

УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА ВИНАХІД

№ 122954

**КЕРОВАНИЙ СЕМИТРИЧНИЙ ДЕБАЛАНСНИЙ
ВІБРОПРИВОД СПРЯМОВАНОЇ ДІЇ З РЕГУЛЮВАННЯМ
КУТА НАПРЯМКУ ВІБРАЦІЇ**

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі України винаходів **20.01.2021.**

Т.в.о. Генерального директора
Державного підприємства
«Український інститут
інтелектуальної власності»

П.І. Іваненко



(21) Номер заявки: а 2020 01182

(22) Дата подання заявки: 24.02.2020

(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 21.01.2021

(41) Дата публікації відомостей про заявку та номер Бюлетеня: 10.06.2020, Бюл.№ 11

(46) Дата публікації відомостей про державну реєстрацію та номер Бюлетеня: 20.01.2021, Бюл. № 3

(72) Винахідники:
Ярошенко Леонід
Вікторович, UA,
Чубик Роман Васильович,
UA,
Тригуба Анатолій
Миколайович, UA,
Видмиш Андрій Андрійович,
UA

(73) Володілець:
ВІННИЦЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ,
вул. Сонячна, 3, м. Вінниця,
21008, UA

(54) Назва винаходу:

КЕРОВАНИЙ СЕМИТРИЧНИЙ ДЕБАЛАНСНИЙ ВІБРОПРИВОД СПРЯМОВАНОЇ ДІЇ З РЕГУЛЮВАННЯМ КУТА НАПРЯМКУ ВІБРАЦІЇ

(57) Формула винаходу:

Керований симетричний дебалансний вібропривод спрямованої дії з регулюванням кута напрямку вібрації, що містить корпус зі встановленими у ньому на підшипниках ведучим і веденим приводними валами з гвинтовими пазами та розміщеними на валах двома рухомими дебалансами і одним нерухомим, статичний момент якого удвічі більший від статичного моменту рухомих дебалансів, що розташовані по обидва боки від нерухомого дебалансу, та механізм управління рухомими дебалансами, що складається з кульових шпонок, які розміщені в гвинтових пазах і взаємодіють з рухомими дебалансами, і ходового гвинта у вигляді приводної склянки, різьба на якому розділена на дві ділянки однакового кроку і протилежного напрямку, причому приводні вали зв'язані між собою через встановлені на них зубчаті колеса з однаковою кількістю зубців, а приводна склянка жорстко закріплена на валу крокового двигуна та зв'язана із двома парами рухомих дебалансів через підшипники та гвинтові втулки із внутрішньою різьбою, що встановлені на різьбових поверхнях приводної склянки, який відрізняється тим, що ведений приводний вал зв'язаний із відповідним зубчатим колесом через електромагнітну муфту.



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **122954** (13) **C2**
(51) МПК
B06B 1/16 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

<p>(21) Номер заявки: a 2020 01182</p> <p>(22) Дата подання заявки: 24.02.2020</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 21.01.2021</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 10.06.2020, Бюл.№ 11</p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 20.01.2021, Бюл.№ 3</p>	<p>(72) Винахідник(и): Ярошенко Леонід Вікторович (UA), Чубик Роман Васильович (UA), Тригуба Анатолій Миколайович (UA), Видмиш Андрій Андрійович (UA)</p> <p>(73) Володілець (володільці): ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: SU 1442271 A1, 07.12.1988 UA 117630 C2, 27.08.2018 UA 116418 C2, 12.03.2018 UA 102304 C2, 25.06.2013 SU 483149 A1, 05.09.1975 SU 1785976 A1, 07.01.1993 SU 1454515 A2, 30.01.1989 WO 89/07988 A1, 08.09.1989 GB 2113348 A, 03.08.1983 DE 29805361 U1, 04.06.1998 DE 2333320 A1, 28.03.1974 Ярошенко Л. В. Керований вібропривод напрямленої дії зі спареними дебалансами / Л. В. Ярошенко, В. Г. Дзісь, Р. В. Чубик, Н. М. Зрайло // Техніка, енергетика, транспорт АПК. - 2017. - № 3. - С. 134-139.</p>
---	---

