити 5, пов'язані з поршнями циліндрів 6 і 16 переміщуються в середину прес-форми і заходять одна за одну (див. вид А на рис. 8). Це призводить до стиснення порції матеріалу в прес-формі та видаленню з нього рідкої фази. Остання витікає через дрібні отвори 11 у плитах 5 (див. також виносний елемент І на рис. 8). Кожна така плита складається з двох пластин 10, розділених рамкою 13 з ущільнювальними кільцями 12. Отвори 11 у плитах закриті зовні металевою фільтрувальною сіткою (на схемі не показана). Таким чином, витиснена рідка фаза проходить через сітку та отвори 11 в середину плит 5 та виводиться звідти назовні через отвори 14 та гнучкі шланги 21 в піддон 20. Аналогічні дрібні отвори, закриті з середини металевою фільтрувальною сіткою, виконані у стінках прес-форми 4 (на схемі не показані). Через них видалена з порції матеріалу рідина витікає в піддон 20. Після завершення процесу розділення поршні циліндрів 6 і 16 та пов'язані з ними плити 5 відводяться в протилежні сторони до повного виходу плит 5 з прес-форми 4. Вмикаються гідравлічні приводи циліндрів 2, 9, 15. За допомогою циліндрів 9, 15 заслінки 7 виводяться в протилежні сторони, відкриваючи нижній переріз прес-форми 4 (торці заслінок 7 оснащені ущільненнями 8). Вмикається робочий хід циліндра 2, який здійснює витискання за допомогою пуансона 3 порції розділеного матеріалу з прес-форми на



стрічковий конвеєр 17. Далі пуансон 3 піднімається у верхнє положення, заслінки 3 закриваються, плити 5 установлюються у вихідне, показане на схемі положення. Відкривається заслінка 19 і наступна порція перероблюваного матеріалу подається у прес-форму 4. Після цього описаний цикл повторюється.

Перевагою даної схеми є проста раціональна і надійна конструкція, використання в ній перевіреного практикою гідравлічного привода, що має компактні габарити та розвиває високу питому потужність. В конструкції установки передбачене рівномірне навантаження порції оброблюваного матеріалу у прес-формі по її об'єму та ефективне відведення видаленої рідкої фази матеріалу.

На рис. 8 представлена ще одна схема удосконаленої установки з гідравлічним приводом для розділення неоднорідних дисперсних систем.

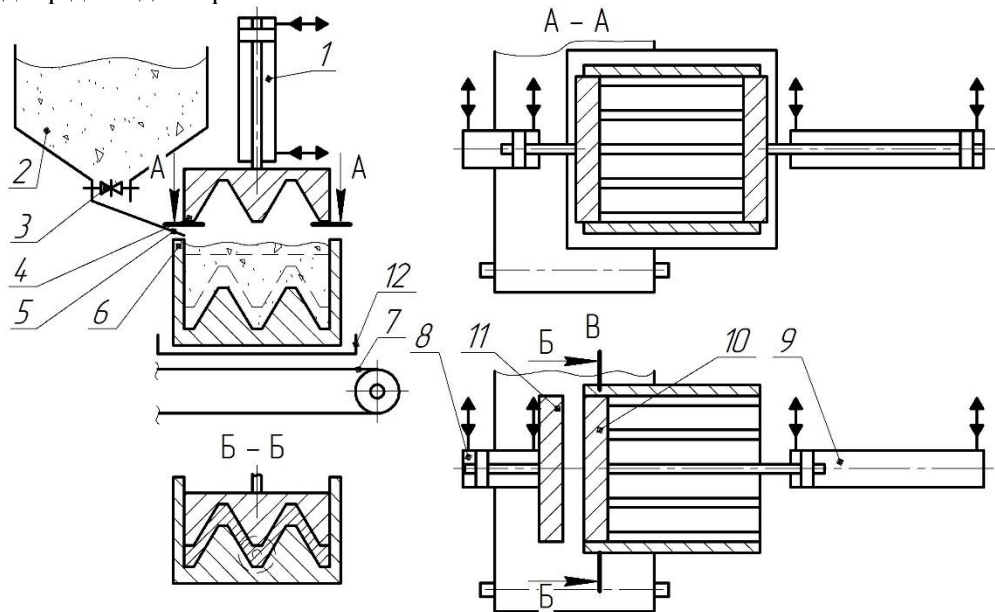


Рис. 8. Схема удосконаленої установки з гідравлічним приводом для розділення неоднорідних дисперсних систем:

