

**Купчук І.М.**

к.т.н., старший викладач

**Вінницький національний
аграрний університет****Kurchuk I.****Vinnitsia National Agrarian
University****УДК 62-868.6****ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ
КОНСТРУКТИВНИХ СХЕМ
ВІБРАЦІЙНИХ ПРИВОДІВ
ТРАНСПОРТНИХ ТА
ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН АПК**

Серед основних шляхів інтенсифікації технологічних операцій, що застосовуються в АПК (агропромислового комплексу), одним із найбільш перспективних можна відзначити застосування низькочастотних коливань, а дослідження, що спрямовані на розроблення та вдосконалення конструкції вузлів і складальних одиниць вібраційних машин, мають важливе наукове та практичне значення.

У статті виконано аналіз конструктивних схем вібраційних приводів, що можуть бути застосовані в умовах сільськогосподарських підприємств, узагальнено та наведено у вигляді блок-схеми класифікацію механічних вібраційних приводів.

Крім того, запропонована конструкція вібраційного привода, в якому за рахунок застосування спеціальної системи регулювання ексцентриситету дебаланса, забезпечується можливість керування кінематичними та динамічними параметрами вібробудувача в робочому режимі приводу, цим самим сприяючи розширенню діапазону експлуатаційних режимів машини (наприклад, технологічної або транспортної) при виконанні різноманітних основних та допоміжних технологічних операцій, характерних для агропромислового комплексу.

Ключові слова: вібрація, керований вібропривод, дебаланс, система регулювання ексцентриситету, вимушені коливання, амплітуда.

Постановка проблеми. Цілеспрямоване застосування низькочастотних коливань має місце у різноманітних технологічних процесах промисловості, що обумовлено універсальністю даного впливу. За допомогою даної силової дії, в залежності від конструктивних особливостей машин та параметрів вібрації, можливе досягнення навіть принципово протилежних між собою результатів: руйнування (подрібнення) та ущільнення дисперсних середовищ (відтискування), зниження в'язкості продукту (осадження, фільтрування) та змішування речовин і матеріалів, як зі схожими так і з різними фізико-механічними властивостями (приготування суспензій, емульсій, розчинів та сумішей сипких матеріалів тощо), зачисна обробка виробів з металу (галтування, шліфування) та зміцнювальна (ущільнення структури), сортування, калібрування, сепарація та інше. Крім того низькочастотні коливання широко застосовуються для

інтенсифікації різноманітних фізичних і хімічних процесів – екстрагування, теплообмін, сушка тощо.

Тому дослідження, що спрямовані на розроблення, модернізацію та оптимізацію режимів роботи вібраційних машин мають важливе наукове та практичне значення для різноманітних галузей промисловості нашої держави та, зокрема, агропромислового комплексу як пріоритетної галузі народного господарства, що і обумовлює актуальність даної статті.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Суттєвий внесок у розвиток вібротехніки внесли вчені А.П. Бабічев [1], І.І. Блехман [2], П.С. Берник [3], І.Ф. Гончаревич [4], В.М. Гурський, І.М. Кузьо [5] та інші. Питанням застосування вібраційної технологічної дії в механічних та гідромеханічних процесах займалися Г.М. Калетник [6], В.П. Янович [6, 7],



О.В. Солоня [8], Р.Д. Іскович-Лотоцький [9], І.П. Паламарчук [3], А.Н. Прилуцький [10] в процесах тепло- і масообміну – Ю.А. Полевода [11, 12], О.В. Цуркан [12], І.В. Севостьянов, Р.Р. Обертюх [9] та інші.

Розробці машин з адаптивним віброприводом присвячено праці Р.В. Чубика та І.Д. Зелінського [13, 14], проте питання створення високоефективних віброприводів, що забезпечують безступеневе регулювання параметрів вібрації у режимі реального часу (без зупинки виконавчих органів) в галузях АПК і досі залишається відкритим.

Формулювання мети досліджень.

Метою статті є обґрунтування технологічних та конструктивних засад для поліпшення експлуатаційних характеристик вібраційних приводів транспортних та технологічних машин агропромислового комплексу.

Для досягнення мети було поставлено наступні задачі:

– аналіз конструктивних схем вібраційних приводів, що можуть бути застосовані в умовах сільськогосподарських підприємств;

– обґрунтування конструктивних засад для створення вібропривода з розширеними технологічними можливостями.

Методи дослідження. У процесі дослідження існуючих конструктивних та технологічних схем пристроїв, що забезпечують необхідний коливний рух, застосовувалися методи аналізу, узагальнення та системного підходу. При розробці принципової схеми безступінчастого віброприводу – гіпотетико-дедуктивний метод.

Виклад основного матеріалу дослідження. В загальному випадку під «вібраційним приводом» розуміють технічну систему, що являє собою сукупність джерела енергії (механічної, електричної, гідро- та аеродинамічної тощо) та передавального механізму (віброзбуджувач, важільний механізм, кулачковий та інші).

За походженням рушійної сили, що забезпечує генерацію коливань, у загальному випадку, віброзбуджувачі (вібратори) можна об'єднати в наступні групи: механічні, електромагнітні, гідро- та пневмо-імпульсні.

