



Паламарчук І. П.

Липовий І. Г.

Янович В. П.

*Вінницький
державний
аграрний
університет*

УДК 621.921

РОЗВИТОК КОНСТРУКТИВНИХ СХЕМ ВІБРОВІДЦЕНТРОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ СИРОВИНИ

В статье проведен обзор конструктивных схем вибрационно-центробежных машин, на основе которых было разработано многофункциональное вибрационное оборудование комбинированного действия.

The review of structural charts of oscillation-centrifugal machines which the oscillation equipment with few of function of the combined action was developed on the basis of is conducted in the article.

Вступ

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. Такі приводи для реалізації означених рухів набувають широкого розповсюдження в технологічних машинах переробного сільськогосподарського виробництва для реалізації процесів перемішування, подрібнення, розділення неоднорідних систем та інших, викликаючи ефект як насиченого ударного імпульсу, так і поліпшення умов взаємодії часток технологічного середовища. Поеднання даних віброзбуджувачів зумовлює придатність застосування вібровідцентрового приводу в машинах для здійснення операцій відтискування та змішування у великому об'ємі сировини переробних і харчових виробництв.

Викладення основного матеріалу

Ряд конструкцій вібраційно – відцентрових сепараторів було розроблено у Харківському національному технологічному університеті сільськогосподарства під керівництвом П.М. Заїки. Так сепаратор з вертикально розташованим циліндричним

ситом [1] містить привод вертикальних лінійних коливань та окремих привод обертового руху, що надається робочому барабану через пасову передачу. Сипуча продукція з живильника 10 (рис.1) надходить на решето 1, де комбінована дія вібраційного та обертового руху спонукає часткам завантаження западати в отвори сита. При цьому більш коротке насіння проходить скрізь отвори, а більш довге впирається в рухому стрічку 2, переміщується разом з нею та утримується в такому положенні, поки зазор між стрічкою та решетом не набуде сприятливого для їх проходження розміру. Це дозволяє разом з підвищенням енергоємності силового поля поліпшити процес самомортуння при розділенні сипучої маси на потрібну кількість фракцій.

Також можна відзначити серію вібровідцентрових сепараторів, розроблених в українському головному науково – дослідницькому інституті механізації та електрифікації сільськогосподарства. Одна з найбільш досконалих машин [2] містить вертикальний циліндричний барабан 7 (рис.2) з ситовою поверхнею, основний 4 та додатковий ротор 17 з шарнірно вмонтованими на ньому частинами 16, приводи обертового та вібраційного руху, пристрої для рівномірного розподілу продукції по ситовій поверхні.

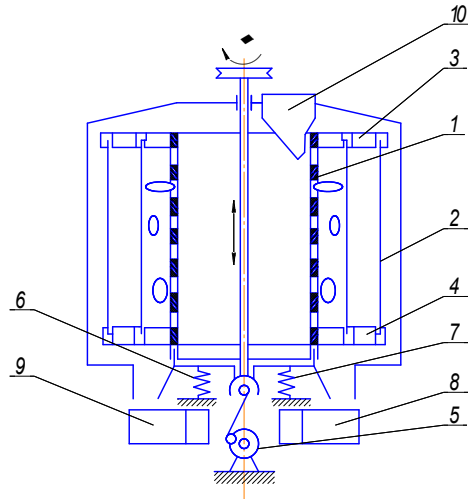


Рис. 1. Вібровідцентровий сепаратор з гнучким елементом для розділення фракцій:
1 – циліндричне сито; 2 – еластична стрічка; 3, 4 – напрямні стрічки; 5 – вібропривод; 6, 7 – пружні елементи; 8, 9 – прийомними фракцій; 10 – патрубок живильника

При цьому обертовий рух надається обидвом роторам машини, тому очисники 16, що встановлені на висоті ротора в місцях вилучення фракцій продукції, перекочуються по поверхні сита без відриву та забезпечують ефективне очищення отворів. Диски 18

сприяють відведенню фракцій за межі кожуха 21. В машині також передбачена аспіраційна система очищення матеріалу у вигляді відцентрово – пневматичної віялки 12 з сепаруючим каналом 13 та повітропроводами.

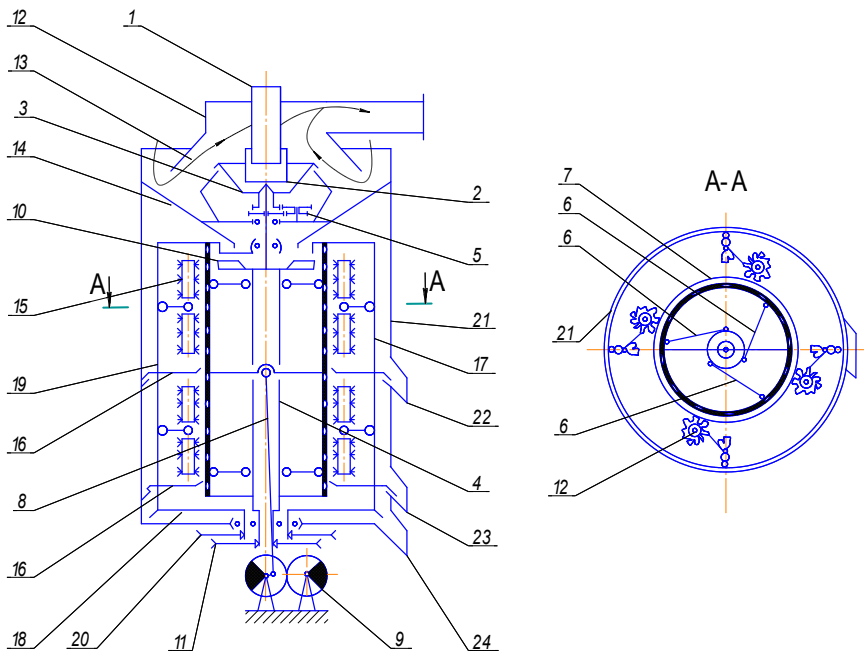


Рис. 2. Вібровідцентрова зерноочисна машина з примусовим очищенням ситової поверхні:
1 – завантажувальний бункер; 2 – циліндрична засувка; 3 – конічний розкидач; 4 – ротор; 5 – редуктор; 6 – важільно – шарнірні підвіски; 7 – циліндричне сито; 8 – шатун; 9 – само балансний віброзбудувач; 10 – дисковий розкидач; 11, 20 – шків; 12 – відцентрово – пневматична віялка; 13 – сепаруючий канал; 14 – конус; 15 – аспіраційний патрубок; 16 – очисники; 17 – стійки; 18 – диски; 19 – додатковий ротор; 21 – кожух; 22, 23, 24 – лотки