(54) КЕРОВАННИЙ СЕМИТРИЧНИЙ ДЕБАЛАНСНИЙ ВІБРОПРИВОД СПРЯМОВАНОЇ ДІЇ З РЕГУЛЮВАННЯМ КУТА НАПРЯМКУ ВІБРАЦІЇ

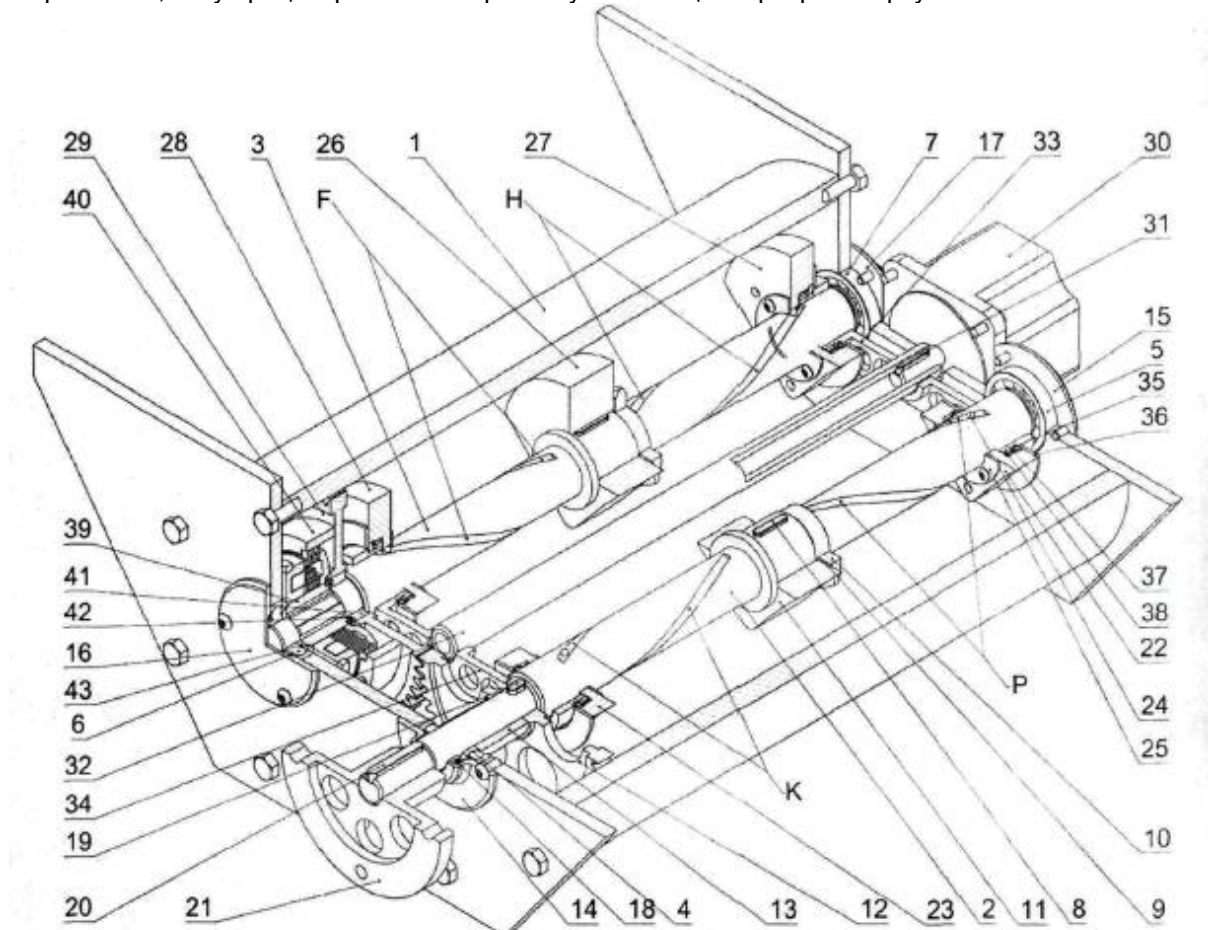
(57) Реферат:

Винахід може бути використаний як збуджувач коливань вібраційних технологічних машин у таких галузях, як машинобудування і приладобудування, а також в гірничо-переробній, харчовій, хімічній промисловості та сільськогосподарському виробництві;

Керований симетричний дебалансний вібропривід спрямованої дії з регулюванням кута напрямку вібрації, що містить корпус зі встановленими у ньому на підшипниках ведучим і веденим приводними валами з гвинтовими пазами та розміщеними на валах двома рухомими дебалансами і одним нерухомим, статичний момент якого удвічі більший від статичного моменту рухомих дебалансів, що розташовані по обидва боки від нерухомого дебалансу, та механізм управління рухомими дебалансами, що складається з кульових шпонок, які розміщені у гвинтових пазах і взаємодіють з рухомими дебалансами, і ходового гвинта у вигляді приводної склянки, різьба на якому розділена на дві ділянки однакового кроку і протилежного напрямку, причому приводні вали зв'язані між собою через встановлені на них зубчаті колеса з однаковою кількістю зубців, а приводна склянка жорстко закріплена на валу крокового двигуна та зв'язана із двома парами рухомих дебалансів через підшипники та гвинтові втулки із внутрішньою

UA 122954 C2

різьбою, що встановлені на різьбових поверхнях приводної склянки, причому ведений приводний вал зв'язаний із відповідним зубчатим колесом через електромагнітну муфту. Запропонована конструкція керованого симетричного дебалансного віброприводу спрямованої дії з регулюванням кута напрямку вібрації дозволяє забезпечити збудження спрямованих плоских коливань робочих органів вібраційних машин з необхідним напрямком коливань та в автоматичному режимі незалежно керувати частотою, амплітудою та напрямком цих коливань, що дозволяє застосовувати цей вібропривод для оперативного керування параметрами вібрації вібротранспортування.