Для забезпечення можливості керування параметрами вібрації без зупинки машини, широкого застосування набули гідроімпульсні приводи, які характеризуються генеруванням силових імпульсів внаслідок різких перепадів тиску в гідросистемі. У загальному випадку генератор імпульсів тиску містить гідронасос, розподільник, систему гідравлічних каналів та клапанів, цикловий гідроакумулятор, штовхач, пружину та інші корпусні деталі (рис. 1).

Регулюванням прохідного перетину дроселя розподільника можна керувати

швидкістю зливання робочої рідини, а отже і часом закриття генератора і, відповідно, частотою проходження імпульсів тиску [15].

Дана конструкція вібропривода позитивно зарекомендувала себе при використанні в машинах для механічного зневоднення матеріалів [9] та вібраційних млинах [8, 9], проте наявність значної кількості структурних елементів гідросистеми можуть зумовлювати зниження його надійності та збільшення експлуатаційних витрат.

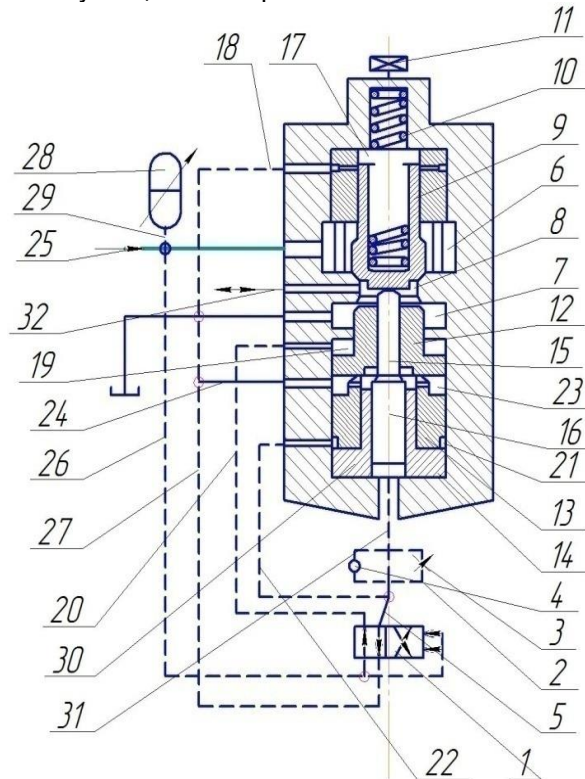


Рис. 1. Генератор імпульсів тиску [15]:

- 1 – модуль клапана першого каскаду;
- 2 – модуль тонкого налагодження;
- 3 – регульований дросель; 4 – зворотний клапан; 5, 29, 32 – канал;
- 6 – напірна порожнина; 7 – зливна порожнина; 8 – робоча порожнина; 9 – запірний елемент; 10 – пружина; 11 – гвинт; 12 – грибоквий клапан;
- 13 – ступінчаста втулка; 14 – грибова втулка; 15 – циліндричний штовхач; 16 – сферичний торець штовхача; 17 – надклапанна порожнина; 18, 24, 27 – зливний канал; 19 – порожнина відкриття; 20, 22, 26, 31 – канал керування; 21 – порожнина закриття; 23 – порожнина; 25 – напірна магістраль; 28 – цикловий гідроакумулятор; 30 – порожнина штовхача.

Подібними перевагами та недоліками характеризуються також пневмоімпульсні віброприводи (рис. 2), в яких силові імпульси генеруються внаслідок різких перепадів тиску в пневмосистемі.



Робочі параметри пневматичного вібратора регулюються зміною об'єму подачі і величини тиску стисненого повітря, що надходить від компресора [16].

Представлену конструкцію електромагнітного вібропривода [17], зазвичай використовують для ущільнення та розділення сипких сумішей. В даному пристрої (рис. 3), змінний струм в обмотках 7 і 8 створює змінне магнітне поле, яке викликає періодичні сили,

що діють на якорі електромагнітів 9 і 10 та викликають їх коливальні рухи. Це викликає коливання реактивних мас 12 і 13 з амплітудою, значно більшою за амплітуду якорів електромагнітів, що зумовлено ефектом важеля. Змінна сила реакції пружних елементів 3 і 4 передається на робочий орган віброустановки, на якому встановлений вібратор, і викликає його коливання [17].

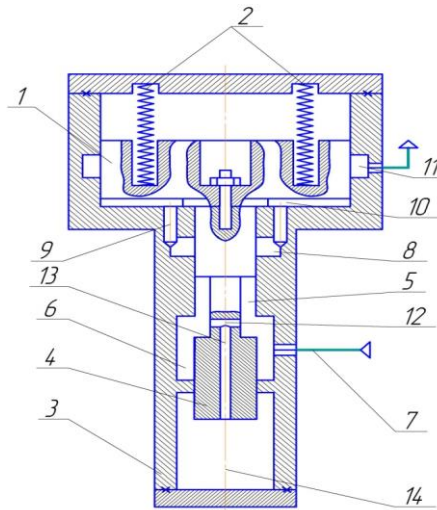


Рис. 2. Пнеumoімпульсний привод [16]:

- 1 – інерційна маса; 2 – силові пружини; 3 – корпус; 4 – двокромковий золотник; 5 – кільцева проточка; 6, 8, 11 – кільцева розточка; 7 – магістраль високого тиску; 9, 12, 13 – пневматичні канали; 10 – поршнева порожнина; 14 – акумулююча камера.