1, 8, 9 – циліндри; 2 – бункер; 3 – заслінка; 4 – пуансон; 5 – лоток; 6 – прес-форма; 7 – стрічковий конвеєр; 10, 11 – плити; 12 – піддон

Подача оброблюваного матеріалу здійснюється періодично порціями з бака 2, через відкриту заслінку 3 з електромагнітним приводом та по лотку 5 у прес-форму 6. Після заповнення останньої подача матеріалу з баку 2 припиняється та вмикається гідравлічний привод циліндра 1, який забезпечує опускання пуансона 4 та стискання порції оброблюваного матеріалу у прес-формі 6. Видалена з порції матеріалу рідина виходить через дрібні наскрізні отвори у пуансоні 4 та прес-формі 6, закриті з середини металевою фільтрувальною сіткою (на схемі не показані) та стікає у піддон 12. По завершенню робочого процесу пуансон піднімається за допомогою циліндра 1 у положення показане на розрізі Б – Б рис. 8. Вмикається гідравлічний привод циліндра 8, що забезпечує виведення бокової стінки-плити 11 з прес-форми 6 та відкривання останньої (див. також вид В на рис. 8). За допомогою циліндра 9 та плити-стінки 10 порція розділеного матеріалу витискається з прес-форми на стрічковий конвеєр 7 (див. також вид В на рис. 8). Після цього пуансон 4 піднімають у верхнє вихідне положення а плити 11, 10 переміщуються у положення показані на розрізі А – А рис. 8. Відкривається заслінка 3 і наступна порція оброблюваного матеріалу подається з бака 2 у прес-форму 4. Далі описаний цикл розділення повторюється.

Перевагою даної конструкції є компактність, висока надійність, менша кількість гідравлічних приводів в порівнянні із попередньою схемою, забезпечення інтенсивного навантаження оброблюваного матеріалу по всьому об'єму прес-форми. Виступи на виконавчих поверхнях прес-форми та пуансона забезпечують інтенсивний рух дисперсних частинок матеріалу у різних площинах під час навантаження, їх рівномірне перерозподілення по об'єму та видалення з проміжків між частинками рідини.

Ще одна удосконалена установка для розділення неоднорідних дисперсних систем подана на рис. 9.