Умови для поліпшення контакту матеріалу продукції з ситовою поверхнею створені у вібровідцентровій машині [3], що відзначається наявністю розеток 13, 14, 17



(рис.3) лопатів 16, 18, 19, які забезпечують три рівня подачі сипучої маси до ситового барабану. Означені рівні можна змінювати за рахунок зміни положення розеток 14 і 17 на валу 2 відносно розетки 13. При цьому нижня розетка виконується неперфорованою, а решта має отвори, сумарна площа яких більша у вище розташованій. Таке конструктивне виконання означених елементів машини дозволяє підвищити продуктивність її внаслідок розширення зони контакту матеріалу з поверхнею ситового барабана.

Таким чином, вдосконалення означених вібраційно – відцентрових машин реалізується шляхом створення сприятливих умов для використання живого перерізу сит, поліпшення якості та продуктивності обробки при застосуванні аспіраційних методів покращення умов експлуатації та обслуговування машини, зокрема її виконавчих органів. У Вінницькому державному аграрному університеті набуло розвитку застосування такого способу підвищення ефективності обробки як вібраційно – планетарного.

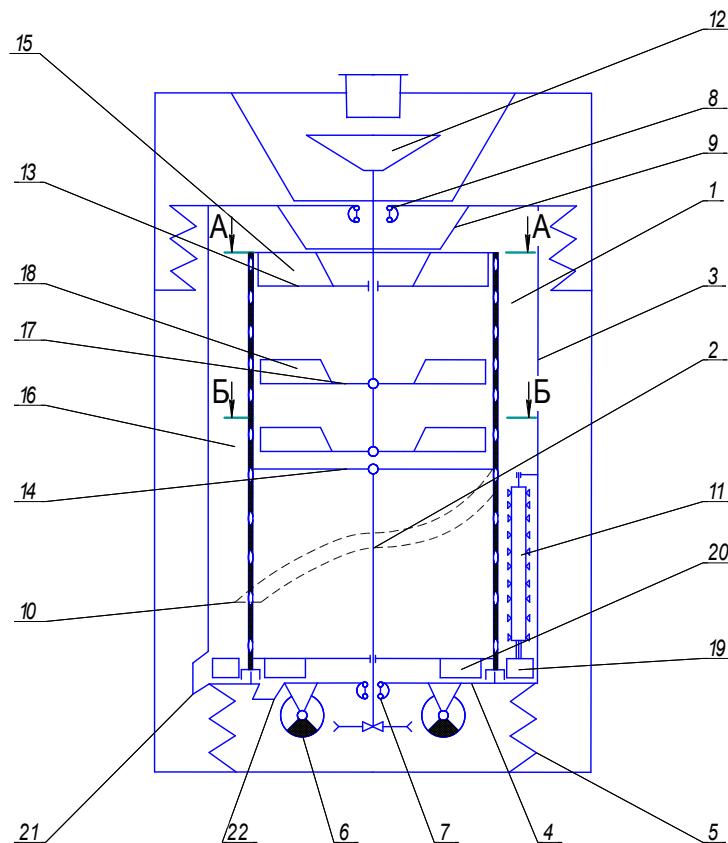


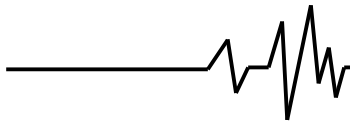
Рис. 3. Вібровідцентрова просівальна машина:

1 – ситовий барабан; 2 – вал; 3 – кожух; 4 – днище; 5 – пружні опори; 6 – електромагнітні вібробудувачі; 7, 8 – підшипникові опори; 9 – кришка; 10 – скати; 11 – очисники; 12 – розкидач; 13, 17 – перфоровані розетки; 14 – неперфорована розетка; 15, 16, 18, 19, 20 – лопаті; 21, 22 – патрубки для прохідної та непрохідної фракцій

Для реалізації даного способу пропонується вібропланетарний сепаратор, що містить два ситових барабани 5, 6 (рис.4), які опираються на підшипникові вузли 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, 2. Пружні елементи 12, 13 та центральне розташування приводного механізму

зумовлюють залучення до колового коливального руху тільки ситові поверхні барабанів 5, 6, що значно зменшує масу коливних частин машини та відповідно витрати потужності на привод. Крім того, наявність двох ситових контейнерів за компактною кінематичною схемою дозволяє збільшити продуктивність технологічної машини.

Таким чином, вібропланетарний спосіб обробки як розвиток вібраційно – відцентрового способу дозволяє підвищити енергетичний



потенціал технологічного завантаження за рахунок більш інтенсивного робочого руху та створює можливість для підвищення продуктивності машини.