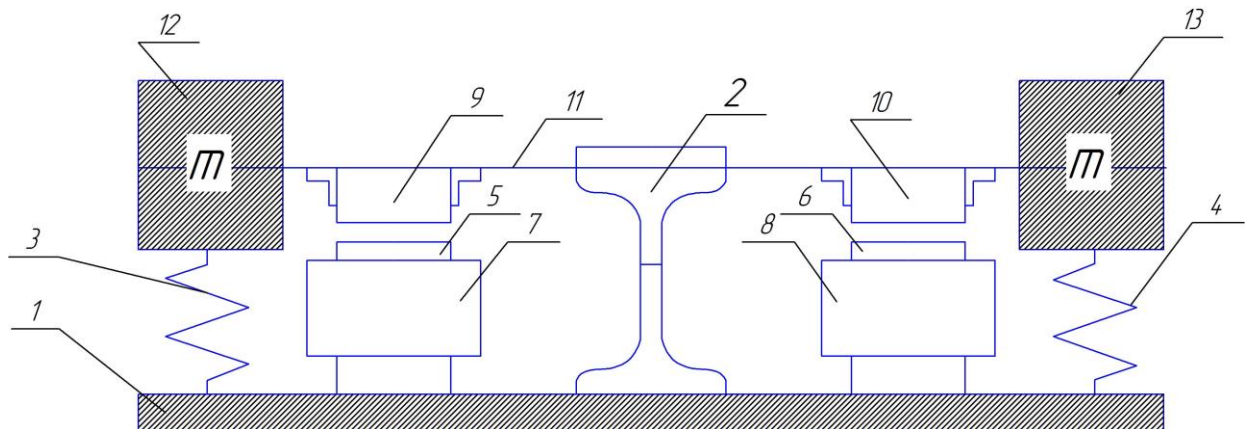


Рис. 3 – Електромагнітний генератор коливань [17]:

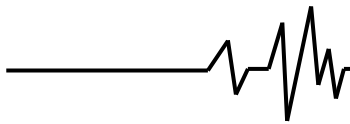
- 1 – основа; 2 – стійка; 3, 4 – пружини; 5, 6 – осердя електромагніту; 7, 8 – обмотка; 9, 10 – якорі електромагніту; 11 – пружна пластина; 12, 13 – реактивні маси.

Як стверджують автори [17], застосування даного електромагнітного вібратора дозволить створювати вібрації великих амплітуд при мінімальному енергоспоживанні (у порівнянні з прототипом енергоспоживання знизиться приблизно на 10 %).

Проте варто зазначити, що застосування такого способу надання робочим органам

коливного руху, внаслідок утворення електромагнітного поля, може стати додатковим джерелом (окрім шуму та власне вібрації) негативного впливу на організм людини [18].

Переважна частка технологічних та транспортних машин, що застосовуються в різних галузях АПК оснащуються механічними приводами, які перед іншими типами



віброприводів мають ряд очевидних переваг – простота конструкції та експлуатації, надійність, відносна дешевизна та достатньо високий ККД.

За типом віброзбуджувачів механічні віброприводи можна розділити на дві групи: кінематичні та динамічні (рис. 4), які в свою чергу поділяються на підгрупи.

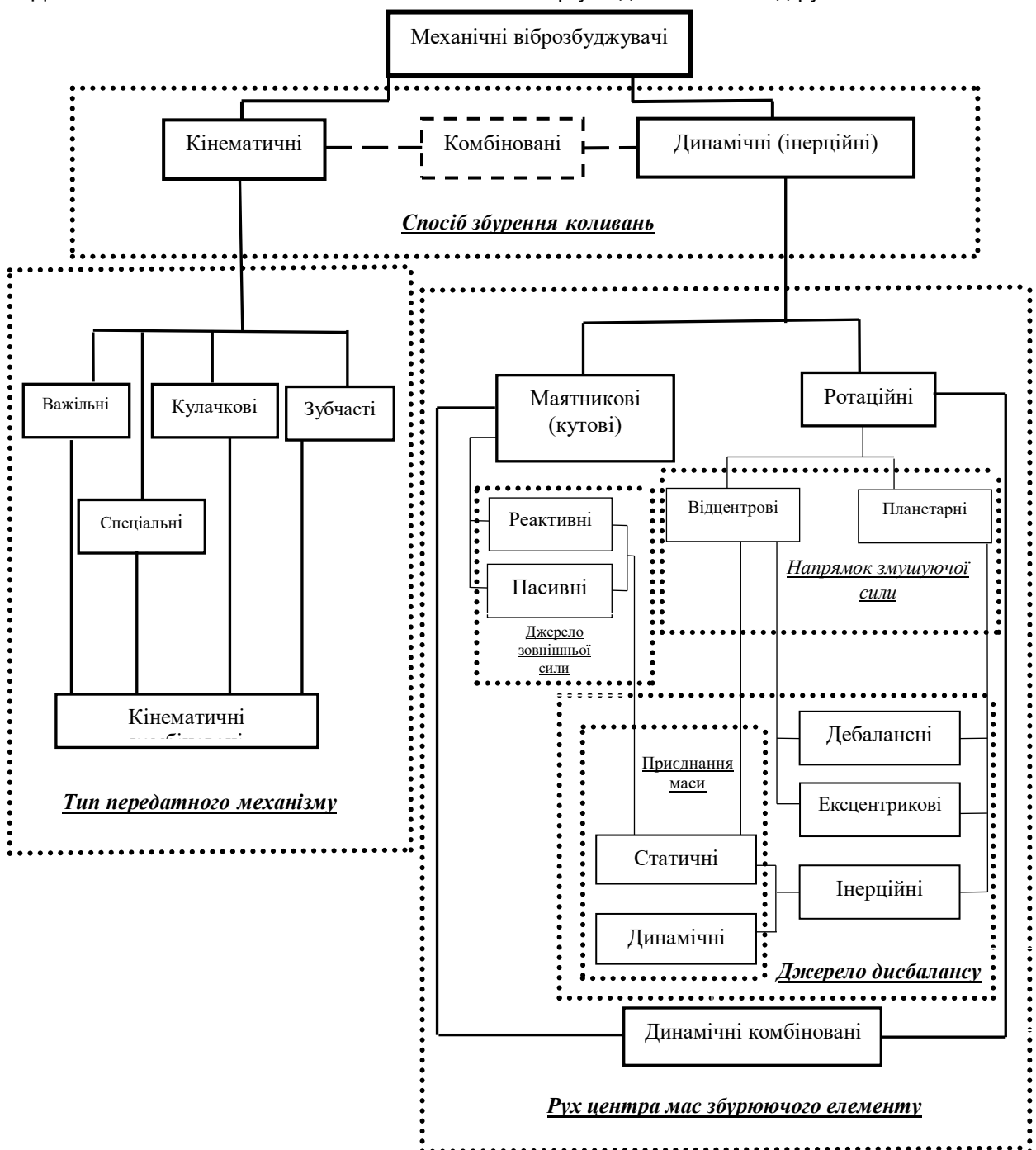
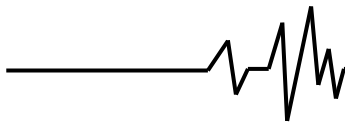