Фіг. 1

Винахід належить до вібраційної техніки і може бути використаний як збуджувач коливань вібраційних технологічних машин у таких галузях як машинобудування і приладобудування, а також в гірничо-переробній, харчовій, хімічній промисловості та сільськогосподарському виробництві.

5 Відомий керований збуджувач гвинтових коливань [А. с. 1442271 А1 (СССР), В06В 1/16. Керований збуджувач гвинтових коливань. Сердюк Л.И. - № 4188501/24-28; Опубл. 07.12.1988; Бюл. № 45, 2 с.], що містить корпус, установлений в ньому на підшипниках вал із гвинтовими пазами та розміщеними на валу двома рухомими дебалансами і одним нерухомим, статичний момент якого удвічі більший від статичного моменту нерухомих дебалансів, які розташовані по обидва боки від нерухомого дебалансу, та механізм управління рухомими дебалансами, що складається з кульових шпонок, які розміщені в гвинтових пазах і взаємодіють з рухомими дебалансами, стійок і ходового гвинта, причому різьба на ходовому гвинті розділена на дві ділянки однакового кроку і протилежного напрямку, а довжина гвинтового паза кратна кроку різьби.

15 Недоліком цього керованого збуджувача гвинтових коливань є те, що його конструкція не дозволяє автоматично регулювати амплітуду коливань вібраційних технологічних машин під час їхньої роботи, а також те, що він генерує обертову відцентрову силу, під дією якої робочі органи вібромашин, на яких він встановлений, здійснюють кругові, а не лінійні коливання, що не дозволяє застосовувати віброзбуджувач для оперативного керування параметрами вібрації вібромашин, які у процесі роботи використовують явище вібротранспортування.

20 Найбільш близьким до заявлюваного за технічною суттю є керований симетричний дебалансний вібропривід спрямованої дії [Патент України № 117630 С2, В 06 В 1/16, Опубл. 27.08.2018; Бюл. № 16], що містить корпус зі встановленими у ньому на підшипниках ведучим і веденим приводними валами з гвинтовими пазами та розміщеними на валах двома рухомими дебалансами і одним нерухомим, статичний момент якого удвічі більший від статичного моменту рухомих дебалансів, що розташовані по обидва боки від нерухомого дебалансу, та механізм управління рухомими дебалансами, що складається з кульових шпонок, які розміщені в гвинтових пазах і взаємодіють з рухомими дебалансами, і ходового гвинта, різьба на якому розділена на дві ділянки однакового кроку і протилежного напрямку, причому приводні вали зв'язані між собою через встановлені на них зубчаті колеса з однаковою кількістю зубців, а ходовий гвинт жорстко закріплений на валу крокового двигуна та зв'язаний із двома парами рухомих дебалансів через підшипники та гвинтові втулки із внутрішньою різьбою, що встановлені на різьбових поверхнях ходового гвинта.

35 Недоліком цього керованого симетричного дебалансного віброприводу спрямованої дії є те, що він не дозволяє керувати кутом напрямку вібрації робочих органів вібраційних машин, який суттєво впливає на такі їхні параметри роботи, як швидкість вібротранспортування, інтенсивність та продуктивність обробки.

В основу винаходу поставлено задачу у керованому симетричному дебалансному віброприводі спрямованої дії шляхом встановлення електромагнітної муфти між веденим приводним валом та зубчатим колесом забезпечити можливість їх роз'єднання під час регулювання напрямку дії циклічної вимушувальної сили віброприводу.

45 Поставлена задача вирішується тим, що у керованому симетричному дебалансному віброприводі спрямованої дії з регулюванням кута напрямку вібрації, що містить корпус зі встановленими у ньому на підшипниках ведучим і веденим приводними валами з гвинтовими пазами та розміщеними на валах двома рухомими дебалансами і одним нерухомим, статичний момент якого удвічі більший від статичного моменту рухомих дебалансів, що розташовані по обидва боки від нерухомого дебалансу та механізм управління рухомими дебалансами, що складається з кульових шпонок, які розміщені у гвинтових пазах і взаємодіють з рухомими дебалансами, і ходового гвинта у вигляді привідної склянки, різьба на якому розділена на дві ділянки однакового кроку і протилежного напрямку, причому приводні вали зв'язані між собою через встановлені на них зубчаті колеса з однаковою кількістю зубців, а привідна склянка жорстко закріплена на валу крокового двигуна та зв'язана із двома парами рухомих дебалансів через підшипники та гвинтові втулки із внутрішньою різьбою, що встановлені на різьбових поверхнях привідної склянки, згідно з винаходом, ведений приводний вал зв'язаний із відповідним зубчатим колесом через електромагнітну муфту.