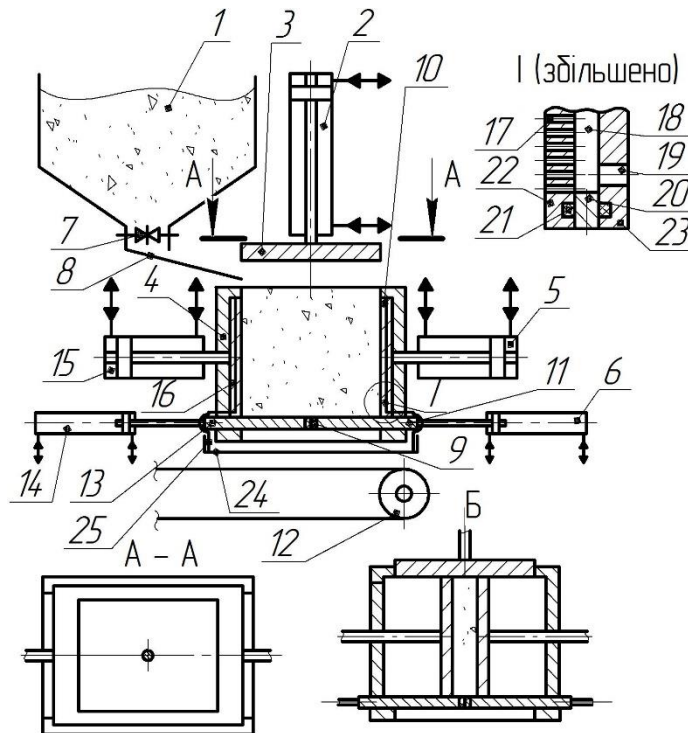


Рис. 9. Схема удосконаленої установки з гідравлічним приводом для розділення неоднорідних дисперсних систем:

1 – бак; 2, 5, 6, 14, 15 циліндри; 3 – пуансон, 4 – прес-форма; 7, 11, 13 – заслінки; 8 – лоток; 9, 21 ущільнення; 10, 16 – плити; 12 – стрічковий конвеєр; 17, 19 – отвори; 18 – порожнина; 20 – рамка; 22, 23 – пластини; 24 – піддон; 25 – гнучкі шланги

Перероблюваний матеріал з баку 1 через відкриту заслінку 7 з електромагнітним приводом по лотку 8 порціями подається до прес-форми 10. Заповнена матеріалом прес-форма закривається зверху пуансоном 3, привод якого забезпечує циліндр 2 гідравлічного привода. Далі запускаються гідроприводи циліндрів 5, 15, поршні яких здійснюють зустрічний рух. При цьому пов'язані зі штоками гідроциліндрів плити 10, 16 стискають порцію матеріалу у прес-формі та реалізують робочий процес розділення (див. також вид Б на рис. 9). Видалена при цьому рідина витікає через дрібні отвори у плитах 10, 16, закриті з середини фільтрувальною металевою сіткою (на схемі не показана). Кожна з плит 10, 16 складається з двох пластин 21, 23 (див. виносний елемент I на рис. 9), розділених рамкою 20 з ущільненнями 21. Таким чином, рідина, яка витікає через отвори 17 збирається в порожнині 18, звідки через отвір 19 по гнучкому шлангу 25 витікає у піддон 24. По завершенню процесу розділення плити 10, 16 за допомогою циліндрів 5, 15 повертаються у вихідні положення, відкриваються заслінки 11, 13, привод яких здійснюється від циліндрів 6, 14 допоміжного гідравлічного привода, після чого зневоднена порція оброблюваного матеріалу витискається пуансоном 3 на стрічковий конвеєр 12.

За потребою додаткового зневоднення порції матеріалу при закритих заслінках 11, 13 та повернутих у вихідні положення плитах 10, 16 реалізується стискання порції у прес-формі у горизонтальній площині пуансоном 3. Далі вже описаним вище способом порція розвантажується з прес-форми. Для здійснення наступного циклу розділення пуансон 3, плити 10, 16 та заслінки 11, 13 повертаються у вихідні положення, відкривається заслінка 7 та прес-форма знову заповнюється оброблюваним матеріалом.

Перевагами даної схеми є її простота, можливість реалізації схеми на базі серійних гідравлічних машин та апаратів, а також забезпечення можливості максимально повного механічного розділення дисперсних систем по всьому об'єму прес-форми та в різних площинах. На нашу думку, дана конструкція забезпечує найбільш широкі технологічні можливості для реалізації різних режимів та схем навантаження під час переробки широкого кола неоднорідних дисперсних систем.

Наведемо залежності для визначення основних робочих параметрів для установки на рис. 9.

Приймаємо, що оброблюваним матеріалом є кавовий шлам з початковою вологістю 90 – 95%, який внаслідок малого вмісту дисперсних частинок може бути віднесений до Ньютонівських рідин [6, 7].

