

**Омельянов О.М.**

асистент

**Вінницький національний
аграрний університет****Omelyanov O.****Vinnitsa National Agrarian
University****УДК 621.921****DOI:10.37128/2306-8744-2019-1-9****ПЕРСПЕКТИВИ РЕАЛІЗАЦІЇ
ПРОЦЕСІВ ВІБРАЦІЙНОГО
РОЗДІЛЕННЯ**

У статті розглянуто універсальність вібрації. Вона є найбільш ефективним загальним засобом керування динамічним станом оброблюваної сировини при здійсненні різноманітних технологічних завдань у різних дисперсних системах. Проведений аналіз дозволяє запропонувати можливі рішення використання вібраційного поля для процесів розділення та намітити перспективи застосування.

Ключові слова: вібророзділення, вібраційний грохот, механічні коливання, вібраційне поле.

Постановка проблеми. Ступінь досконалості сучасного технологічного обладнання та відповідно перспективи його розвитку визначаються використанням при конструюванні машин енергоощадних та водночас високопродуктивних технологічних та конструктивних рішень. Унікальні можливості вібраційного поля задовольняють означеним якостям, що обґрунтовує зростання його застосування у виконавчих та приводних органах технологічних машин.

Технологічні процеси, в основі яких використовуються механічні коливання, здійснюються практично в усіх сферах людської діяльності. При цьому, в одних випадках, певні технологічні процеси можуть бути здійснені лише завдяки використанню вібрації, в інших – використання вібрації призводить до значної інтенсифікації процесів і підвищенню їх якісних показників.

Серед методів механічної сепарації сільськогосподарської продукції можна виділити:

- просіювання з метою видалення небажаних домішок;
- калібрування, що передбачає розділення частинок продукції по розмірах;
- сортування, що дозволяє розділяти неоднорідні системи за сукупністю ряду ознак, серед яких: розміри, форма, шорсткість поверхні та ін.

Дані процеси можуть відбуватися під дією інерційних, гравітаційних, електромагнітних та інших силових факторів. При цьому унікальні можливості вібраційної дії, як найбільш загальною і ефективною способом управління динамічним станом оброблюваної системи, що дозволяє передавати останній найбільшу кількість енергії при порівняно

невеликих ходах робочих органів машин, визначають пріоритетність використання «вібраційного поля» в процесах розділення неоднорідних систем.

Специфіка технологій переробки різної сировини багатогранна, тому існуючі серійні віброгрохоти не завжди можуть задовольнити всі вимоги. Виникає потреба в створенні нестандартних віброгрохотів під конкретну технологію чи сировину.

Основною проблемою є підвищення ефективності грохочення і довговічності робочих поверхонь, для подолання якої потрібні інші, більш високочастотні або полічастотні режими коливань робочого органу, а також відповідні робочі поверхні. Удосконалення вібраційних приводів машин безпосередньо впливає на покращення техніко-економічних параметрів роботи технологічних машин.

Формулювання мети дослідження.

Метою є визначення перспективних напрямів підвищення ефективності використання вібраційного поля на основі теоретичного та експериментального аналізу розглянутих процесів та обладнання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Серед відомих процесів вібраційного розділення можна виділити розділення сипкої маси на фракції просіванням; сортування; калібрування, фільтрування; відокремлення рідкої фракції пресуванням; центрифугування.

При поділі неоднорідних структур з рідким дисперсним середовищем високі технологічні результати були отримані при використанні вібраційного центрифугування. Так, створення коливального руху робочих елементів машини у площині, перпендикулярній напрямку відцентрових



сил, дає можливість зруйнувати дисперсні структури з вивільненням рідкої фази, значно інтенсифікуючи процес обробки в порівнянні з відцентровим поділом від обертального руху. Для створення умов достатнього дезагрегування оброблюваної системи ротори вібраційних центрифуг виконують конічними з кутом нахилу стінок, меншим для тертя матеріалу по даній поверхні. Вплив вібрації в таких апаратах сприяє більш рівномірному розподілу і кращому просуванню часток по поверхні конуса, зниженню ефективної в'язкості маси продукції і більш якісному поділу матеріалу. Також, крім основної технологічної дії в ряді машин для центрифугування вібрація використовується для здійснення процесу вивантаження осаду.

Поряд з розглянутими процесами поділу неоднорідних систем у переробному

сільськогосподарському виробництві мають місце більш тонкі масообмінні процеси поділу, у яких усе більш широке поширення одержує метод створення в технологічному середовищі коливального режиму. Такий спосіб обробки обумовлюється можливістю значної інтенсифікації процесів тепло- і масообміну внаслідок різкого підвищення у вібраційному полі поверхонь взаємодіючих фаз. Серед даних процесів можна відзначити сушіння продукції в умовах віброкиплячого шару; екстрагування маси продукції у віброуючому технологічному середовищі як у системі рідина-рідина, так і в системі тверде тіло - рідина; розчинення і кристалізацію структурних компонентів при коливаннях неоднорідного середовища, що сприяє інтенсифікації процесу кристалоутворення, так і підвищенню його якісних показників (рис. 1).