55 При роз'єднанні за допомогою електромагнітної муфти веденого приводного вала та його зубчатого колеса можна змінити початковий кут його повороту і встановити необхідну різницю фаз обертання ведучого та веденого приводних валів, які синхронно обертаються назустріч один одному та забезпечити таким чином можливість зміни напрямку дії циклічної вимушувальної сили віброприводу та напрямку коливань робочих органів вібраційних машин.

Запропонована конструкція керованого симетричного дебалансного віброприводу спрямованої дії з регулюванням кута напрямку вібрації дозволяє забезпечити збудження направлених плоских коливань робочих органів вібраційних машин з необхідним напрямком коливань та в автоматичному режимі незалежно керувати частотою, амплітудою та напрямком

5 цих коливань, що дозволяє застосовувати цей вібропривод для оперативного керування параметрами вібрації вібромашин, які у процесі роботи використовують явище вібротранспортування.

На Фіг. 1 зображено конструкцію керованого симетричного дебалансного віброприводу спрямованої дії з регулюванням кута напрямку вібрації, на Фіг. 2 просторову схему розташування дебалансів віброприводу в режимі запуску та холостого ходу при мінімальній амплітуді циклічної вимушувальної сили, на Фіг. 3 - просторову схему розташування дебалансів віброприводу при максимальній амплітуді циклічної вимушувальної сили, на Фіг. 4 - схеми розташування дебалансів віброприводу та відцентрових сил, які виникають при однакових

10 початкових кутах повороту приводних валів у ході регулювання амплітуди коливань робочого органу вібромашини, на Фіг. 5 - схеми розташування дебалансів віброприводу та відцентрових сил, які виникають при різних початкових кутах повороту приводних валів у ході регулювання амплітуди коливань робочого органу вібромашини.

Керований симетричний дебалансний вібропривід спрямованої дії з регулюванням кута напрямку вібрації кріпиться до робочого органу вібромашини і складається із корпусу 1, який захищає вібропривод від забруднення та з допомогою якого вібропривод монтується до рами адаптивних вібраційних технологічних машин. У бокові стінки корпусу 1 на чотирьох підшипниках (4, 5, 6, 7) встановлено два вали: ведучий приводний вал 2 та ведений приводний вал 3. Кришки підшипників (14, 15, 16, 17), що кріпляться гвинтами до бокових стінок корпусу 1, запобігають виходу підшипників з їхнього місця під час роботи керованого віброприводу та захищають підшипники від забруднення. Кришка підшипника 14 має круглий отвір, через який частина ведучого приводного вала 2 виходить з корпусу 1. У кришці підшипника 14 стоїть сальник 18.

20

На ведучому приводному валу 2 за допомогою двох шпонок 8 (на кресленні показано тільки одну), штоворної шайби 9 та гайки 10 жорстко закріплений нерухомий дебаланс 11. За допомогою шпонки 19 на ведучому приводному валу 2 фіксується зубчасте колесо 12. Між підшипником 4 та зубчастим колесом 12 стоїть втулка 13.

30

Керований симетричний дебалансний вібропривод спрямованої дії з регулюванням кута напрямку вібрації приводиться в дію за рахунок обертового моменту, що передається ведучому приводному валу 2 через приводну муфту 21, яка закріплена на ведучому приводному валу 2 за допомогою шпонки 20.

35

Ведучий приводний вал 2 має дві пари зустрічно направлених спіральних канавок К і Р, що в перерізі мають форму півкола.

На ведучому приводному валу 2, по обидва боки від нерухомого дебалансу 11, розміщуються два рухомих дебаланси (22, 23), які можуть переміщуватися вздовж та навколо осі ведучого приводного вала 2.

40

Обертовий момент від ведучого приводного вала 2 до рухомого дебалансу 22 передається через дві кулькові шпонки 24, що одночасно розміщені у двох пазах під шпонку рухомого дебалансу 22 та у двох спіральних канавках Р ведучого приводного вала 2. Завдяки кульковим шпонкам 24 відбувається передача обертового моменту від ведучого приводного вала 2 рухомому дебалансу 22. До рухомого дебалансу 22 гвинтами кріпиться шайба 25, що запобігає виходу кулькових шпонок 24 з рухомого дебалансу 22. До рухомого дебалансу 23 обертовий момент від ведучого приводного вала 2 передається за аналогічним принципом, як і до рухомого дебалансу 22.