Перепад тиску, створюваний плитами 10, 16 при їх стисканні порції оброблюваного матеріалу



в прес-формі визначаємо за формулою [7]:

$$\Delta p = \frac{\Delta V \cdot E_p}{V_n}, \quad (1)$$

ΔV – зміна об'єму прес-форми 4; V_n – початковий об'єм прес-форми (до початку стискання порції); Δp – збільшення тиску, обумовлене зміною об'єму; E_p – модуль об'ємної пружності води – рідкої фази кавового шלאму [7].

Зміну ΔV в часі знаходимо як:

$$\frac{d\Delta V}{dt} = 2 \cdot S_n v_{\text{ц}} = 2 \cdot l_n h_n v_{\text{ц}} = 2 \cdot l_n h_n \frac{l_n}{t}; 0 \leq t \leq t_p, \quad (2)$$

де S_n – площа плити 10; l_n, h_n – її довжина та ширина; $v_{\text{ц}}$ – середня швидкість робочого ходу циліндру 5; t_p, l_n – тривалість та довжина робочого ходу циліндра.

Витрати видаленої з оброблюваного матеріалу рідини, що витікає з прес-форми знаходимо як:

$$Q_p = 2 \cdot \mu_o \frac{\pi \cdot d_o^2}{4} n_o l_n h_n \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho_B}}, \quad (3)$$

де μ_o – коефіцієнт витрат отвору 17 у пластині 22 (див. виносний елемент I на рис. 9) [7]; d_o – діаметр отвору; n_o – кількість отворів на одиниці площі пластини 22; ρ_B – густина води.

Потужність N_p , необхідна для здійснення робочого ходу плит 10, 16, за якою розраховується потужність насоса гідравлічного привода циліндрів 5, 15 може бути обчислена як:

$$N_p = 2 \cdot S_{\text{nop}} v_{\text{ц}} \Delta p, \quad (4)$$

де S_{nop} – площа поршня циліндра 5.

5. Висновки

1. За результатами проведеного аналізу схем відомого обладнання для розділення неоднорідних дисперсних систем (гідравлічних, шнекових, стрічкових та вальцових пресів, декантерних центрифуг, обладнання для віброударного зневоднення вологих дисперсних матеріалів) установлено, що кожен з вказаних видів машин має свої недоліки та потребує удосконалення. Зокрема, гідравлічні преси не забезпечують рівномірного стискання порції оброблюваного матеріалу по всьому об'єму прес-форми, що призводить до недостатньо повного його розділення, крім цього, робочий процес даного обладнання характеризується високою енергоємністю, низькими продуктивністю, ступенем механізації та автоматизації.

2. З врахуванням виявлених недоліків відомого обладнання та з врахуванням сучасних потреб виробництва авторами запропоновані удосконалені схеми установок з гідравлічним приводом для розділення неоднорідних рідких систем, які мають просту і надійну конструкцію, складаються з уніфікованих гідравлічних машин та апаратів, забезпечують рівномірне стискання оброблюваного матеріалу у прес-формі по всьому її об'єму та високу продуктивність робочого процесу.

3. У статті також наведені залежності для визначення основних робочих параметрів однієї із запропонованих установок: перепаду тиску, створюваного у прес-формі під час процесу розділення, витрат видаленої при цьому рідини та потужності, потрібної для здійснення робочого процесу. Дані залежності можуть бути використані у подальших дослідженнях пропонованого обладнання, а також при створенні методики його проектного розрахунку.