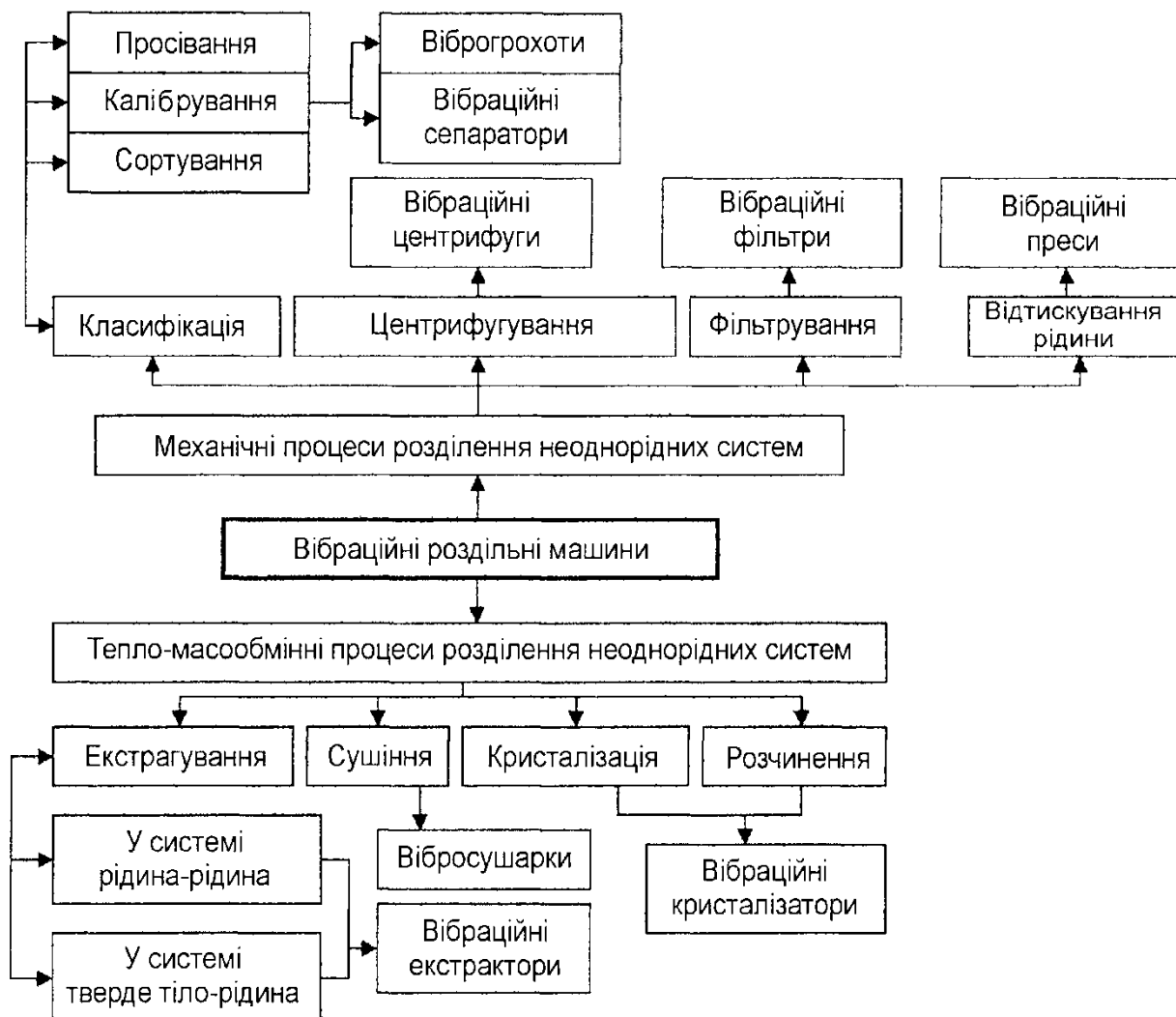


Рис. 1. Области застосування вібраційних технологічних машин у процесах розділення неоднорідних систем харчових і переробних виробництв

У залежності від режиму обробки продукції можна виділити вібраційне просівання (тобто ситовий поділ неоднорідної системи у вібраційному полі) без підкидання та ударне.

Безперервний контакт із ситовою поверхнею і відсутність інтервалів відносного спокою для першого режиму збільшує імовірність просівання часток з нижнього шару і зменшує динамічні



навантаження на робочі органи. Для чіткого поділу сипучих мас рослинного чи мінерального походження по товщині (ширині) часток на велику кількість фракцій використовується робочий режим з рівномірними круговими вібраціями лотка в горизонтальній площині. При цьому в якості робочих органів застосовуються поярусно розташовані сита, виготовлені з металу, шовку або штучного волокна (капрону, нейлону), а ситові корпуси виконуються у формі шафи з дверцятами і висувними рамками, що забезпечує герметичність і зручність у експлуатації.

Застосування неперфорованої робочої поверхні вібросепараторів, нахиленої під певним кутом, дозволяє здійснити поділ сипучих матеріалів за розміром, формою, коефіцієнтом тертя або пружності часток. При русі часток на такій поверхні в умовах вібраційного поля в режимах з досить інтенсивним підкиданням середня швидкість переміщення різних часток виявляється різною та істотно залежить від коефіцієнта миттєвого тертя і коефіцієнта відновлення при ударі, що приводить до руху даних часток по різних траєкторіях. Для одержання досить чіткої якості поділу доцільно надати робочим органам вібросепаратора прискорення порядку (6...10)g, причому зі збільшенням розміру часток (більш 1 мм) кращі показники процесу обробки мають місце при зниженні частоти і підвищенні амплітуди коливань. Крім того, сепарацію часток крупніше

0.3...0.5 мм доцільно здійснювати на шорсткуватій поверхні, покритій шліфувальною шкіркою або тонкою гумою, у той час як дрібнодисперсні матеріали ефективніше обробляти на нешорсткій гладкій алюмінієвій або сталевій поверхні [1,15].

Послідовність виділення фракцій неоднорідної системи визначає особливості виконання робочих органів віброгрохотів. Так, ярусне розташування сит має місце при просіванні продукції від великої до дрібної фракції. Для такого процесу характерне більш точне сепарування внаслідок поступального поділу більш великих часток від дрібних; зменшення степені подрібнювання більш великих фракцій, тому що вони виводяться вже на перших ситах. Крім того, уся маса продукції подається на більш міцне перше сито, що обумовлює підвищення довговічності інших просіваючих поверхонь. При поділі спочатку більш дрібних фракцій сита розташовують, як правило, в одній площині, горизонтальній чи похилій. Подібні машини відрізняються простотою конструкції, зручністю в обслуговуванні та експлуатації. Комбінація розглянутих вище способів просівання може мати місце в апаратах барабанного типу.

Робочі органи гіраційного грохоту здійснюють кругові рухи малого радіуса у вертикальній площині, що генеруються від швидкохідного ексцентрикового валу [1].

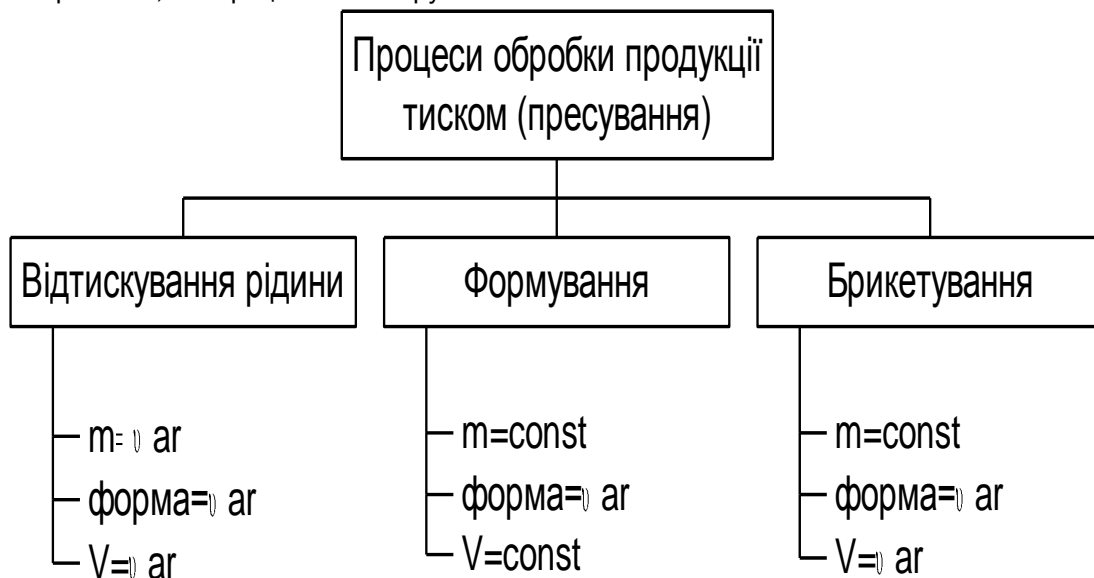


Рис. 2. Зміна параметрів матеріалу продукції при пресуванні

m , V – відповідно маса та об'єм продукції, що обробляється

Процеси пресування різняться між собою перерозподілом маси, форми та об'єму (рис. 2). Застосування вібраційного поля дозволяє інтенсифікувати дані процеси внаслідок зменшення ефективного

коефіцієнта тертя та поліпшення умов для ущільнення матеріалу. При цьому динамічна дія робочого органу машини спочатку приводить до утворення окремих агрегатів твердих часток, між якими розташовується рідкий прошарок. На утворені ядра налипають нові частки



матеріалу та здійснюється ущільнення агломерату, що є наслідком зміни енергетичного стану поверхневих шарів агломератів та порушення кристалічної решітки під дією вібрації. Процес обкочування здійснюється більш ефективно у разі руху робочих органів по коловій або еліптичній траєкторії, що нерідко супроводжується підвищенням температури поверхні часток через співударання та тертя їх у віброкиплячому шарі на 20-50 °С [3], що необхідно враховувати при розрахунку відповідних апаратів.

Результати досліджень показали [2,14], сировина у робочій камері циркулює подібно руху сировини у вібротліні при наявності відносного руху окремих часток, що зумовлює справедливість наступного рівняння руху технологічного завантаження.

$$J \frac{d\omega}{dt} = M(R) - M_T, \quad (1)$$

де J – момент інерції матеріалу, що гранулюється відносно центра циркуляції;

$M(R)$ – момент реакції корпусу на матеріал;

M_T – момент сил тертя.