45

Ведений приводний вал 3 розміщений паралельно до ведучого приводного вала 2. Він є коротшим, оскільки не має частини для кріплення приводної муфти. У місці, де на ведучому приводному валу 2 розташована втулка 13, на веденому приводному валу 3 виконано шліци під електромагнітну муфту 39 (наприклад, електромагнітну муфту марки ЕТМ-102). На веденому приводному валу 3 містяться: нерухомий дебаланс 26, два рухомі дебаланси 27 та 28, які фіксуються на ньому так само, як і відповідні їм деталі ведучого приводного вала 2.

50

Підшипник 41 запресований у зубчасте колесо 29 та встановлений на веденому приводному валу 3. Між підшипником 41 та електромагнітною муфтою 39 встановлена шайба 42, а між кульковим підшипником 6 та електромагнітною муфтою 39 встановлена шайба 43. Зубчасте колесо 29 з'єднане з електромагнітною муфтою 39 через поводок електромагнітної муфти 40, який гвинтами кріпиться до зубчатого колеса 29, в пази якого входять зовнішні кільця

55

електромагнітної муфти 39. Дві пари спіральних канавок F і H веденого приводного вала 3 є зустрічно спрямованими до відповідних їм спіральних канавок K і P ведучого приводного вала 2.

Кроковий двигун 30 гвинтами кріпиться до корпусу 1. На валу крокового двигуна 30 за допомогою шпонки 31 посаджена з натягом привідна склянка 32. На зовнішній поверхні привідної склянки 32 є різьба з певним кроком, причому на одній половині привідної склянки 32 нарізана ліва різьба (від центру до торця), а на іншій половині привідної склянки 32 нарізана права різьба (від центру до другого торця).

Для забезпечення переміщення рухомих дебалансів 22, 27 та 23, 28 вздовж осей ведучого 2 та веденого 3 приводного валу віброприводу використовуються направляючі втулки 33 та 34. Направляючі втулки 33 та 34 на внутрішніх циліндричних поверхнях центральних отворів нарізані різьби, що виконані аналогічно (права або ліва) як на відповідній їм зовнішній поверхні привідної склянки 32.

Рухомий дебаланс 22 кріпиться до направляючої втулки 33 за допомогою вузла кінематичної розв'язки. Вузол кінематичної розв'язки дозволяє рухомому дебалансу 22 вільно обертатись відносно направляючої втулки 33. Складається він з підшипника 35, шайби 36, яка кріпиться болтами до рухомого дебалансу 22 і фіксує в ньому зовнішнє кільце підшипника 35, стопорної шайби з внутрішнім зубом 37 та гайки 38, які фіксують внутрішнє кільце підшипника 35 на направляючій втулці 33. Направляюча втулка 33 із ведучим приводним валом 2 утворюють циліндричну напрямну для прямолінійного руху рухомого дебалансу 22 вздовж осі ведучого приводного вала 2.

Рухомі дебаланси 23, 27 та 28 за допомогою аналогічних вузлів кінематичної розв'язки кріпляться до направляючих втулок 33 та 34.

Керований симетричний дебалансний вібропривід спрямованої дії регулюванням кута напрямку вібрації працює таким чином. Перед запуском керованого симетричного вібропривода рухомі дебаланси 22, 23 та 27, 28 встановлюються в діаметрально протилежних положеннях до нерухомих дебалансів 11 та 26, кут між площинами, які проходять через осі їхніх приводних валів та їхні центри мас, становить $\beta=180^\circ$, тому сумарний статичний момент дебалансів відносно осей ведучого 2 та веденого 3 приводних валів віброприводу дорівнює нулю. При включенні керованого віброприводу шляхом прикладення обертового моменту до ведучого приводного вала 2 через приводну муфту 21, та зубчате колесо 12 обертовий момент передається від ведучого приводного вала 2 до зубчатого колеса 29, яке встановлене на підшипнику і обертається навколо осі веденого приводного вала 3. Для передачі обертового моменту від зубчатого колеса 29 до веденого приводного вала 3 необхідно увімкнути електромагнітну муфту 39.

При подачі струму в котушку магнітний потік замикається через корпус електромагнітної муфти, її внутрішні та зовнішні диски і якір. Диски і якір притягуються до корпусу таким чином, що між дисками з'являється фрикційне щеплення. Таким чином, обертовий момент від зубчатого колеса 29 передається до електромагнітної муфти 39 через її поводи 40.

Після цього нерухомі та рухомі дебаланси обох валів починають синхронно обертатись із заданою кутовою швидкістю ω_p (у протилежних напрямках - на зустріч один одному) яка є технологічно оптимальною для початку реалізації технологічного процесу роботи вібраційної технологічної машини.