для підвищення

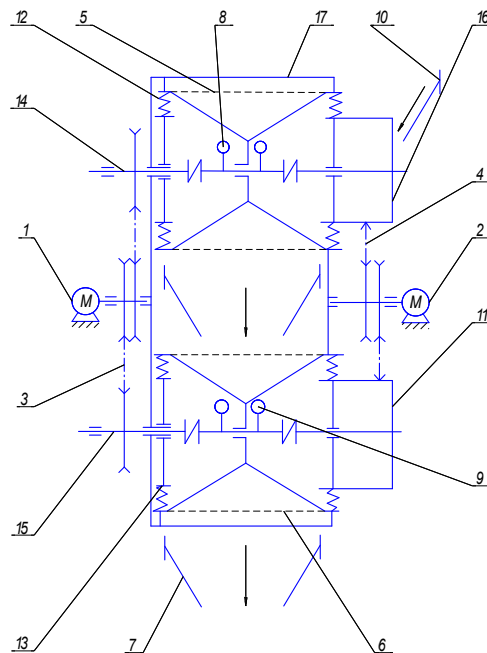


Рис. 4. Вібропланетарний сепаратор:

**1, 2 – електродвигун; 3, 4 – клинопасові передачі; 5, 6 – ситові барабани;
7, 10 – розвантажувальний та завантажувальний бункери; 8, 9 – дебаланси;
11, 16 – приводні колеса; 12, 13 – пружні елементи; 14, 15 – вали; 17 – кожух**

Найбільш простими за конструктивним виконанням серед машин з вільним кінематичним зв'язком у масі технологічного середовища є галтовочні пристрої, розробкою та вдосконаленням яких займалися відомі фірми "Roto-Finish" (США), "Tipton MFG Corporation" (Японія), "Rosier", "Fibra Finish" (Німеччина) та інші.

Барабани галтовочних машин виготовляються циліндричними або багатограними: можуть бути перекидними або зі змінним кутом нахилу, що забезпечує покращення завантаження та вивантаження деталей та наповнювача. При обертанні робочої ємкості під дією відцентрової сили твердий наповнювач обтікає поверхні деталей, що призводить до необхідного механічного впливу. В установках із планетарним обертанням барабанів (рис. 5, 6) технологічне завантаження зазнає дії відцентрових та коріолісових сил, в результаті чого робоча суміш переміщується у вигляді ковзного шару, в якому відбувається інтенсивна взаємодія у технологічній масі.

Вдосконалення галтовочних установок йде шляхом заміни крупних барабанів серіями більш дрібних, які мають загальний або індивідуальний привод в залежності від об'єму робочої ємкості. Ефективність обробки при цьому значно підвищується через зменшення "мертвих" зон, що характерно для барабанів звичайного типу.

Підвищення інтенсифікації процесу обробки досягають в установках типу "Осронаут", розроблених фірмою "Металгезельшафт" (Німеччина). Робоча частина даної машини являє собою барабан із вертикальною віссю обертання, в якому бічні стінки трохи розширюються доверху, а днище виконано у формі зрізаного конуса. При обертанні барабана з частотою 150-300 об/хв. частки технологічного середовища під дією відцентрових сил відкидаються до центру барабану, втрачають швидкість, після чого цикл обробки повторюється. Подібні машини використовуються тільки для операцій полірування та шліфування.

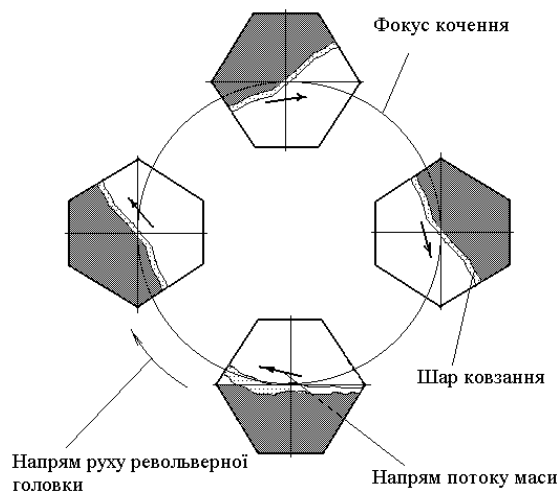
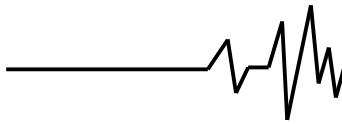


Рис. 5. Схема руху барабанів галтовочної машини фірми "Туптон VIBRON CLR"

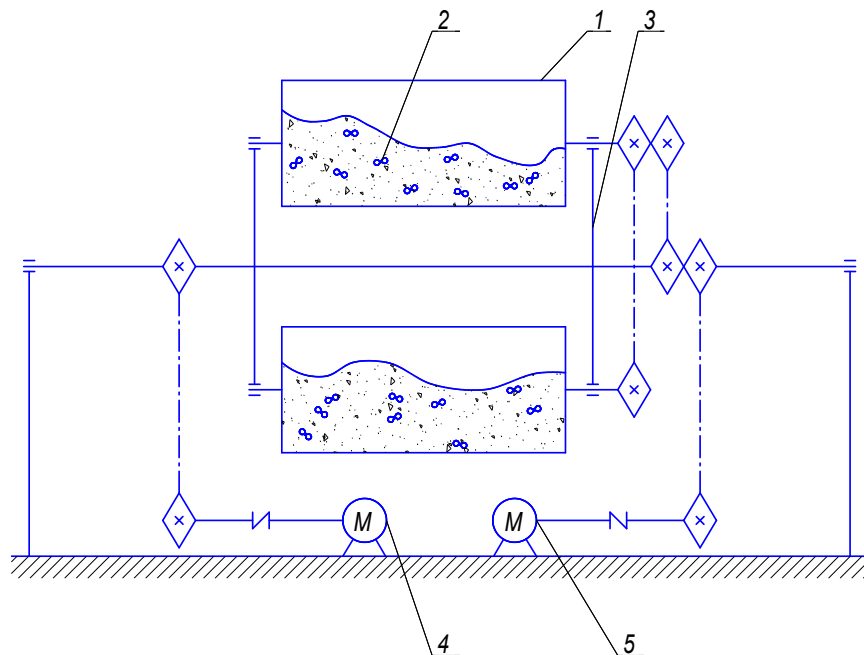
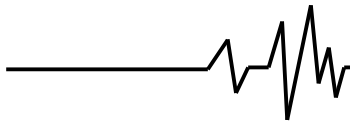