Рис. 4 – Класифікація механічних віброприводів

Одним із перспективних шляхів розширення технологічних можливостей машин, що використовуються в агропромисловому комплексі, можна вважати розроблення механічного вібропривода, в якому за рахунок застосування спеціальної конструкції системи регулювання ексцентриситету дебаланса забезпечується керування амплітудою коливань

віброзбуджувача в робочому режимі приводу, при мінімізації відхилень дійсних значень амплітуди від заданих.

На базі лабораторії «Теорії механізмів і машин» кафедри загальнотехнічних дисциплін та охорони праці Вінницького національного аграрного університету було запропоновано конструкцію вібраційного приводу (рис. 5), в якому забезпечується переміщення інерційного



сегмента в напрямку від та до осі обертання, за рахунок перерозподілу об'єму робочої рідини в просторі під інерційним сегментом та над ним внаслідок осьового переміщення штока гідроциліндра (рис. 6).

Керований вібропривод містить джерело механічної енергії, наприклад, електродвигун 1, муфту 2, дебаланс 3, який розміщено з одного боку на приводному валу 4, а з іншого – на механізмі регулювання моменту інерції 5.

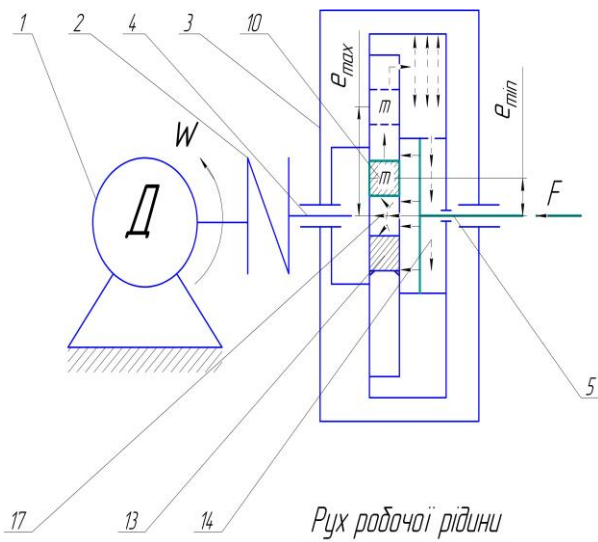


Рис. 5 – Принципова схема керованого віброприводу

Дебаланс 3 містить корпус 6, який встановлено на опорах 7, циліндричної маточини 8, в якій співвісно змонтована циліндрична модульна втулка 9, що складається із інерційного сегмента 10, який встановлений із можливістю радіального переміщення в дисбалансній камері 11, що діаметрально протилежна компенсаційній камері 12, в якій нерухомо закріплена основа 13 модульної втулки 9.

Циліндрична маточина 8 має порожнину – камеру гідроциліндра 14, що розділена на праву та ліву частини встановленим на штокові 15 поршнем 16 механізму регулювання ексцентриситету 5. Ліва частина камери гідроциліндра 14 сполучена із порожниною 17, що знаходиться всередині модульної втулки 9, під інерційним сегментом 10 та над основою 13. Права частина, в свою чергу, через клапани 18 сполучається каналами 19 і 20 відповідно із об'ємом дисбалансної камери 11, що розташований над інерційним сегментом 10 та об'ємом компенсаційної камери 12 під основою 13. На протилежному кінці штока 15 встановлено упорний підшипник 21 з натискним пристроєм 22 та пружиною 23. Герметизація опор 7 забезпечується ущільненнями 24. Гідроциліндр 14, порожнина 17, дисбалансна

камера 11 і компенсаційна камера 12, канали 19, 20 заповнені робочою рідиною.