Протягом певного незначного періоду часу від початку роботи вібраційної технологічної машини система керування роботою керованого симетричного дебалансного віброприводу спрямованої дії проводить коригування частоти ω_p циклічної вимушувальної сили F (де: $F = F \sin(\omega_p t)$) дебалансного віброприводу спрямованої дії на резонансний режим роботи, коли

частота коливань циклічної вимушувальної сили F співпадає з частотою власних коливань робочого органу вібраційної технологічної машини ω_0 тобто $\omega_p = \omega_0$, яка з енергетичного

погляду є оптимальною. Після коригування ω_p та забезпечення резонансного режиму роботи

коливної механічної системи вібраційної технологічної машини починається встановлення заданої оптимальної із технологічного погляду амплітуди коливань її робочого органу (контейнера). Виведення амплітуди циклічної вимушувальної сили F керованого симетричного віброприводу (та керування нею $F \pm \Delta F$ здійснюється системою керування на основі промислового мікроконтролера через її контур керування, що може складатися з одноосьового модуля позиціонування, кабеля, сервопідсилювача, та серводвигуна - шляхом виведення заданої кількості імпульсів для забезпечення певного кута повороту вала крокового двигуна 30. У результаті команди від системи керування кроковий двигун 30 повертає свій вал на заданий кут γ (значення величини кута повороту γ вала крокового двигуна 30 та напрям обмежень не

мають, тобто може бути як більшим за 360° , так і меншим за 360° і визначається лише кількістю імпульсів, полярністю та кутовим кроком самого серводвигуна. Ще однією особливістю сервоприводу є те, що він має здатність утримувати заданий кут повороту в часі. Поворот вала крокового двигуна 30 на кут γ через шпонку 31 передається приводній склянці 32 , що робить поворот відносно центральної осі віброприводу також на кут γ .

Приводна склянка 32 своєю зовнішньою поверхнею перебуває у різьбовому з'єднанні із внутрішньою поверхнею направляючих втулок 33 та 34 . Поворот приводної склянки 32 на кут γ зумовить викручування (закручування) направляючих втулок 33 , 34 та їх переміщення вздовж основної осі віброприводу. Це переміщення зумовить рух рухомих дебалансів вздовж основної осі віброприводу. Завдяки тому, що вузол кінематичної розв'язки дозволяє рухомих дебалансам вільно обертатись відносно направляючих втулок, вони (рухомі дебаланси) можуть обертатись навколо осей ведучого 2 та веденого 3 приводних валів віброприводу та переміщатися вздовж них. Переміщаючись вздовж осей, рухомі дебаланси починають повертатись відносно цих осей завдяки тому, що відбувається переміщення двох кулькових шпонок 25 , які одночасно перебувають у двох пазах під шпонку та у двох діаметрально протилежно зустрічно спрямованих канавках вала. Спіральні канавки ведучого приводного вала 2 і веденого приводного вала 3 зустрічно спрямовані. Завдяки тому, що кулькові шпонки переміщуються спіральними канавками, це призводить до повороту рухомих дебалансів навколо осей відповідних приводних валів, внаслідок чого плавно змінюється їхній сумарний статичний момент відносно осей цих валів та величина амплітуди циклічної вимушувальної сили F від 0 (див. Фіг. 2) до максимального значення (див. Фіг. 3).

Статичні моменти нерухомих дебалансів на приводних валах рівні між собою, а статичні моменти рухомих дебалансів, що розташовані по обидва боки від нерухомих дебалансів, удвічі менші від статичних моментів цих нерухомих дебалансів.

Відцентрова сила, що виникає при обертанні одного дебалансу масою m , описується виразом $F = m \cdot e \cdot \omega_p^2$, де e - ексцентриситет дебалансу, тобто відстань від центру маси до осі, відносно якої обертається дебаланс.

У випадку, коли приводні вали 2 і 3 мають однаковий початковий кут повороту $\varphi_2 = \varphi_3$ (на кресленні не показані) (це буде у разі, коли площини, що проходять через їхні осі та центри мас встановлених на них нерухомих дебалансів паралельні) при їх зустрічному синхронному обертанні виникає циклічна вимушувальна сила F , яка діятиме у площині, перпендикулярній до площини, яка проходить через осі приводних валів 2 і 3 , а тому кут напрямку коливань (вібрації) робочого органу вібромашини буде дорівнювати $\delta = 90^\circ$, як це показано на Фіг. 4.

На початку роботи, коли рухомі дебаланси розвернуті на кут $\delta = 180^\circ$ відносно нерухомих дебалансів, як показано на Фіг. 2, відцентрова сила двох нерухомих дебалансів \vec{F}_{11} та \vec{F}_{26} компенсується відцентровими силами чотирьох рухомих дебалансів \vec{F}_{23} , \vec{F}_{22} , \vec{F}_{28} , та \vec{F}_{27} , оскільки кожен нерухомий дебаланс має вдвічі більший статичний момент, ніж рухомий дебаланс. Відповідно сумарна циклічна відцентрова вимушувальна сила F віброприводу у положенні відповідно Фіг. 2 дорівнює нулю, оскільки $F = (F_{23} - F_{11} + F_{22}) + (F_{28} - F_{26} + F_{27}) = 0$, як це

показано на Фіг. 4в. У такому разі коливання робочого органу вібромашини відсутнє.