При накладанні на технологічне середовище вібраційного поля також інтенсифікуються процеси ущільнення всієї маси продукції та самосортування її. Величина оптимальних прискорень для часток з більшими розмірами та питомою вагою є нижчою. Для крупних часток є ефективними вібрації низької частоти, а для тонких – високої. Із збільшенням крупності матеріалу максимальний коефіцієнт ущільнення зменшується, а величина оптимального прискорення зростає. Максимальне ущільнення спостерігається при величинах прискорень силового поля наближених до прискорення вільного падіння, а вже при перевищенні критичного значення прискорення має місце значне підвищення відносної активності часток та настає явище віброкипіння, що приводить до зменшення ефективного тертя та розпушування маси продукції.

Вібраційне ущільнення, та і формування відбувається внаслідок ефекту підвищення текучості суміші, тобто зниження дисипативних опорів деформаціям зсуву. В результаті інтенсивного коливального режиму (в умовах високих частот та малих амплітуд коливань) в зоні контакту формують елементу утворюється дуже тонкий шар з малою в'язкістю, що виконує функції мастила. При цьому істотно зменшується зчеплення маси сировини з виконавчим органом машини та

відповідно налипання та опір при проходженні продукції через формують елементи, внаслідок чого значно знижується величина тиску при формуванні. В результаті знижується пружна післядія тобто перерозподіл за часом пружних деформацій, що забезпечує зберігання утвореної форми та можливість отримання продукції з попередньо заданими розмірами або формами. Також в умовах вібраційного поля полегшується видалення газових бульбашок, їх гомогенізація та рівномірний розподіл по всьому робочому об'ємі, виключаючи утворення порожнин, що в сукупності підвищує якість продукції. Крім того, зниження впливу адгезійних властивостей поверхні формують пристрою значно зменшує вимоги до обробки поверхні виконавчих органів та відповідно і загальну вартість технологічної машини.

Можна відзначити об'ємне та поверхнєве віброформування. В результаті об'ємної дії сировина отримує коливальний рух разом з формою або днищем по всьому об'ємі продукції, а також коли суміші надають вібрацію пристрої, що в неї занурюються. У випадку поверхневого формування вібраційне поле створюється або коливним вантажем, або пуансоном, або бічною стінкою форми. При реалізації означених режимів має місце надання технологічному середовищу колових або напрямлених (горизонтальних чи вертикальних) вібрацій.

Забезпечення рівномірності навантаження сипучої сировини по всій довжині робочої поверхні можна досягти за рахунок використання генераторів низькочастотних та високочастотних коливань з приводами [4].

Методи формування структурованих дисперсних систем за допомогою вальцевих пристроїв у вібраційному технологічному полі вважаються одними з найперспективніших за технологічним результатом та простотою конструкції [5].

Також набувають розповсюдження формуючі машини, що мають шнековий нагнітач, матрицю з каліброваними отворами та вібробуджувач для регулювання реологічних властивостей маси сировини в зоні матриці. При реалізації процесу відтискування з продукту видаляють, здебільшого, рідину, що має механічний або структурний зв'язок з твердим залишком. Це зумовлює вплив на даний процес певних фізико-механічних властивостей продукції.



Процес виділення рідини при пресуванні розпочинається тоді, коли зовнішня дія буде превалювати над силами опору структури. При цьому рідина проходить складний шлях в масі матеріалу по системі капілярів, величина перерізу яких змінюється по мірі стискання та відповідно структурного руйнування. Тому, процесу відтискування властиві якості процесу фільтрування, що дозволяє описувати його за рівнянням Пуазейля як для руху рідини у капілярах [6]:

$$V = \frac{\pi p r^4 z S t}{8 \mu l}, \quad (2)$$

де V – об'єм рідини, що протікає за час t , m^3 ; p – втрати тиску у капілярах, Па; r – радіус капіляра, м; z – кількість капілярів на одиницю площі S шару матеріалу; μ – динамічна в'язкість рідини, Па·с; l – довжина капіляру, м.

Процес вібророзділення в транспортно-технологічних машинах. Переваги дії вібрації на продукцію представлено у вібраційних конвеєрних машинах. Машина вказаного типу представляють установки, в яких дія вібрації направлена або на виконання суто транспортного руху, або на транспортування та супутнє здійснення певних технологічних операцій: калібрування, сортування, сушіння, зволоження тощо (на вібраційних транспортно-технологічних машинах), або на здійснення певної технологічної обробки на окремих ділянках конвеєрної лінії (у вібраційних технологічних машинах конвеєрного типу).

Вібраційні грохоти. Серед віброгрохотів із круговими коливаннями сита можна відзначити інерційні і самоцентрувальні

ситові сепаратори. Вібрації ситової поверхні інерційної машини забезпечуються дією відцентрової сили, що виникає при обертанні незрівноваженої маси дебаланса. Грохоти з простим дебалансним вібробуджувачем використовуються при обробці порівняно дрібного матеріалу. Коливання сита самоцентрувального грохоту здійснюються унаслідок взаємодії двох обертових мас: пружнопідвішеної ситової поверхні і дебалансних вантажів, закріплених на приводному валу. У даній схемі тиск ексцентрика на сито є внутрішньою силою системи. Незначна незрівноваженість такого механізму викликає кругові рухи центра приводного вала з малим радіусом, що істотно не впливає на роботу пружної передачі. Таким чином, самоцентруючі грохоти не вимагають ретельного балансування на відміну від гіраційних, у яких незрівноваженість передається на опорні конструкції.

Помірна зрівноваженість коливальної системи має місце у разі застосування комбінованого механічного вібробудження, що реалізується у вібросепараторах, представлених на рис. 3 [7,14,16].

Для створення просторових коливань ситової поверхні використовували вібробуджувач з вертикальною віссю обертання, площини дебалансів якого зміщені відносно один одного на кут α . Нормальна експлуатація такої вібросистеми можлива при збігу осі вібробуджувача і центра ваги коливної маси. Для створення просторових рухів сита по лініях, що лежать на циліндричній поверхні заданих радіусів можна використовувати двовальну схему вібробуджувача, розташування дебалансів якої дозволяє створити спрямовану змушуючу силу та момент.

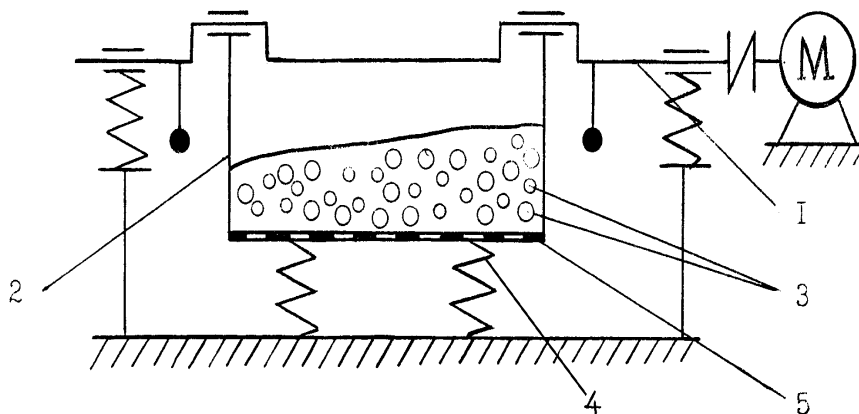


Рис. 3.а. Вібраційний грохот

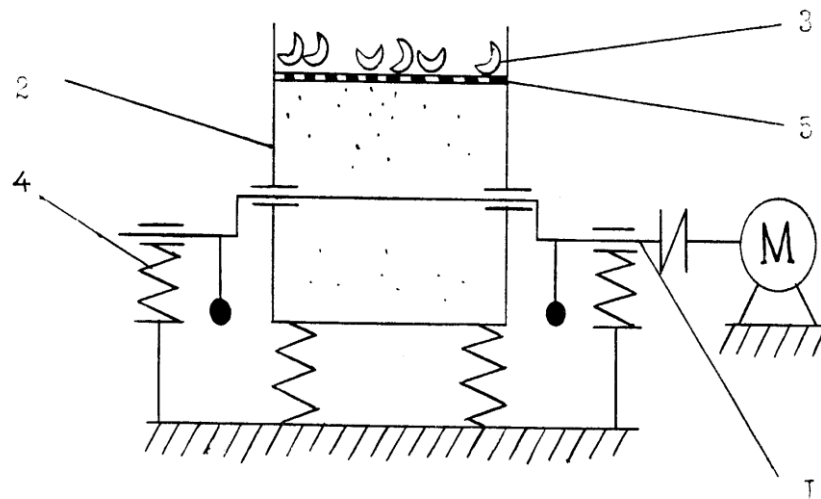
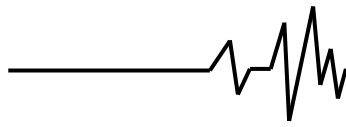