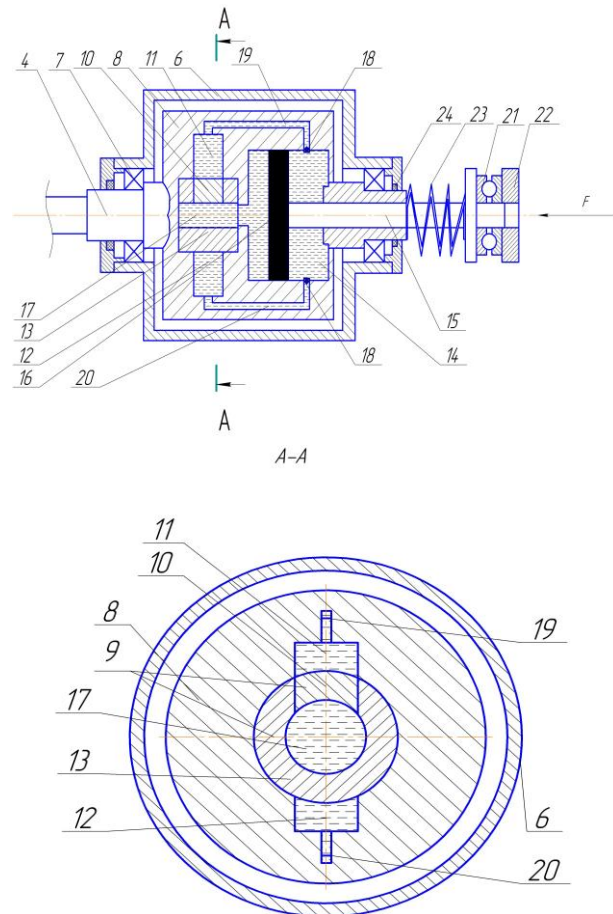


Рис. 6. Конструктивна схема дебаланса із механізмом регулювання ексцентриситету

Відомо, що змушуюча сила, яка виникає внаслідок обертання дебаланса пропорційна відстані від центра мас до осі обертання (e) – ексцентриситету. Для зменшення пускових моментів, перед запуском електродвигуна 1, інерційний сегмент 10 знаходиться в крайньому нижньому положенні, ексцентриситет дебаланса $e=0$, об'єм робочої рідини в дисбалансній 11 та компенсаційній 12 камерах рівний. Дебаланс зрівноважений відносно осі приводного валу 4. Зміна відстані $e_{min} < e < e_{max}$ здійснюється завдяки радіальному переміщенню інерційного сегмента 10 в дисбалансній камері 11 від осі обертання до периферії, або навпаки, від периферії до осі обертання, завдяки стисненій рідині, яка подається із гідроциліндра 14 за допомогою поршня 16.

При увімкненні електродвигуна 1 обертаний рух, через муфту 2, передається на приводний вал 4. При прикладанні сили F до натискного пристрою 22 відбувається стиснення пружини 23 та переміщення штока 15 з поршнем 16 ліворуч, що зумовлює подачу



робочої рідини з лівої частини робочої камери гідроциліндра 14 в порожнину 17 та відповідно переміщення інерційного сегмента 10, під дією робочої рідини, в дисбалансній камері 11 від осі обертання до периферії. Водночас це призводить до витіснення робочої рідини з об'єму дисбалансної камери 11, що розташований над інерційним сегментом 10 та подачі її через канал 19 в праву частину робочої камери гідроциліндра 14.

При знятті сили F натискного пристрою 22, під дією пружини 23, шток 15 з поршнем 16 рухається праворуч, що призводить до витіснення робочої рідини з правої частини робочої камери гідроциліндра 14 та подачі її через канал 19 в дисбалансну камеру 11, що зумовлює переміщення інерційного сегмента 10 у вихідне положення – від периферії до осі обертання з одночасним витісненням робочої рідини з порожнини 17 та надходженням її у ліву частину робочої камери гідроциліндра 14. Перерозподіл об'єму робочої рідини в компенсаційній камері 12 не відбувається. Тиск в дисбалансній камері 11, компенсаційній камері 12, каналах 19, 20 регулюється клапанами 18.

Таким чином, коли інерційний сегмент 10 знаходяться на відстані до осі обертання $e = e_{min}$ – динамічний момент інерції, змушуюча сила та, як наслідок, амплітуда дебаланса, при сталій кутовій швидкості приводного валу 4 найменші. При $e = e_{max}$ – згадані параметри набувають своїх максимальних значень. При зупинці приводу, силу F , що прикладена до натискного пристрою 22, знімають повністю, інерційний сегмент 10 повертається у крайнє нижнє положення (e_{min}), маси, що обертаються, зрівноважуються відносно центральної осі приводного валу 4.

Дане конструктивне виконання віброприводу дозволяє виконувати регулювання значень амплітуди коливань віброзбудувача в робочому режимі приводу, при мінімізації відхилень дійсних значень амплітуди від заданих.