Список використаних джерел

1. Черевко О. І., Поперечний А. М. Процеси і апарати харчових виробництв: підручник. Х.: Світ Книг, 2014. 495 с.
2. Севостьянов І. В. Технологія та обладнання для віброударного зневоднення вологих дисперсних матеріалів : монографія. Вінниця : ВНАУ, 2020. 303 с. ISBN 978-617-7789-16-0.
3. Севостьянов І. В., Луцик В. Л. Установка для багатостадійного зневоднення відходів харчових виробництв. *Вісник машинобудування та транспорту*, 2017. №1. С. 105–113.
4. Іскович-Лотоцький Р. Д., Обертюх Р. Р., Севостьянов І. В. Процеси та машини вібраційних і віброударних технологій. Монографія. Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2006. 291 с.
5. Севостьянов І. В., Поліщук О. В., Слабкий А. В. Розробка та дослідження установки для двокомпонентного віброударного зневоднення відходів харчових виробництв. *Восточно-європейський журнал передових технологій*, 2015. №5/7(77). С. 40–46.
6. Sevostianov I., Ivanchuk Ya. Kravets S. Elaboration and researches of highly effective installation for vibro-blowing dehydration of dispersive waste of food productions. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*, 2020. №3 (110). С. 24–33.



7. Башта Т. М., Некрасов Б. Б. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. М.: Машиностроение, 1982. 423 с.

References

- [1] Cherevko, O. I., Poperechny, A. M. (2014). *Procesy i aparaty harchovyh vyrobnyctv [Processes and apparatuses of food productions]* Harkiv.: Svit Knyg [in Ukrainian].
- [2] Sevostianov, I. V. (2020). *Tekhnolohiia ta obladnannia dlia vibroudarnoho znevodnennia volohykh dyspersnykh materialiv : monohrafiia [Technology and equipment for vibro-blowing dehydration of damp dispersive materials : monograph]* Vinnytsia: VNAU [in Ukrainian].
- [3] Sevostianov, I. V., Lutsyk, V. L. (2017). *Ustanovka dlia bahatostadiinoho znevodnennia vidkhodiv kharchovykh vyrobnytstv [Installation for multistage dehydration of food productions waste]* *Visnyk mashynobuduvannia ta transportu*, 1, 105–113 [in Ukrainian].
- [4] Iskovych-Lototskyi, R. D., Obertiukh, R. R., Sevostianov, I. V. (2006). *Protsesy ta mashyny vibratsiinykh i vibroudarnykh tekhnolohii [Processes and machines for vibration and vibro-blowing technologies]*. Monograph. Vinnytsia: UNIVERSUM-Vinnytsia [in Ukrainian].
- [5] Sevostianov, I. V. Polishchuk, O. V., Slabkyi, A. V. (2015). *Rozrobka ta doslidzhennia ustanovky dlia dvokomponentnogo vibroudarnoho znevodnennia vidkhodiv kharchovykh vyrobnytstv [Elaboration and research of installation for two-component vibro-blowing dehydration of food productions waste]*, 5/7 (77), 40–46 *Vostochno-evropeyskyi zhurnal peredovykh tekhnolohiy* [in Ukrainian].
- [6] Sevostianov, I., Ivanchuck, Ya. Kravets, S. (2020). Elaboration and researches of highly effective installation for vibro-blowing dehydration of dispersive waste of food productions. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*, 3 (110), 24–33. [in English].
- [7] Bashta, T. M., Nekrasov, B. B. (1982). *Gidravlika, gidromashyny i gidroprivody [Hydraulic, hydraulic machines and hydraulic drives]*. Moscow: *Mashinostroenie* [in Russian].

УСТАНОВКИ С ГИДРОПРИВОДОМ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНЫХ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ

Процессы разделения влажных дисперсных систем являются довольно распространенными в пищевой, перерабатывающей и других отраслях промышленности. В частности к ним относятся процессы, связанные с производством фруктовых и овощных соков, джемов, пюре, подсолнечного и оливкового масла, отжимом жира с мясной шкварки в мясном производстве, отделением сыворотки от сырной массы в производстве сыра, разделением тертого какао на масло и жом, обезвоживания влажных дисперсных отходов пищевых производств (спиртовой барды, пивной дробины, свекловичного жома, кофейного и ячменного шлама). Данные процессы являются достаточно энергоемкими и малопродуктивными, поэтому много внимания уделяется совершенствованию оборудования для их реализации в направлении улучшения указанных показателей эффективности, а также повышения надежности и снижения материалоемкости, сложности и стоимости рабочих машин. При этом известные гидравлические статические прессы не обеспечивают достаточно низкой конечной влажности продукта и необходимой производительности рабочего процесса. Вибрационное прессовое оборудование является часто достаточно сложным, ненадежным и создает интенсивные шум и вибрации в процессе работы. Шнековые прессы с электромеханическим приводом, несмотря на свои преимущества, не позволяют достичь заданной степени разделения компонентов дисперсной системы, кроме этого, их исполнительные элементы являются достаточно сложными конструктивно и быстро изнашиваемыми. Авторами предлагаются усовершенствованные схемы гидропрессов для разделения влажных дисперсных систем, которые могут обеспечить высокие показатели эффективности рабочего процесса и имеют простую и надежную конструкцию. Также в статье представлены зависимости для расчета основных рабочих параметров предлагаемого оборудования.

Ключевые слова: гидравлический привод, дисперсная система, процесс разделения, производительность, энергоемкость.

Ф. 9. Рис. 9. Лит. 7.

HYDRAULIC MACHINES FOR SEPARATION OF WET DISPERSED SYSTEMS

Separation processes of wet dispersed systems are quite common in the food, processing and other industries. In particular, these include processes related to the production of fruit and vegetable juices, jams,



sunflower and olive oil, the extraction of fat from meat rinds in meat production, the separation of whey from cheese mass in the production of cheese, the separation of grated cocoa into butter and pulp, dehydration of wet dispersed waste of food production (alcohol grain, beer pellets, beet pulp, coffee and barley sludge). These processes are quite energy-intensive and have low-productivity, therefore, much attention is paid for modernization of equipment for their implementation in the direction of improving the indicated efficiency characteristics, as well as increasing reliability and reducing material consumption, complexity and price of working machines. At the same time, the known hydraulic static presses do not provide of low final moisture content of the product and the required productivity of the working process. Vibratory pressing equipment is often quite complex, unreliable and generates intense noise and vibration during of operation. Screw presses with an electromechanical drive, despite of their advantages, do not allow to achieve of the necessary degree of separation of the components of the dispersed system, in addition, their actuators are structurally quite complex and wear out quickly. The authors propose improved schemes of hydraulic presses for separation of wet dispersed systems, which can provide high rates of efficiency of the working process and have a simple and reliable design. The article also presents equations for calculating of the main operating parameters of the proposed equipment.

Key words: hydraulic drive, dispersed system, separation process, productivity, energy consumption.

F. 9. Fig. 9. Ref. 7.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Севостьянов Іван Вячеславович – доктор технічних наук, завідувач кафедри «Технологічних процесів та обладнання переробних і харчових виробництв» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: ivansev70@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-8965-9810>).

Краєвський Сергій Олександрович - аспірант Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: skraevsky4@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1590-1958>).

Севостьянов Василь Іванович - студент Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: ivansev70@gmail.com)

Севостьянов Иван Вячеславович – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологических процессов и оборудования перерабатывающих и пищевых производств» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, 21008, Украина, e-mail: ivansev70@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8965-9810>).

Краевский Сергей Александрович – аспирант Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, Винницкая область, 21008, Украина, e-mail: skraevsky4@gmail.com).

Севостьянов Василий Иванович – студент Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, Винницкая область, 21008, Украина, e-mail: ivansev70@gmail.com).

Sevostianov Ivan – Doctor of Technical Sciences, Full Professor of the Department of “Technological Processes and Equipment of Processing and Food Productions” of Vinnytsia National Agrarian University (3 Solnechnaya St, Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: ivansev70@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8965-9810>).

Kraevsky Sergiy – Post-Graduate Student of Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnychna str., Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: skraevsky4@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1590-1958>).

Sevostianov Vasyl – Student of Vinnytsia National Agrarian University (3, Solnychna str., Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: ivansev70@gmail.com).