Рис. 3.б. Вібраційна вибивна решітка

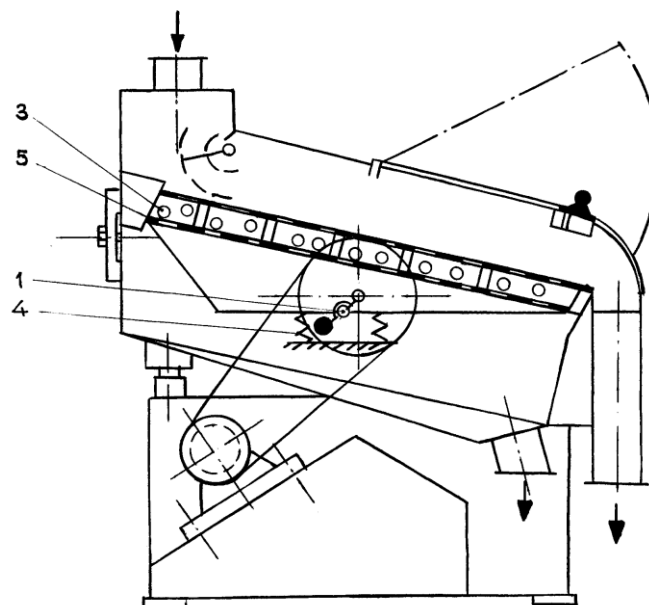


Рис. 3.в. Вібраційний сепаратор

Рис. 3. Схеми вібраційних машин для розділення неоднорідних систем з механічним комбінованим вібробуджувачем плоских коливань:

а – вібраційний грохіт; б – вібраційна вибивна решітка; в – вібраційний сепаратор:

1 – ексцентриковий приводний вал; 2 – робочий контейнер;

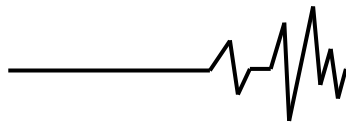
3 – оброблюване середовище; 4 – пружні елементи; 5 – ситова поверхня

Залежно від геометричної форми ситової поверхні можна виділити колосникові, плоскі і барабанні віброгрохоти. Класифікація основних типів віброгрохотів представлена в таблиці 1.

У Вінницькому державному аграрному університеті розроблено декілька різновидів вібраційних машин для просівання та сепарування сипучої продукції, зокрема, що відзначаються механічним комбінованим віброприводом

для генерування просторових та плоских коливань робочої поверхні.

Розроблений віброгрохот (рис. 4) містить станину, на опорній поверхні якої встановлені циліндричні пружини [8]. На пружних елементах монтується вібростіл, на якому розташовується решетний вузол, що містить одне чи кілька конічних решіт 3. Елементи, що просівають, устанавливаються під кутом до горизонталі. Для виходу поділюваних фракцій у машині передбачаються скатний конус і лотки, що



вивантажують. У нижній частині апарата до вібростолу кріпиться одновальний вібробудувач 4, що приводиться до руху через пружну муфту електродвигуном. У верхній частині машини встановлюється бункер 1, що має заслінку 2 для

регулювання подачі продукції до робочого простору грохоту.

Таблиця 1

Класифікація основних типів вібраційних грохотів

№ п/п	Класифікаційна ознака	№ п/п	Тип віброгрохота
1	2	3	4
1.	Технологічне призначення	1.1	Грохоти-класифікатори
		1.1.1	для просівання
		1.1.2	для калібрування
		1.1.3	для сортування
		1.2	Грохоти-живильники
		1.3	Грохоти-обезводжувачі
		1.4	Бункерні гідрокласифікатори
2.	Періодичність технологічного циклу	2.1	Періодичної дії
		2.2	Безперервної дії
3.	Характер режиму обробки	3.1	Інерційні, що працюють в режимі без підкидання
		3.2	Ударно-вібраційні
4.	Особливості переміщення продукції в робочій зоні	4.1	Грохоти з вібротранспортуванням продукції
		4.2	Грохоти з пневмовібраційним переміщенням продукції
		4.3	Грохоти із самосортуванням продукції
5.	Послідовність виділення фракцій	5.1	Машини з просіванням матеріалу від великої до дрібної фракції
		5.2	Машини з просіванням матеріалу від дрібної до великої фракції
		5.3	Машини з комбінованим режимом просівання
6.	Розташування ситових поверхонь	6.1	Грохоти з послідовним розташуванням ситових поверхонь
		6.2	Грохоти з ярусним розташуванням сит
		6.3	Грохоти з комбінованим розташуванням сит
7.	Особливості траєкторії руху робочих органів	7.1	Грохоти з лінійним коливанням сит
		7.2	Грохоти з плоскими коливаннями сит
		7.2.1	з круговими вібраціями
		7.2.2	з еліптичними вібраціями
		7.3	Гіраційні грохоти
		7.3.1	з плоскими коливаннями
		7.3.2	з просторовими коливаннями
7.4	Грохоти з просторовими коливаннями сит		
8.	Особливості вібробудувача машини	8.1	Резонансні грохоти з електромагнітним вібробудувачем
		8.2	Резонансні грохоти з механічним вібробудувачем
		8.2.1	з двомасним ексцентриковим віброприводом
		8.2.2	з тримасним ексцентриковим віброприводом
		8.3	Зарезонансні грохоти з механічним вібробудувачем
		8.3.1	з самобалансовим віброприводом
		8.3.2	з простим дебалансним віброприводом
		8.3.3	з самоцентруючим віброприводом
		8.3.4	з комбінованим механічним приводом плоских коливань
		8.3.5	з комбінованим механічним приводом просторових коливань
8.4	Грохоти з вібраційно-відцентровим приводом		



Продовження табл 1

1	2	3	4
9.	Тип пружної системи машини	9.1	Грохоти з механічними пружними елементами
		9.2	Грохоти з пневматичними пружними елементами
10.	Характер зв'язку робочих органів і корпусу машини	10.1	Грохоти з пружно підвішеними робочими органами
		10.2	Грохоти з пружними опорами робочих органів
11.	Геометрична форма поверхні, що просіває	11.1	Колосникові грохоти
		11.2	Грохоти з плоскими ситами
		11.3	Барабанні грохоти
		11.3.1	з циліндричною ситовою поверхнею
		11.3.2	з конічною ситовою поверхнею
		11.3.3	з циліндрично-конічною ситовою поверхнею
12.	Особливості ситової поверхні	12.1	Грохоти з пробивними металевими ситами
		12.2	Грохоти з плетеними ситами
		12.2.1	з металевої сітки
		12.2.2	зі штучного волокна
13.	Форма отворів на ситовій поверхні	13.1	Грохоти з круглими отворами на ситах
		13.2	Грохоти з квадратними (прямокутними) отворами на ситах
		13.3	Грохоти з довгастими отворами на ситах