Рис. 6. Принципова схема галтовочної машини планетарного типу:
1 – робочий контейнер; 2 – продукція; 3 – водило; 4 – двигун приводу вала; 5 – двигун
приводу контейнера

Більш високу продуктивність обробки отримують у відцентрових установках завдяки контактному тиску, що створюється відцентровими силами та перевищує до 25 разів власну масу завантаження. Це досягається розташуванням барабанів по периферії ротора, що обертаються в протилежному барабанам напрямі. Як правило, такі машини виготовляються з двома барабанами, об'єм кожного складає від 25 до 50 л. Але відомі також багатобарабанні

установки, які розраховані на загальне навантаження 60 л.

Підвищення інтенсифікації віброобробки досягається при застосуванні полічастотних вібраційних машин. Так, відома вібраційна машина (рис.7) яка містить контейнер 1, який через тягу з'єднаний з ексцентриковим приводом. Між приводом та контейнером установлений планетарний механізм, що надає робочій ємкості пелюсткової траєкторії. За рахунок збільшення різниці швидкостей



переміщення і тиску між частками [4] робочого середовища 2 поліпшуються якісні показники

вібраційної обробки.

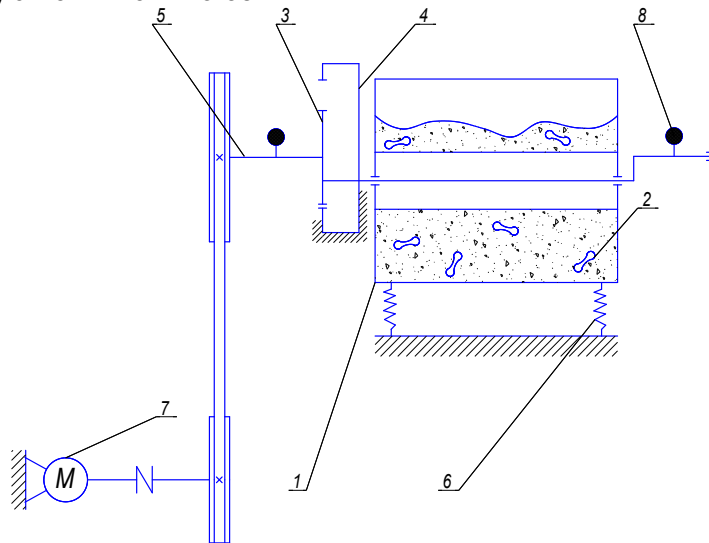


Рис. 7. Принципова схема вібромашини, що створює пелюсткову траєкторію робочого контейнера:

- 1 - контейнер; 2 - продукція; 3 - сателіт; 4 - шестерня внутрішнього зачеплення; 5 - ексцентрикний вал; 6 - пружина; 7 - приводний двигун; 8 - протизвага

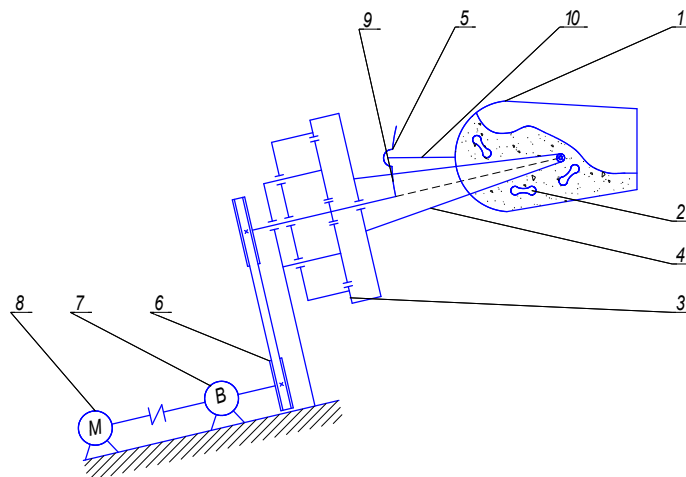


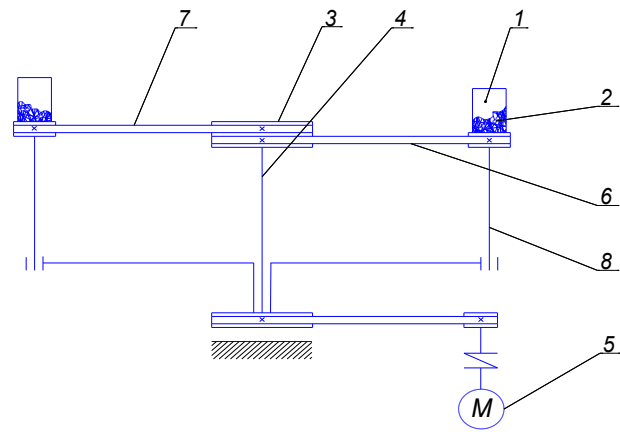
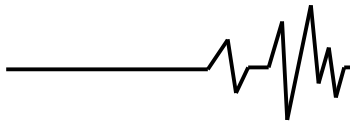
Рис. 8. Принципова схема вібровідцентрованої машини:

- 1 - контейнер; 2 - продукція; 3 - редуктор; 4 - вилка; 5 - шарнір; 6 - пасова передача; 7 - варіатор; 8 - приводний двигун; 9 - напрямна; 10 - водило

Установка для вібраційної обробки (рис. 8) гранульованим робочим тілом складає приводний механізм, мультиплікатор 7, редуктор 3 та з'єднану з ним вилку 4, пристрій для регулювання кутового положення робочої камери 1 відносно осі центрального валу. При цьому, з одного боку, електромеханічний привод через вилку 4 передає крутний момент до робочої камери, а з іншого - через водило 10 контейнер отримує кутові коливання відносно осі центрального валу.