Висновки. У результаті аналізу конструктивних схем вібраційних приводів технологічних та транспортних машин АПК було встановлено, що переважна їх більшість оснащуються механічними приводами, які характеризуються простотою конструкції, менш жорсткими вимогами до експлуатації та обслуговування, більшим ступенем надійності та відповідності санітарним нормам охорони праці. Тому, базуючись на результатах останніх досліджень та публікацій відомих вчених, до сфери наукових інтересів яких належить застосування вібраційних технологій як засобу інтенсифікації виробничих операцій та систематизації їх науково-практичного досвіду,

було складено у вигляді блок-схеми класифікацію механічних вібраційних приводів.

Крім того було запропоновано та наведено конструктивну схему керованого віброприводу, застосування якого дозволяє виконувати регулювання ексцентриситету дебаланса та, як наслідок, змінювати модуль змушуючої сили, що, в свою чергу, впливає на кінематичні параметри робочих органів машини. Такі регулювання будуть корисні при обробці або транспортуванні матеріалів із різними фізико-механічними характеристиками, як потенційний фактор зменшення енерговитрат на дані технологічні операції та забезпечення високих показників якості виробничих процесів АПК.

Задачі подальших досліджень:

– встановити теоретичні залежності між осьовим переміщенням штока гідроциліндра та розподілом тиску в камерах дебаланса.

– встановити теоретичні залежності між зміною тиску в камерах дебаланса та значенням параметра ексцентриситету.

Список використаних джерел

1. Баби́чев А.П. Основы ви́брационной технологи / А.П. Баби́чев, И.А. Баби́чев. – Ростов н/Д.: Издат. центр ДГТУ, 2008. – 694 с.
2. Блехман И.И. Ви́брационная механика / Блехман И.И. – М. : Физматлит, 1994. – 400 с.
3. Берник П.С. Розвиток конструктивних та технологічних схем машин для обробки виробів в умовах вільного кінематичного зв'язку між деталями та робочим інструментом / П.С. Берник, І.П. Паламарчук, І.Г. Липовий // Вібрації в техніці та технологіях. – 1998. – № 2 (6). – С. 21-29.
4. Гончаревич И.Ф. Теория ви́брационной техники и технологии / И.Ф. Гончаревич, К.В. Фролов. – М. : Наука, 1981. – 320 с.
5. Гурський В.М. Раціональний синтез двочастотних резонансних вібраційних машин / В.М. Гурський, І.В. Кузьо // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – 2015. – Вип. 49. – С. 8-17.
6. Калетнік Г.М. Обґрунтування режимних та конструктивних параметрів гираційного млина для виробництва високоактивних преміксів / Г.М. Калетнік, В.П. Янович // Вібрації в техніці та технологіях. – 2017. – №1 (84). – С. 15-21.
7. Янович В.П. Науково-технічні основи механічної обробки сільськогосподарської сировини за умови вібраційного впливу : дис. ... доктора техн. наук : 05.05.11 / Янович Віталій Петрович. – Глеваха : Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства», 2017. – 421 с.



8. Солоня О.В. Вібраційні млини з просторово-циркуляційним рухом завантаження для тонкого помелу сипучих матеріалів: монографія / О.В. Солоня. – Вінниця: РВВ ВДЛУ, 2008. – 133 с.

9. Іскович-Лотоцький Р.Д. Процеси та машини вібраційних та віброударних технологій / Іскович-Лотоцький Р.Д., Обертюх Р.Р., Севастьянов І.В. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 291 с.

10. Прилуцький А.Н. Технологічні основи створення ресурсощадних технічних засобів для післязбиральної обробки зерна / А.Н. Прилуцький // Техніка і технології АПК. – 2012. – № 6. – С. 24-27.

11. Полевода Ю.А. Перспективи застосування вібраційних ефектів в рідких технологічних системах харчових і переробних виробництв / Ю.А. Полевода // Зб. наук пр. Вінн. нац. аграр. ун-ту. Серія: Технічні науки. – 2015. – №1 (89). – Т. 1. – С. 124-130.

12. Паламарчук І.П. Обґрунтування схеми віброозонуючої сушарки для післязбиральної обробки зерна / І.П. Паламарчук, О.В. Цуркан, Д.В. Присяжнюк, Ю.А. Полевода // Наук. пр. Нац. ун-ту харч. техн. Серія: Технічні науки. – 2016. – № 1 (22). – С. 151-156.

13. Чубик Р.В. Ідентифікація критеріїв для енергозберігаючого керування віброприводами адаптивних вібромашин / Р.В. Чубик, І.Д. Зелінський // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – 2015. – Вип. 49. – С. 107-111.

14. Чубик Р.В. Оптимізація роботи адаптивних вібраційних технологічних машин за критерієм розповсюдження вібрації у віброкип'ячому шарі / Р.В. Чубик, Ю.Ю. Скварок, І.Д. Зелінський // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні. – 2015. – № 822. – С. 19-23.

15. Пат. на винахід 65844 А Україна (UA), МПК F15B 21/00. Генератор імпульсів тиску / Р.Р. Обертюх, Р.Д. Іскович-Лотоцький, М.Р. Архипчук, М.А. Бернада; заявник і патентовласник Вінницький державний технічний університет. – Заявл. 10.06.2003; опубл. 15.04.2004, Бюл. №4. – 3 с.

16. Пат. на корисну модель 21376 Україна (UA), МПК B06B 1/18. Пневматичний вібратор / І.В. Коц, В.В. Петрусь, А.Б. Насіковський, О.Ю. Дец; заявник і патентовласник Вінницький національний технічний університет. – Заявл. 18.09.2006; опубл. 15.03.2007, Бюл. №3. – 3 с.