При однакових початкових кутах повороту приводних валів 2 і 3 $\varphi_2 = \varphi_3$ (на кресленні не показані) максимальні величини амплітуди циклічної вимушувальної сили F та амплітуди коливань робочого органу вібромашини досягаються при максимальному наближенні рухомих дебалансів до нерухомих дебалансів, коли кут $\beta = 0^\circ$, як це показано на Фіг. 3. У такому разі кут напрямку коливань (вібрації) робочого органу вібромашини буде дорівнювати $\delta = 90^\circ$ як це показано на Фіг. 4а.

У такому випадку центри мас рухомих та нерухомих дебалансів лежать на одній прямій і всі дебаланси рухаються синхронно із однією швидкістю ω_p , тому амплітуда сумарної відцентрової циклічної вимушувальної сили F буде максимальною, а вираз для її визначення матиме вигляд:

$$F_{\max} = (\vec{F}_{23} + \vec{F}_{11} + \vec{F}_{22}) + (\vec{F}_{28} + \vec{F}_{26} + \vec{F}_{27})$$

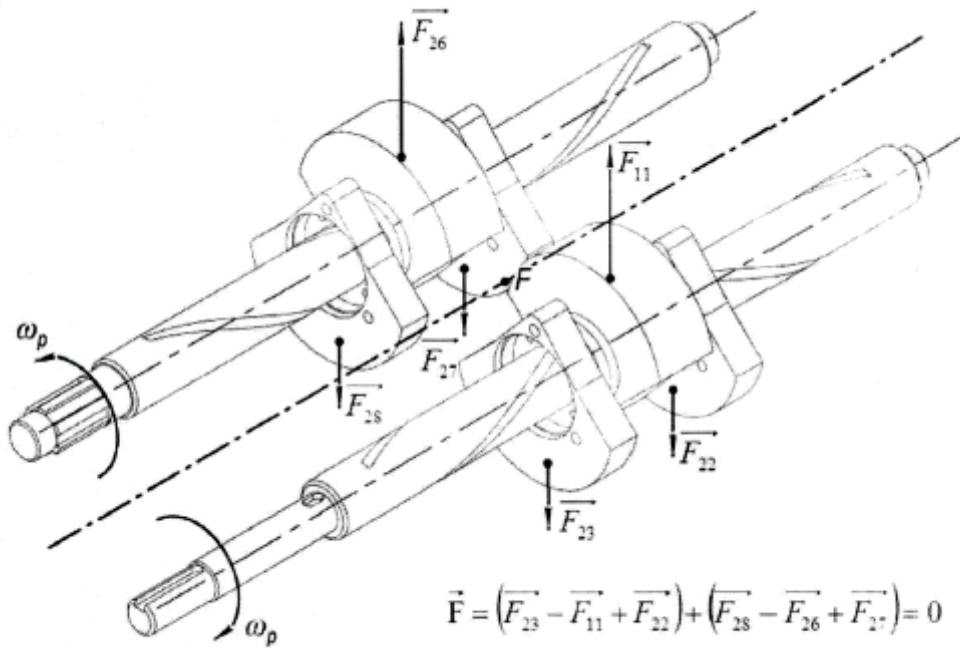
У разі коли приводні вали 2 і 3 мають однаковий початковий кут повороту $\varphi_2 = \varphi_3$, регулювання амплітуди коливань робочого органу вібромашини здійснюють таким чином. При

переміщенні вздовж осей ведучого 2 та веденого 3 приводного вала віброприводу і одночасному повороті рухомих дебалансів з початкового положення на певний кут β , та при одночасному обертанні обох валів із заданою швидкістю ω_p (в протилежних напрямках) виникають циклічні відцентрові сили нерухомих та рухомих дебалансів $F_{23+11+22} \cdot \sin(\omega_p t)$ та $F_{28+26+27} \cdot \sin(\omega_p t)$ відповідно. У такому разі горизонтальні складові \vec{F}_X цих циклічних відцентрових сил у будь-який момент часу врівноважуються, а вертикальні \vec{F}_Y додаються, і, як наслідок, виникає напрямлена сумарна циклічна відцентрова сила F . Цей випадок для $\beta = 90^\circ$ зображений на Фіг. 4б.