В лабораторії автоматизації виробничих процесів ВДСГІ було розроблено декілька машин планетарного та вібропланетарного

типу. Найпростішою з них є планетарна машина (рис. 9), в якій робочі контейнери 1 змонтовані з можливістю обертання навколо власної осі, а також центральної осі 4 механізму. Розвитком даної схеми [5] установки відцентрованої дії є вібропланетарні машини, що є описані нижче. Дані установки мають по два приводи, які забезпечують створення планетарного та коливального руху робочих контейнерів з можливістю незалежного регулювання кутових швидкостей обертання контейнерів навколо власної осі та осі приводного валу.

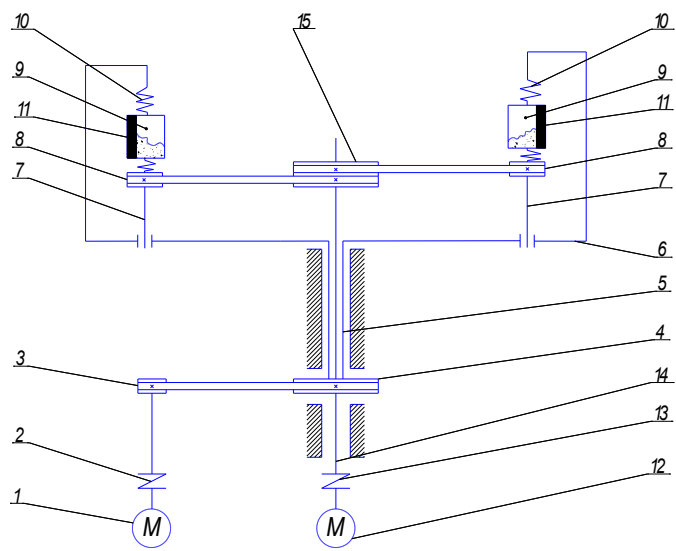


**Рис. 9. Принципова схема планетарної машини:
1 - контейнер; 2 - продукція; 3 - центральний шків; 4 - центральна вісь;
5 - приводний двигун; 6, 7-пасова передача; 8 - водило**

Привод 1 (рис. 10) іншої [6] вібропланетарної установки зумовлює обертання порожнистого валу 5 та водила 6. Разом з ними контейнери 9 будуть здійснювати рух навколо центральної осі та власних осей 7. Оскільки контейнери мають ексцентрично розташовані неврівноважені маси 11, то їх центр мас при обертанні буде зміщуватись відносно осі 7, що приводить до створення коливального руху робочої ємкості. При ввімкненні електродвигуна 12 через муфту 13 та центральний вал 14 за допомогою клинопасової передачі обертаний рух буде

передаватися на контейнери 9. Тоді останні здійснюватимуть обертання навколо осі 7 і колювання в горизонтальній площині. Якщо будуть працювати обидва електродвигуни, то робочі контейнери будуть здійснювати планетарний рух і крутильні колювання.

В цьому випадку також можливе незалежне регулювання кутових швидкостей обертання контейнерів 9 навколо центральної осі 14 і власних осей 7. Основні типи машин відцентрової дії, що використовують для здійснення даної обробки представлені у таблиці 1.



**Рис. 10. Принципова схема вібраційно-планетарної машини з плоскими колюваннями робочих органів:
1,12-приводні двигуни; 2; 13 - пружні муфти; 3, 8 - клинопасова передача;
4 - ведений шків приводу водила; 5 - порожнистий вал; 6 - водило; 7 - вал приводу контейнера; 9 - контейнер; 10- пружини; 11 - дебаланси; 14 - центральний вал;
15- центральний шків**

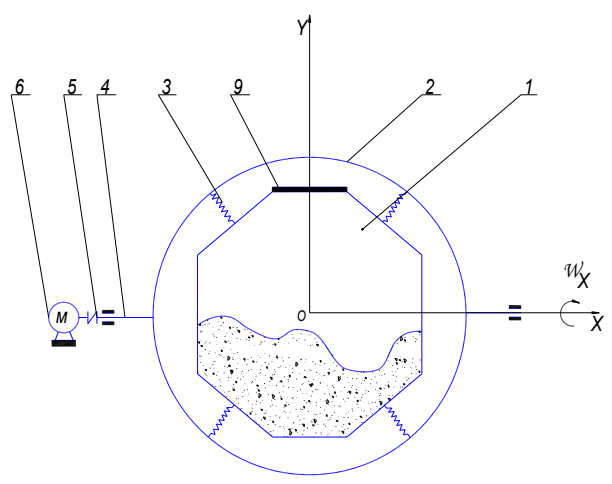
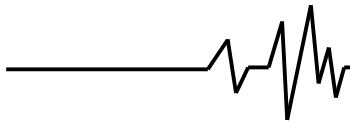