17. Пат. на винахід 100038 Україна (UA), МПК B06B 1/04, H02K 33/00. Електромагнітний вібратор / А.П. Гуров, О.О. Черно, Ю.В. Туркіна;

заявник і патентовласник Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова. – Заявл. 10.08.2010; опубл. 12.11.2012, Бюл. №21. – 4 с.

18. Ковальова О.В. Вплив на організм людини електромагнітних полів антропогенного походження / О.В. Ковальова // Вісник Запорізького національного університету. Серія: Біологічні науки. – 2009. – № 2. – С. 96-104.

Список джерел у транслітерації

1. Babychev, A.P. & Babychev, Y.A. (2008) *Osnovi vybratsyonnoi tekhnolohiyi [Fundamentals of Vibration Technology]*. Rostov n/D.: Yzdat. tsentr DHTU [in Russian].

2. Blekhman, Y.Y. (1994) *Vybratsyonnaia mekhanika [Vibration mechanics]*. Moscow: Fyzmatlyt [in Russian].

3. Beryk, P.S., Palamarchuk, I.P. & Lypovyi, I.H. (1998) Rozvytok konstruktyvnykh ta tekhnolohichnykh skhem mashyn dlia obrobky vyrobiv v umovakh vilnoho kinematychnoho zv'iazku mizh detaliamy ta robochym instrumentom [Development of design and technological schemes for processing products in conditions of a free kinematic connection between the parts of the working tool]. *Vibraciyi v tekhnici ta tekhnologiyah – Vibration in engineering and technology*, 2(6), 21-29 [in Ukrainian].

4. Honcharevych, I.F. & Frolov, K.V. (1981) *Teoriya vybratsyonnoi tekhniky u tekhnolohyyi [Theory of Vibration mechanism and Technology]*. Moscow: Nauka [in Russian].

5. Hurskyi, V.M. & Kuzo, I.V. (2015) Ratsionalnyi syntez dvochastotnykh rezonansnykh vibratsiinykh mashyn [The Rational synthesis of two-frequency resonant vibrating machines]. *Avtomatyzatsiia vyrobnychykh protsesiv u mashynobuduvanni ta prykladobuduvanni – Automation of production processes in machine building and instrument making*, 49, 8-17 [in Ukrainian].

6. Kaletnik, H.M & Yanovich, V.P. (2017) Obgruntuvannya rezhimnih ta konstruktivnih parametriv giratsiynogo mlina dlya virobnytstva visokoaktivnih premiksiv [The rationale of operating and design parameters vibration mill for the production of highly premixes]. *Vibraciyi v tekhnici ta tekhnologiyah – Vibration in engineering and technology*, 1 (84), 15-21 [in Ukrainian].

7. Yanovich, V.P. (2017). *Naukovo-tehnichni osnovi mehanichnoyi obrobki silskogospodarskoyi sirovini za umovi vibratsiynogo vplivu [Scientific and technical bases of mechanical processing of agricultural raw materials under the condition of vibrational influence]*. *Doctor's thesis*. Glevaha: National



Science Centre «Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture» [in Ukrainian].

8. Solona, O.V. (2008) *Vibratsiini mlyny z prostorovo-tsyrkuliatsiinym rukhom zavantazhennia dlia tonkoho pomelu sypuchykh materialiv* [Vibrating mills with a space-circulation feed motion for fine grinding of materials]. Vinnytsia: RVV VDLU [in Ukrainian].

9. Iskovich-Lotoczkyi, R.D., Obertyuh, R.R. & Sevostyanov, I.V. (2006). *Procesy ta mashyny vibracijnyh ta vibroudarnykh tekhnologij* [Processes and machines of vibrating and vibro-impact technologies]. Vinnytsia: UNIVERSUM-Vinnytsia [in Ukrainian].

10. Prylutskyi, A.N. (2012) *Tekhnolohichni osnovy stvorennia resursooshchadnykh tekhnichnykh zasobiv dlia pisliazbyralnoi obrobky zerna* [Technological fundamentals of creating resource-saving technical means for post-harvest grain processing]. *Tekhnika i tekhnolohii APK – Technique and technologies of agroindustrial complex*, 6, 24-27 [in Ukrainian].

11. Polievoda, Yu.A. (2015) *Perspektyvy zastosuvannia vibratsiinykh efektyv v ridkykh tekhnolohichnykh systemakh kharchovykh i pererobnykh vyrobnytstv* [Prospects of vibration effect in liquid process systems food and processing industry]. *Zb. nauk pr. Vinn. nats. ahrar. un-tu. Seriya: Tekhnichni nauky – Collection of scientific works of Vinnytsia National Agrarian University. Series: Engineering science*, 1 (89), Vols. 1, 124-130 [in Ukrainian].

12. Palamarchuk, I.P., Tsurkan, O.V., Prysiazhniuk, D.V. & Polievoda, Yu.A. (2016) *Obgruntuvannia skhemy vibroozonuiuchoi susharky dlia pisliazbyralnoi obrobky zerna* [Rationalizing the scheme of vibro-ozone drying for postharvest grain processing]. *Nauk. pr. Nats. un-tu kharch. tekhn. Seriya: Tekhnichni nauky – Scientific Works of NUFT. Series: Engineering science*, 1(22), 151-156 [in Ukrainian].