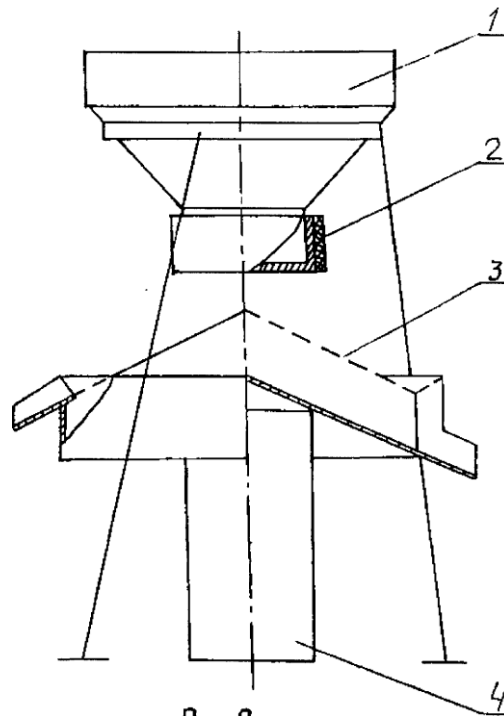


Рис. 4.а. Загальна схема машини

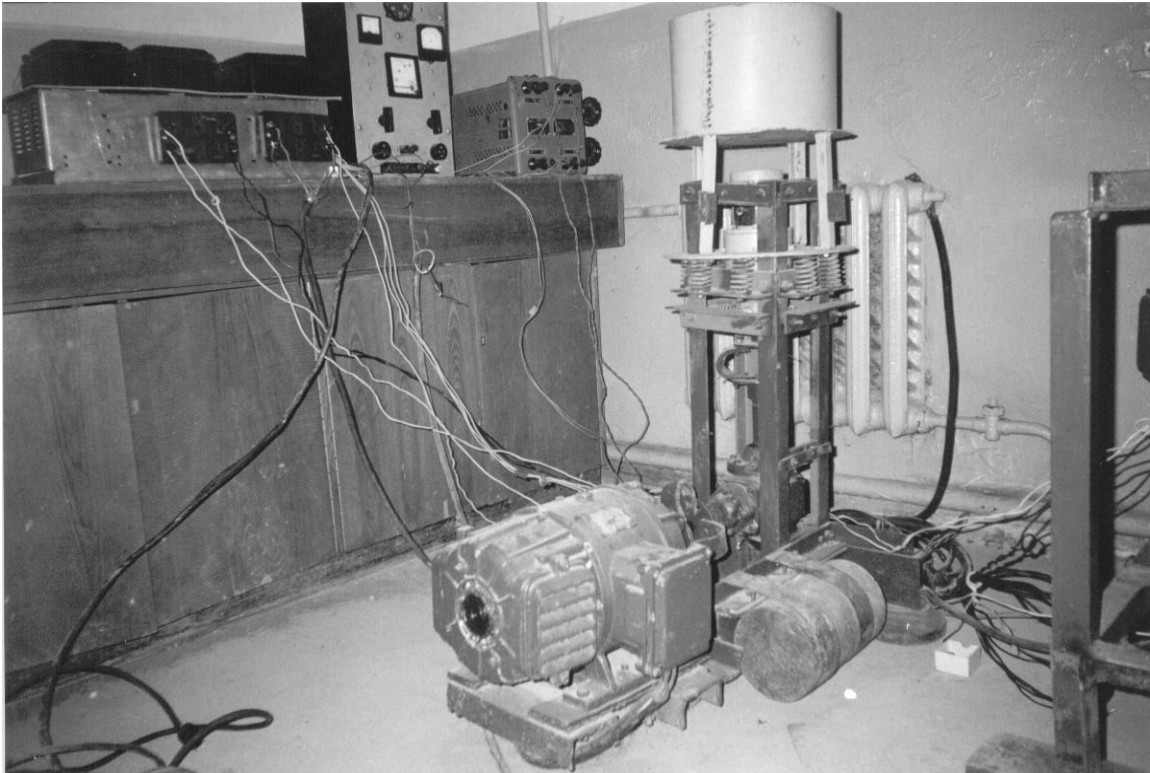
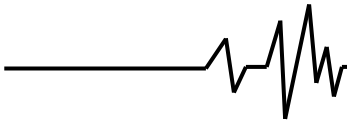


Рис. 4.б. Фотографія машини

Рис. 4. Схема віброгрохота з конічною ситовою поверхнею:
а – загальна схема машини:
1 – бункер; 2 – заслінка; 3 – сито; 4 – вібробудувач;
б – фотографія машини

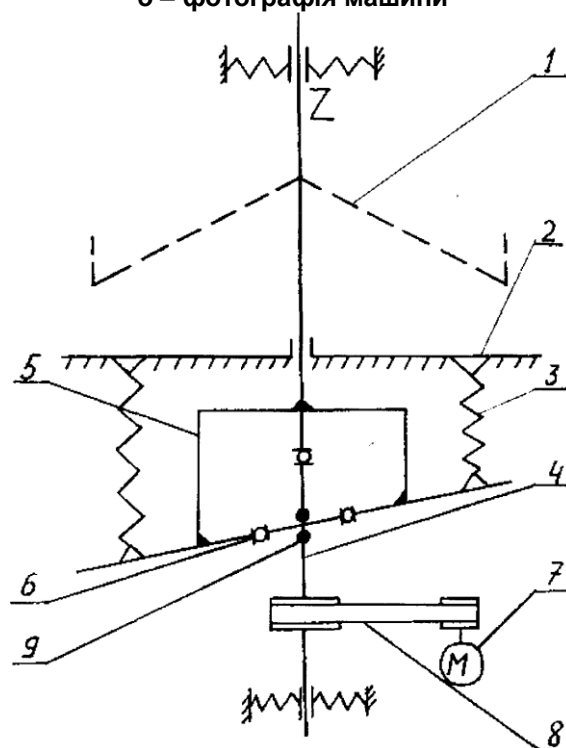


Рис. 5.а. Принципова схема приводу

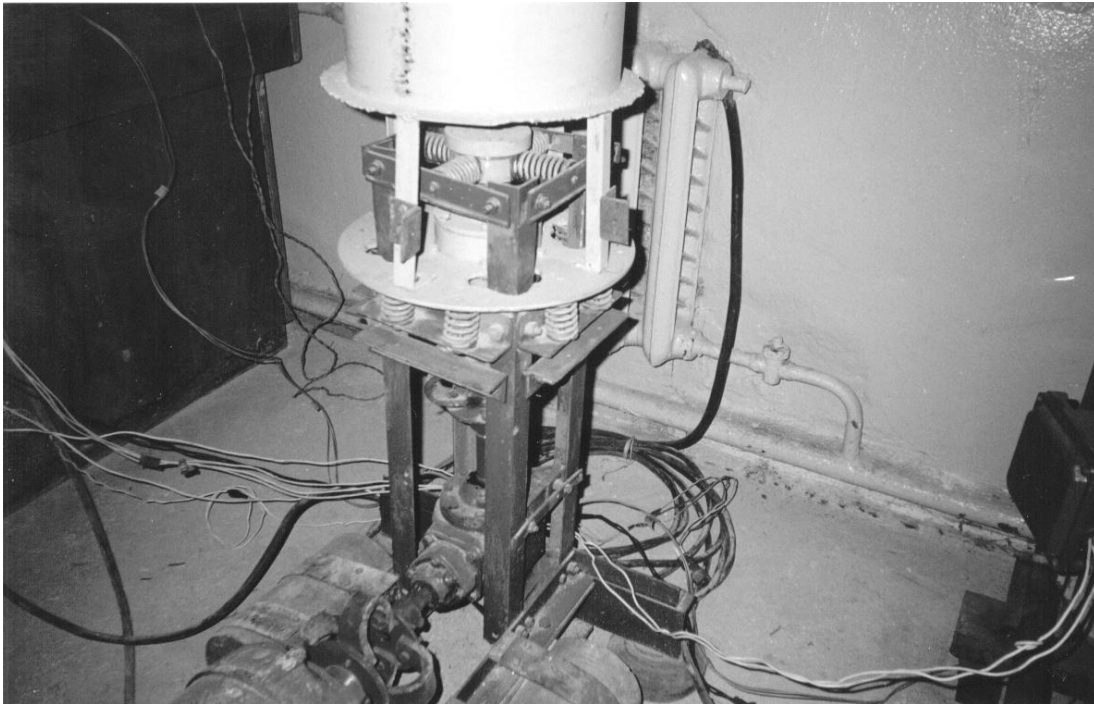


Рис. 5.б. Фотографія приводу

Рис. 5. Схема вібропривода грохоту:

а – принципова схема приводу:

1– сито; 2 – платформа; 3 – опорна пружина; 4 – приводний вал;

5 – втулка; 6 – підшипниковий вузол; 7 – електродвигун;

8 – пасова передача; 9 – противага;

б – фотографія приводу

Вібробудувач даного грохоту містить привод вертикального вала 4 (рис. 5) із установленою на ньому втулкою 5, що кінематично зв'язана із сепаратором через підшипники 6. Втулка розміщена на валу з ексцентриситетом, а також має зовнішню поверхню у вигляді циліндра, вісь якого складає з віссю вала 4 гострий кут θ , дозволяючи реалізувати просторовий коливальний рух, причому:

$$\theta = \arctg \frac{A_z}{R}, \quad (3)$$

де A_z - амплітуда вертикальної складової коливань грохота;

R - радіус основного жолоба.

Привод вала 4 здійснюється від електродвигуна 7 через пасову передачу 8. Внутрішні кільця радіально-упорних підшипників 6 напесовують на втулку 5. Зовнішні обойми підшипників 6, а разом з ними фланці сепаратора не повертаються, а тільки переміщуються в радіальному і вертикальному напрямках. Особливістю такого вібропривода є те, що в горизонтальній площині зовнішні обойми підшипників, фланці і сепаратор у цілому здійснюють гіраційний рух, тобто поступальний круговий рух з радіусом, рівним величині ексцентриситету

внутрішньої поверхні втулки щодо осі обертання вала 4. Пружини 3, закріплені одним кінцем у нерухомій опорі, обмежують поворот сепаратора щодо власної осі. Крім того, оскільки вісь зовнішньої поверхні втулки нахилена щодо осі її поверхні на кут θ , то зовнішні обойми підшипника здійснюють коливальний рух у вертикальній площині.

Сепаратори з вібровідцентровим приводом. Одним із ефективних способів підвищення продуктивності обробки в умовах вібраційного поля є збільшення енергетичного потенціалу робочого простору шляхом надання виконавчим органам машини декількох технологічних рухів, зокрема вібраційного та відцентрового. Технологічні особливості зумовили переваги застосування вібровідцентрового приводу в машинах для грохочіння сипучої продукції.

Розроблені конструкції вібраційно-відцентрових сепараторів дозволяють разом з підвищенням енергоємності силового поля реалізувати процес розділення сипучої маси на потрібну кількість фракцій [9,10].

Запропоновано вібропланетарний сепаратор [11,16], який має два барабани-сита 5, 6 (рис. 6) на підшипникових вузлах валів 14,15; центрально змонтовані динамічні вібробудувачі з незрівноваженими масами



8,9 та два приводні механізми, що надають виконавчим органам машини вібраційний та планетарний рух відповідно від електродвигунів 1 і 2.

Віброфільтруючі машини. Фільтрування, тобто гідро- або пневмомеханічний процес розділення неоднорідних систем при перепусканні їх через середовище, що затримує дисперсну фазу, набув широкого поширення на підприємствах харчових і переробних виробництв, зокрема для відокремлення залишку від сатураційних соків та для очищення сиропів у цукровому виробництві, для відділення дробини від суслу та отримання освітленого продукту при

виробництві пива, для фільтрування кислого середовища при гідролізі пепсину, для попереднього відокремлення вишкварку від жироводяної суміші тощо. Різновиди апаратів для реалізації даного процесу визначаються особливостями дії рушійної сили при фільтруванні, періодичністю складових технологічного циклу, фізико-механічними властивостями неоднорідної системи тощо. Продуктивність фільтрів пропорційно зростає із збільшенням силової дії, проте надто інтенсивний технологічний рух може привести до недопустимої втрати частини дисперсійної фази.

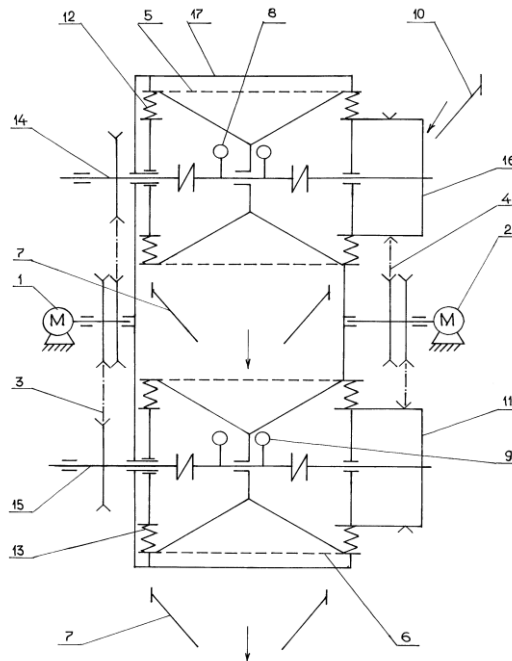


Рис. 6. Вібропланетарний сепаратор:

1, 2 – приводні двигуни; 3, 4 – пасові передачі; 5, 6 – ситові барабани; 7, 10 – напрямні; 8, 9 – незрівноважені елементи; 11, 16 – робочі контейнери; 12, 13 – пружні елементи; 14, 15 – опорні вузли; 17 – корпус машини

Зона вібраційної дії в даних апаратах може обмежуватись або фільтруючою поверхнею, або поверхнею корпусу машини, а також може розповсюджуватись по всьому технологічному просторі, вирішуючи різноманітні технологічні функціональні задачі.

Найбільш поширеною у вібраційних фільтрах є дія вібрації безпосередньо на фільтруючу поверхню.

Внаслідок вібрації фільтруючого елемента одного з таких пристроїв [12] виникають відцентрові сили, які діють на частинки твердої фази, що дозволяє збільшити продуктивність фільтра та ефект очищення внаслідок забезпечення безперервної регенерації мікросітки при більш високих швидкостях рідини.

Застосування пакету фільтруючих елементів, що приводиться до коливального руху від окремих електромагнітних віброзбуджувачів [13,16], дозволяє збільшити амплітуду коливань виконавчих органів фільтра з можливістю регулювання параметрів вібрації. Регенерація фільтруючої поверхні в даному фільтрі відбувається за рахунок її коливань при одночасній дії перепаду тиску в безперервному режимі.

У Вінницькому державному аграрному університеті набув розвиток принципово новий шлях вдосконалення конструктивних схем вібраційних технологічних машин, який полягає у пошуку раціональних схем механічних віброзбуджувачів. Реалізація у



вібраційному фільтрі механічного комбінованого способу віброзбудження, що поєднує елементи динамічного та кінематичного методів генерації вібрацій, представлена на рис. 7. В даному апараті має місце центральне розташування джерела вібрації у вигляді ексцентрикового вала 2, що майже виключає утворення "застійних зон" у робочому контейнері 1. Наявність пружних підпор 13 валу 2 дозволяє істотно поліпшити динамічні умови опорних вузлів.