Рис. 11. Вібровідцентрова машина з однообертвим рухом

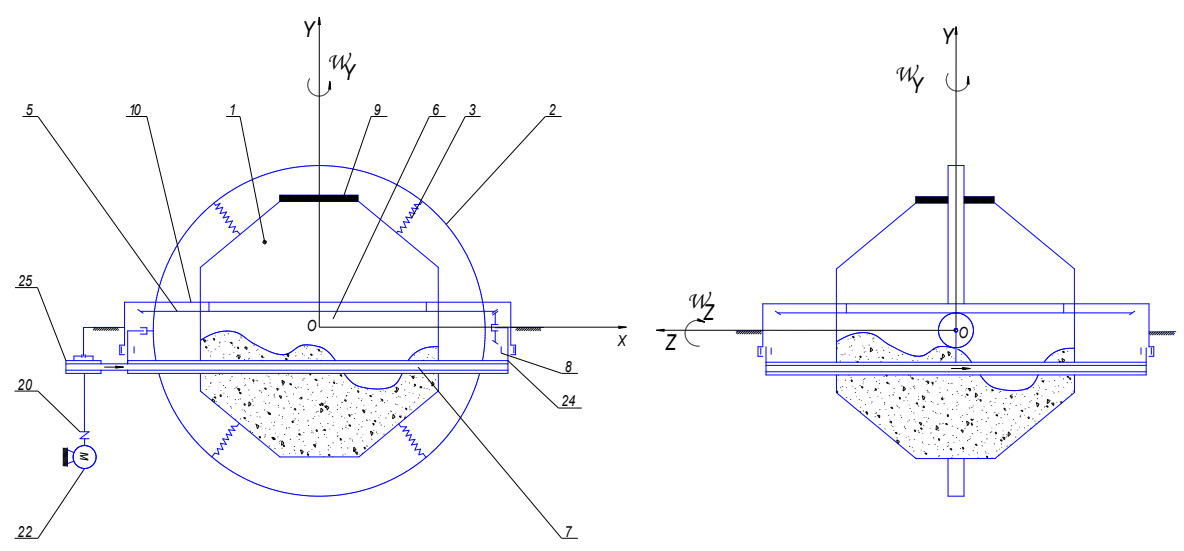


Рис. 12. Вібровідцентрова машина з двообертвим рухом

Привод 23 даної вібровідцентрової установки зумовлює обертання центрального валу, який в свою чергу жорстко зв'язаний з напрямним ободом та просторовим орієнтиром реверсних коліс. Це дає змогу залишатися в одній площині реверсним та орбітально-реверсним шківом при русі центрального валу навколо власної осі. Оскільки контейнер 1 має ексцентрично розташовані незрівноважені маси 9, то його центр мас при обертанні буде зміщуватись відносно осі 15, що приводить до створення коливального руху робочої ємкості. При ввімкненні електродвигуна 22 через муфту 20 за допомогою клинопасової передачі та порожнистого вала 17 обертовий рух передається до кінцевого зубчастого колеса 14, яке в свою чергу, з'єднуючись з кінцевими зубчастими колесами 12 та 13, надає їм

реверсивного руху відносно власної осі. Внаслідок жорсткого з'єднання кінцевих зубчастих коліс та шківів 11, 25 реверсний рух передається до орбітальних шківів 4, 24, які здійснюють обертання в напрямному ободі за допомогою напрямних роликів 8. Шків 4 жорстко з'єднаний з зубчастим колесом 5, що створює кінчну зубчасту передачу з зубчастим колесом 6, обертання якого призводить до руху навколо власної осі фіксуючого ободу контейнера. Даний обід має жорсткий зв'язок з шестернею 6. Оскільки шків 24 має фіксуючу вісь 26, на якій рухомо закріплені обід 2 та кінчне зубчасте колесо 6, то при здійсненні його обертання в напрямному ободі буде здійснюватися рух фіксуючого обода разом з шківом 24.

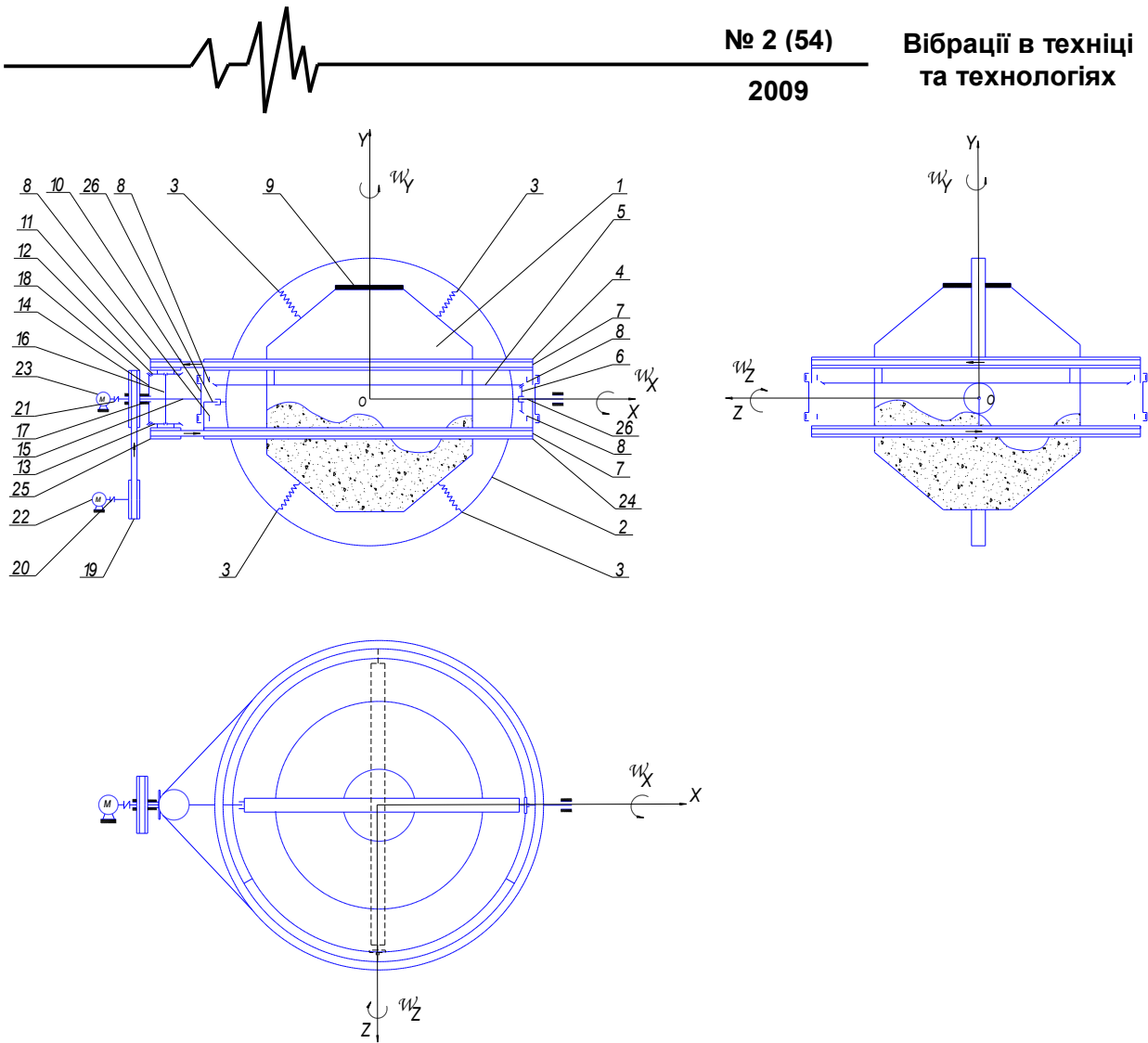
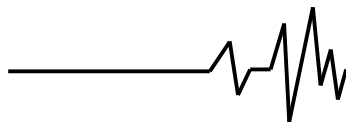