13. Chubyk, R.V. & Zelinskyi, I.D. (2015) *Identyfikatsiia kryteriiv dlia enerhozberihaiuchoho keruvannia vibropryvodamy adaptyvnykh vibromashyn* [Identification of criteria for energy saving control of vibration drives of adaptive vibrating machines]. *Avtomatyzatsiia vyrobnychych protsesiv u mashynobuduvanni ta pryladobuduvanni – Automation of production processes in machine building and instrument making*, 49, 107-111 [in Ukrainian].

14. Chubyk, R.V., Skvarok, Yu.Yu. & Zelinskyi, I.D. (2015) *Optymizatsiia roboty adaptyvnykh vibratsiinykh tekhnolohichnykh mashyn za kryteriiem rozpovsiudzhennia vibratsii u vibrokyp'iachomu shari* [Optimization of the work of adaptive vibrating technological machines by the criterion of the propagation of vibration in the vibro-quenching layer]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika". Optymizatsiia*

vyrobnychych protsesiv i tekhnichni kontrol u mashynobuduvanni ta pryladobuduvanni – Bulletin of the National University «Lviv Polytechnic». Optimization of production processes and technical control in mechanical engineering and instrument making, 822, 19-23 [in Ukrainian].

15. Obertiukh, R.R., Iskovych-Lototskyi, R.D., Arkhynchuk, M.R. & Bernada, M.A. (2004) *Henerator impulsiv tysku* [The generator of impulses]. Patent, 65844, UA [in Ukrainian].

16. Kots, I.V., Petrus, V.V., Nasikovskiy, A.B. & Dets, O.Yu. (2007) *Pnevmatychnyi vibrator* [The pneumatic vibrator]. Patent, 21376, UA [in Ukrainian].

17. Hurov, A.P., Cherny, O.O. & Turkina, Yu.V. (2012) *Elektromahnitnyi vibrator* [Electromagnetic vibrator]. Patent, 100038, UA [in Ukrainian].

18. Kovalova, O.V. (2009) *Vplyv na orhanizm liudyny elektromahnitnykh poliv antropohennoho pokhodzhennia* [Effect on the human of electromagnetic fields of anthropogenic origin]. *Visnyk Zaporizkoho natsionalnoho universytetu. Seriya: Biolohichni nauky – Bulletin of Zaporozhye National University. Series: Biological Sciences*, 2, 96-104 [in Ukrainian].

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ ВИБРАЦИОННЫХ ПРИВОДОВ ТРАНСПОРТНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН АПК

Среди основных путей интенсификации технологических операций, применяемых в АПК (агропромышленном комплексе), одним из наиболее перспективных можно отметить применение низкочастотных колебаний, а исследования, направленные на разработку и совершенствование конструкции узлов и сборочных единиц вибрационных машин, имеют важное научное и практическое значения.

В статье выполнен анализ конструктивных схем вибрационных приводов, которые могут быть применены в условиях сельскохозяйственных предприятий, обобщена и приведена в виде блок-схемы классификация механических вибрационных приводов.

Кроме того, предложенная конструкция вибрационного привода, в котором за счет применения специальной системы регулирования эксцентриситета дебаланса, обеспечивается возможность управления кинематическими и динамическими параметрами вибровозбудителя в рабочем режиме привода, тем самым способствуя расширению диапазона эксплуатационных режимов машины (например, технологической или транспортной) при выполнении



различных основных и вспомогательных технологических операций, характерных для агропромышленного комплекса.

Ключевые слова: *вибрация, управляемый вибропривод, дебаланс, система регулирования эксцентриситета, вынужденные колебания, амплитуда.*

DEVELOPMENT PATHS OF VIBRATION DRIVES BY TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES FOR AGRICULTURAL COMPLEX

Among the main ways to intensify technological operations used in the agro-industrial complex, one of the most promising ones is the use of low-frequency oscillations, and studies aimed at developing and improving the design of assemblies and assembly units of vibrating machines have important scientific and

practical implications.

The analysis of constructive schemes of vibrating drives that can be applied in the conditions of agricultural enterprises is made in the article, generalized and presented in the form of a block diagram the classification of mechanical vibrating drives.

In addition, the proposed design of the vibrating drive, in which, by using a special unbalance eccentricity control system, it is possible to control the kinematic and dynamic parameters on the operating mode of the drive, thereby contributing to the expansion of the operating range of the machine (for example, technological or transport) various basic and auxiliary technological operations, characteristic for the agro-industrial complex.

Keywords: *vibration, controlled vibration drive, unbalance, eccentricity control system, forced oscillations, amplitude.*

Відомості про авторів

Купчук Ігор Миколайович – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри «Загальнотехнічних дисциплін та охорони праці» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: kupchuk.igor@i.ua).

Купчук Ігорь Николаевич – кандидат технічних наук, старший преподаватель кафедры «Общетеchnических дисциплин и охраны труда» Винницкого национального аграрного университета (ул. Солнечная, 3, г. Винница, Украина, 21008, e-mail: kupchuk.igor@i.ua).

Kupchuk Igor – Ph.D., senior lecturer of the «Department of General Technical Disciplines and Occupational Safety» of Vinnitsa National Agrarian University (Sonyachna St., 3, Vinnitsa, Ukraine, 21008, e-mail: kupchuk.igor@i.ua).