Проведений аналіз відображає

основні конструктивні та технологічні напрямки вдосконалення схем вібраційних фільтрів (рис. 8), серед яких можна відзначити особливості конструкції фільтруючого елементу та органу віброзбудження, напрямок та особливості основного технологічного впливу, широту функціонального призначення апаратів. Проведений аналіз машин для розділення неоднорідних мас сировини дозволив відзначити наступні засоби підвищення ефективності даних процесів та машин для їх реалізації (рис. 9).

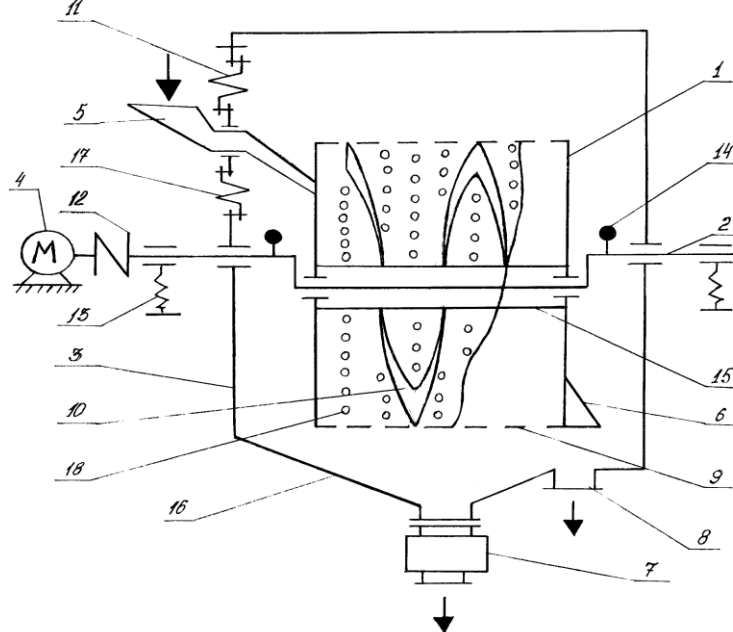


Рис. 7. Фільтр з комбінованим механічним віброзбудженням плоских коливань виконавчих органів:

1 – корпус робочого контейнера; 2 – приводний вал віброзбуджувача; 3 – кожух; 4 – електродвигун; 5, 6 – патрубки відповідно подачі продукції, відведення фільтрату та залишку; 7 – ротаційний насос; 9 – фільтруюча поверхня; 10 – спіральні напрямні; 11, 17 – пружні елементи кожуха; 12 – пружна муфта; 13 – пружні опори; 14 – протизвага; 15 – втулка; 16 – конічне днище; 18 – перфорації



Рис. 8. Основні засоби вдосконалення конструктивних та технологічних схем вібраційних фільтрів

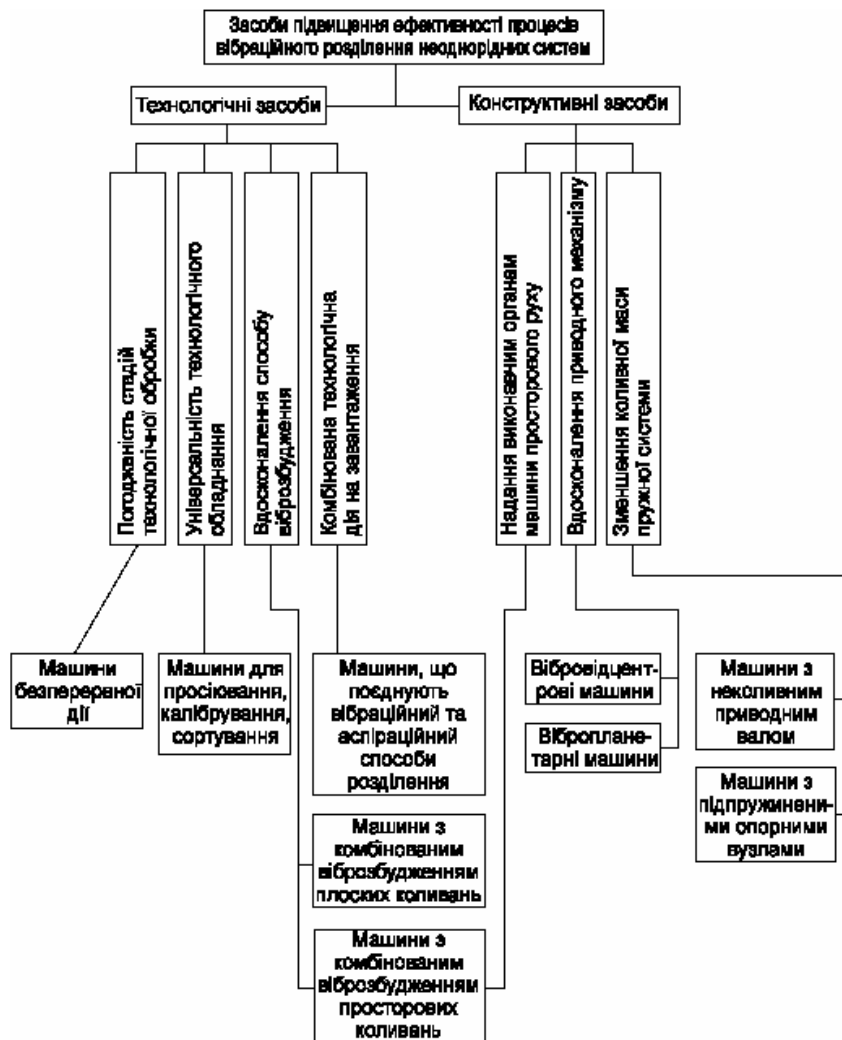


Рис. 9. Засоби підвищення ефективності процесів вібраційного розділення неоднорідних систем

Висновок. Унікальні можливості вібраційного поля, а саме ефективні розділення, руйнування, розпушування, ущільнення та інші властивості обґрунтовують перспективність застосування вібраційних приводів для машин переробних і харчових виробництв.

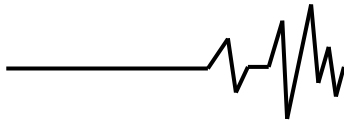
Проведено аналіз процесів розділення в умовах вібраційного технологічного поля та визначено основні перспективи розвитку технологічних та конструктивних схем вібраційних машин механічної дії.

Представлені схеми вібророздільних машин дозволили ефективніше використовувати живий переріз ситової поверхні, розширити ступінь вимірності вібраційної дії, що було втілено у конструкціях просіювальних машин з механічним комбінованим вібробуджувачем, з приводом просторових коливань, з вібропланетарним приводом; фільтра та

пресуючих машин з комбінованим кінематичним вібробудженням.

Список використаних джерел

1. Варсанюфьев В.Д. Вибрационные бункерные устройства на горных предприятиях. –М.: Недра, 1984. –183 с.
2. Гончаревич И.Ф., Вибрационная техника в пищевой промышленности / И.Ф. Гончаревич, Н.Б. Урьев, М.А. Талейсник// -М.: Пищевая промышленность. - 1977. – 278 с.
3. Конструирование и расчет машин химических производств: учебник для машиностроительных вузов по специальности «Химическое машиностроение и аппаратостроение» / Ю.И. Гусев, И.Н. Карасев, Э.Э. Кольман-Иванов и др. –М.: Машиностроение, 1985. –308 с.
4. А.с. № 303092 СССР. Гидродинамический вибратор / Ю.И.



Самченко // Бюл. изобр. –1971. -№ 16.

5. А.с. № 742116 СССР. Машина для вибрационной обработки деталей / В.А. Повидайло, Б.Д. Белоус // Бюл. изобр. –1980. -№ 23.

6. Ферри Дж. Вязкоупругие свойства полимеров / Пер.с англ.-М.: Изд-во иностр. лит-ра, 1963.-535с

7. А.с.869848 СССР. Вибрационно-центробежный сепаратор/ Д.И. Мазоренко, В.Ф. Ридный, Л.Н. Тищенко // Бюл. изобр. – 1981. - №37.