Рис. 13. Вібровідцентрова машина з триобертвовим рухом:
1 – контейнер; 2 – фіксуючий обід контейнера; 3 – пружні елементи; 4, 24 – орбітально – реверсні шківів; 5, 6, 12, 13, 14 – конічні зубчасті колеса; 7, 19 – клинопасова передача; 8 – напрямні ролики; 9 – дебаланси; 10 – напрямний обід; 11, 25 – реверсивні шківів; 18 – ведений шків; 15 – центральний вал; 16 – просторовий орієнтор реверсивних шківів; 17 – порожнистий вал; 20, 21 – пружні муфти; 22, 23 – приводні двигуни

Таблиця 1

Класифікація вібровідцентрових технологічних машин

№ п/п	Класифікаційна ознака	№ п/п	Тип технологічної машини
1	2	3	4
1		1.4	Машини для здійснення контакту у великому об'ємі
		1.5	Машини для перемішування
		1.6	Машини для відтискування
		1.8	Машини для відстоювання
		1.9	Колоїдні млини
2	Степінь механізації технологічного процесу	2.1	Частково механізовані
		2.2	Механізовані
		2.3	Автоматизовані
3	Рівень спеціалізації процесу обробки	3.1	Спеціальні
		3.2	Спеціалізовані
		3.3	Універсальні



Продовження таблиці 1

4	Періодичність технологічного циклу обробки	4.1	Періодичної дії
		4.2	Напівбезперервної дії
		4.3	Безперервної дії
5	Спосіб виконання технологічної дії	5.1	Галтовочні машини
		5.1.1	з галтовочним барабаном, який обертається
		5.1.2	з барабаном, який здійснює планетарний рух
		5.2	Гвинтові ротори
		5.3	Спеціальні відцентрові машини
		5.4	Вібраційні машини
		5.4.1	одночастотні
		5.4.2	полічастотні
		5.5	Вібраційні машини з комбінованою технологічною дією
		5.5.1	вібровідцентрові
		5.5.2	вібропланетарні
		5.5.3	віброімпелерні
		5.5.4	віброшпиндельні
6	Кількість незалежних технологічних рухів	6.1	Машини з однообертним рухом
		6.2	Машини з двообертним рухом
		6.3	Машини з триобертним рухом
7	Форма робочої камери	7.1	Машини з прямокутною робочою камерою
		7.2	Машини з кільцеподібною (тороїдальною) робочою камерою
		7.3	Машини із спіралевидною (тороїдально-гвинтовою) робочою камерою
		7.4	Машини із спеціальною формою робочої камери
8	Жорсткість робочої камери	8.1	Машини, із жорсткою робочою камерою
		8.2	Машини із частково гнучкою робочою камерою
		8.3	Машини із гнучкою робочою камерою
9	Характер нерівноваження силового поля	9.1	Машини із врівноваженою механічною системою
		9.2	Машини із силовою нерівноваженістю механічної системи
		9.2.1	при дії спрямованої змушуючої сили
		9.2.2	при дії кругової змушуючої сили
		9.2.3	при дії еліптичної змушуючої сили
		9.3	Машини з моментною нерівноваженістю механічної системи
		9.3.1	при дії кругового змушуючого момента
		9.3.2	при дії спрямованого змушуючого момента
		9.3.3	при дії еліптичного змушуючого момента
9.4	Машини з комбінованою нерівноваженістю механічної системи		
10	Характер руху робочого контейнера	10.1	Машини з обертним рухом робочого контейнера
		10.2	Машини з планетарним рухом робочого контейнера
		10.3	Машини з гіраційним рухом робочого контейнера
		10.4	Машини з вібраційним рухом робочого контейнера
		10.4.1	з кутовими коливаннями робочої ємкості
		10.4.2	з плоскими коливаннями контейнера
		10.4.3	з просторовими коливаннями контейнера
		10.5	Машини з комбінованим рухом виконавчих органів
		10.5.1	при поєднанні вібраційного і обертного руху контейнера
		10.5.2	при поєднанні вібраційного і планетарного руху контейнера
11	Особливості приводного механізму машини	11.1	Машини з силовим віброзбуджувачем
		11.1.1	з дебалансним віброприводом
		11.1.2	з планетарним віброприводом
		11.1.3	з самобалансним віброприводом
		11.2	Машини з кінематичним віброзбуджувачем
		11.2.1	з примусовим кінематичним віброприводом
11.2.2	з ексцентриковим приводом і пружним демпфером		



Закінчення таблиці 1

11	Особливості приводного механізму машини	11.2.3	з ексцентриковим приводом і частково пружним шатуном
		11.2.4	з ексцентриковим приводом і пружним шатуном
		11.2.5	з ексцентриковим приводом і пружним опорним вузлом
		11.3	Машини з комбінованим віброзбуджувачем
		11.4	Машини з електромагнітним приводом обертового руху

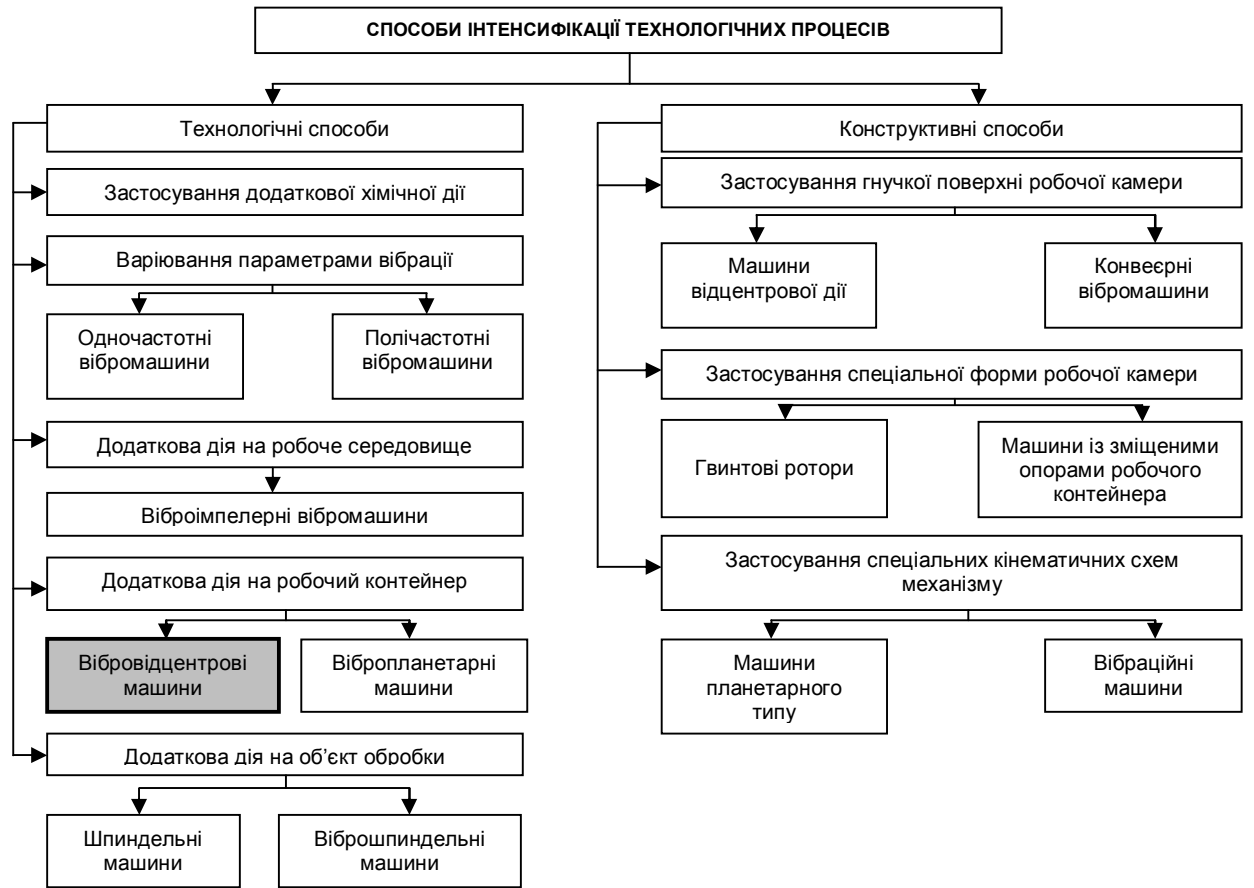


Рис. 14. Способи інтенсифікації технологічних процесів в машинах з вільним кінематичним зв'язком між деталями та робочим інструментом

Висновки

1. Проведений аналіз вібровідцентрових машин дозволив обґрунтувати конструктивні та технологічні схеми вібраційного обладнання комбінованої дії.
2. Розроблені віброзбуджувачі створюють просторовий вібраційний та три обертових рухи робочого контейнера у взаємно перпендикулярних площинах.
3. Представлені вібраційні машини можуть бути використані для реалізації операцій відтискування, перемішування та дроблення технологічних мас; оздоблювально-зачисної та зміцнювальної обробки деталей.

Література

1. А.с. 1627278 ССРСР. Вибрационно-центробежный сепаратор / П.М. Заика, А.В. Богомолв, В.М. Лукьяненко, И.Д.

Харук // Бюл. изобр. – 1991.-№6.
 2. А.с. 485784 ССРСР. Виброцентробежная зерноочистительная машина / Е.С. Гончаров, А.Н. Прилуцкий, Н.И. Волошин // Бюл. изобр. – 1975.-№36.
 3. А.с. 1546179 ССРСР. Виброцентробежная просеивающая машина / А.Ф. Прокопенко, Е.Л. Орлов, Л.А. Борискин, Е.А. Алабин, Ю.А. Лесик. // Бюл. изобр. – 1990.-№8.
 4. А.с. 1479140 ССРСР. Вибрационно-центробежный сепаратор / Л.Н. Тищенко, Д.И. Мазоренко, С.В. Проценко, Н.В. Солоновський // Бюл. изобр. – 1989.-№18.
 5. П.С.Берник., І.П.Паламарчук, І.Г.Липовий. Развитие конструктивных та технологічних схем машин для обробки виробів в умовах вільного кінематичного зв'язку між деталями та робочим інструментом / Вибрации в технике и технологиях. 1998, №2, с. 21-29.