8. Берник П.С., Паламарчук И.П., Омелянов О.Н. Разработка вибрационного грохота с пространственными колебаниями рабочих органов // Вибрации в технике и технологиях.– 1998.– № 2(6). –С. 8-13.

9. А. с. 1535650 СССР. Вибрационно-центробежный сепаратор/ Л.Н. Тищенко, С.В. Проценко// Бюл. изобр. – 1990. - №2.

10. А. с. 1627278 СССР. Вибрационно-центробежный сепаратор/ П.М. Заика, А.В. Богомолов, В.М. Лукьяненко, И.Д. Харук// Бюл. изобр. – 1991. - №6.

11. Паламарчук И.П. Розвиток конструктивних схем сепараторів сипучої продукції з вібровідцентровим приводом технологічного руху / І.П. Паламарчук, В.М. Бандура, О.М. Омелянов// Вибрации в технике и технологиях.– 2001.– №3(19). – С. 80-86.

12. Ильюшин А.А. Механика сплошной среды.–М: Высшая школа.–1985.– 160 с. А.с. № 858874 СССР. Фильтр для очистки воды / Р.М. Молодид, О.В. Екатов, А.Ж. Консетьев, С.В. Жаров // Бюл. изобр. – 1981. -№ 32.

13. А.с. № 1463635 СССР. Устройство для разравнивания и уплотнения сыпучего материала в цилиндрических емкостях / А.Г. Рувинский, Н.Д. Подвезников // Бюл. изобр. – 1989. -№ 9. А.с. № 876430 СССР. Устройство для формирования изделий из бетонных смесей / В.И. Гуйтур // Бюл. изобр. –1981. -№ 40.

14. Гончаревич И.Ф. Теория вибрационной техники и технологии / И.Ф. Гончаревич, К.В. Фролов//–М.: Наука, 1981 . – 320 с

15. Котов Б.І. До теорії інтенсифікації просіювання зернових матеріалів у віброрешітних сепараторах / Б.І. Котов, А.В. Спирін., С.П. Степаненко // Вибрации в технике и технологиях.–2017.– № 2(85). – С. 9-15.

16. Берник П.С. Вибрационные технологические машины с пространственными колебаниями рабочих органов / П.С. Берник., Л.В. Ярошенко //

Винница, издательский центр ВГСХИ. – 1998. – 116 с.

References

1. Varsanof'ev V.D. (1984) Vibracionnyye bunkernyye ustrojstva na gornyyh predpriyatiya [Oscillation bunker devices on mountain enterprises] [in Russian].

2. Goncharevich I.F. & Ur'ev N.B. & Talejsnik M.A. (1977) Vibracionnaya tekhnika v pishchevoj promyshlennosti [An oscillation technique is in foodindustry] [in Russian].

3. Gusev Yu.I. & Karasev I.N. & Kol'man-Ivanov E.E. (1985) Konstruirovaniye i raschet mashin himicheskikh proizvodstv: uchebnik dlya mashinostroitel'nyh vuzov po special'nosti «Himicheskoe mashinostroeniye i apparatostroeniye» [Constructing and calculation of machines of chemical productions : textbook for machine-building institutions of higher learning on speciality the "Chemical engineer and apparatus building"] [in Russian].

4. Samchenko Yu.I. (1971) Gidrodinamicheskij vibrator [Hydrodynamic vibrator] [in Russian].

5. Povidajlo V.A. & Belous B.D. (1980) Mashina dlya vibracionnoj obrabotki detalej [Machine for oscillation treatment of details] [in Russian].

6. Ferri Dzh. (1963) Vyazkouprugie svoystva polimerov [Viscoelastic properties of polymers] [in Russian].

7. Mazorenko D.I. & Ridnyj V.F. & Tishchenko L.N. (1981) Vibracionno-centrobeznyj separator [Oscillation-centrifugal separator] [in Russian].

8. Berynk, P.S., Palamarchuk, I.P., Omelyanov O.M. (1998). Razrabotka vibratsionnogo grohota s prostranstvyennymi kolebaniyamy rabochyh organov [Development of a vibrating screen with spatial oscillations of working organs] [in Russian].

9. Tishchenko L.N. & Procenko S.V. (1990) Vibracionno-centrobeznyj separator [Oscillation-centrifugal separator] [in Russian].

10. Zaika P.M. & Bogomolov A.V. & Luk'yanenko V.M. & Haruk I.D. (1991) Vibracionno-centrobeznyj separator [Oscillation-centrifugal separator] [in Russian].

11. Palamarchuk, I.P., Bandura, V.M., Omelyanov O.M. (2001). Rozvytok konstruktyvnykh skhem separatoriv sypuchoi produktzii z vibrovitdzentrovym pryvodom tekhnologichnoho rukhu [Development of structural schemes of bulk product separators with vibration center drive technology] [in Ukrainian].



12. Il'yushin A.A. (1985) Mekhanika sploshnoj sredy [Mechanics of continuous environment] Molodid R.M. Ekotov O.V. Konset'ev A.Zh. Zharov S.V. (1985) Vysshaya shkola [Higher school] [in Russian].

13. Ruvinskij A.G. & Podveznikov N.D. (1981) Ustrojstvo dlya razravnivaniya i uplotneniya sypuchego materiala v cilindricheskikh emkostyah [Device for making even and compression of friable material in cylindrical capacities] [in Russian].

14. Goncharevich, I.F. (1981). Teoriya vibratsionnoye tehniki i tehnologii [The theory of vibration technique and technology] Moskva: Nauka [in Russian]

15. Kotov, B.I., Spirin, A.V., Stepanenko, S.P. (2017). Do teoriiy intensyfikatsiyi prosiyuvannya zernovyh materialiv u vibroreshitnyh separatorah [The theory of intensification of sifting of grain materials in vibration separators] [in Ukrainian].

16. Bernyk, P.S. & Yaroshenko, L.V. (1998). Vibratsionnyye tehnologicheskiye mashyny s prostranstvyennymi kolebaniyamy rabochyh organov [Vibrating technological machines with spatial oscillations of working bodies]. Vinnytsya.: VNAU [in Ukrainian].

ПЕРСПЕКТИВЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ВИБРАЦИОННОГО РАЗДЕЛЕНИЯ

В статье рассматривается универсальность вибрации. Она является наиболее эффективным общим средством управления динамическим состоянием перерабатываемого сырья при реализации различных технологических задач в различных дисперсных системах. Проведенный анализ позволяет нам предложить возможные решения по использованию вибрационного поля для процессов разделения и наметить перспективы его применения.

Ключевые слова: виброразделение, вибрационный грохот, механические колебания, вибрационное поле.

PERSPECTIVES FOR IMPLEMENTATION OF VIBRANCIAL DEVELOPMENT PROCESSES

The article considers the universality of vibration. It is the most effective overall means of controlling the dynamic state of processed raw materials in the implementation of various technological tasks in various disperse systems. The analysis made allows us to propose possible solutions to use the vibration field for separation processes and to outline the prospects for its application.

Keywords: vibration separation, vibration separator, mechanical vibrations, vibration field.

Відомості про авторів

Омельянов Олег Миколайович – асистент кафедри загальнотехнічних дисциплін та охорони праці Вінницького національного аграрного університету. Службова адреса: (м. Вінниця, вул. Сонячна 3, ВНАУ 21008, omomelyanov@gmail.com)

Омельянов Олег Николаевич – асистент кафедри общетехнических дисциплин и охраны труда Винницкого национального аграрного университета. Служебный адрес: (г. Винница, ул. Солнечная 3, ВНАУ 21008, omomelyanov@gmail.com)

Omelyanov Oleg Mykolaovich – Assistant of the Department of General Technical Disciplines and Occupational Safety of Vinnitsa National Agrarian University, service address: (Vinnitsa st. Sonyachna 3, VNAU 21008, omomelyanov@gmail.com)