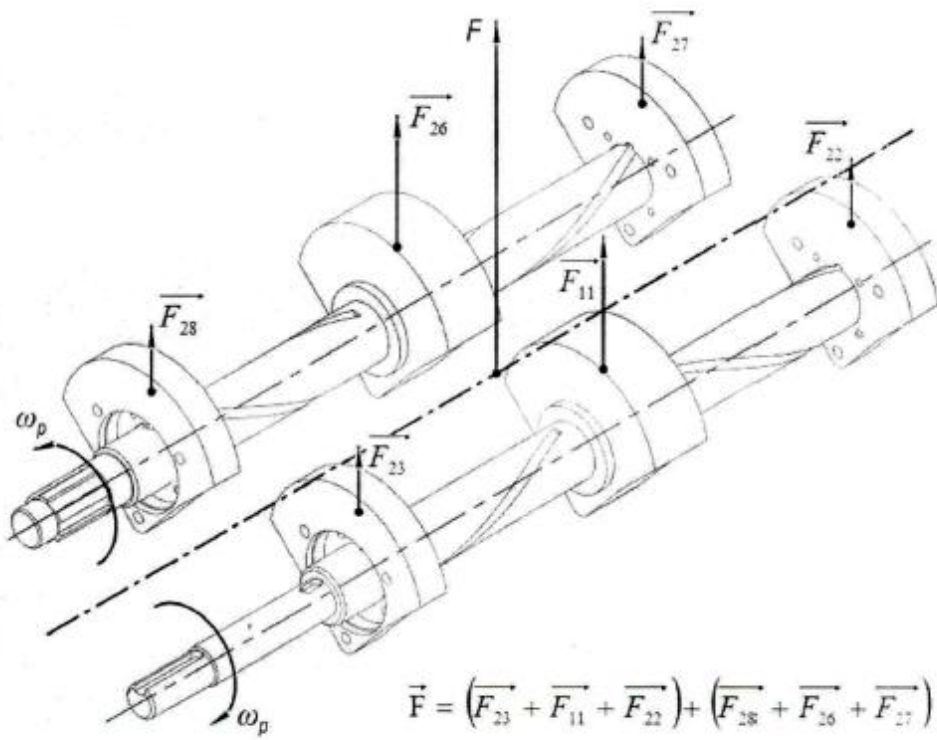
У запропонованій конструкції напрямок вібрації регулюється за рахунок зміни початкового кута повороту веденого приводного вала φ_3 за допомогою електромагнітної муфти 39, може встановлювати та руйнувати жорсткий кінематичний зв'язок між веденим приводним валом 3 та зубчатим колесом 29. Керуючи фрикційним щепленням між дисками електромагнітної муфти 39 (зокрема зменшуючи його), можна змінювати різницю фаз обертання $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_3$ ведучого 2 та веденого 3 приводних валів. За рахунок того, що ведучий приводний вал 2 завжди через муфту 21 з'єднаний з приводним електродвигуном (на кресленні не показаний) а ведений приводний вал 3 за допомогою електромагнітної муфти 39 може від'єднуватись від нього, можна встановлювати необхідну різницю фаз обертання $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_3$ ведучого 2 та веденого 3 приводних валів.

При вимкненій електромагнітній муфті 39 та вмиканні приводного електродвигуна ведучий приводний вал 2 почне обертатись, а ведений приводний вал 3 буде нерухомим, що призведе до появи і зростання різниці фаз обертання $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_3$ цих валів. Після досягнення необхідного із технологічного погляду різниці фаз обертання $\Delta\varphi$ між ведучим 2 та веденим 3 приводними валами, вмикаючи, електромагнітну муфту 39 і встановлюють фрикційне щеплення між її дисками. Завдяки жорсткому кінематичному зв'язку між двома валами, що забезпечують зубчаті колеса 12 та 29, приводні вали 2 і 3 у подальшому будуть обертатися синхронно в протилежних напрямках із заданою швидкістю ω_p , але вже будуть повернуті один відносно іншого на певний кут $\Delta\varphi$ і не займатимуть одночасно горизонтального чи вертикального положення. І, як наслідок, горизонтальні складові \vec{F}_X циклічних відцентрових вимушувальних сил $F_{23+11+22} \cdot \sin(\omega_p t)$ та $F_{28+26+27} \cdot \sin(\omega_p t)$ в будь-який момент часу вже не врівноважуватимуть одна одну, внаслідок чого виникатиме сумарна горизонтальна складова $F_X = f(\varphi)$ цих циклічних відцентрових сил, яка залежатиме від різниці фаз обертання $\Delta\varphi$ між ведучим 2 та веденим 3 приводними валами. Як наслідок, горизонтальна складова $\vec{F}_X = f(\varphi)$ циклічних відцентрових сил буде додаватися до їхньої вертикальної складової \vec{F}_Y , що призведе до виникнення сумарної циклічної відцентрової сили $\vec{F} = F_X(\varphi) + F_Y$, напрям дії якої δ залежатиме від різниці фаз обертання $\Delta\varphi$ між ведучим 2 та веденим 3 приводними валами, як це показано на Фіг. 5 для різних значень кута β .

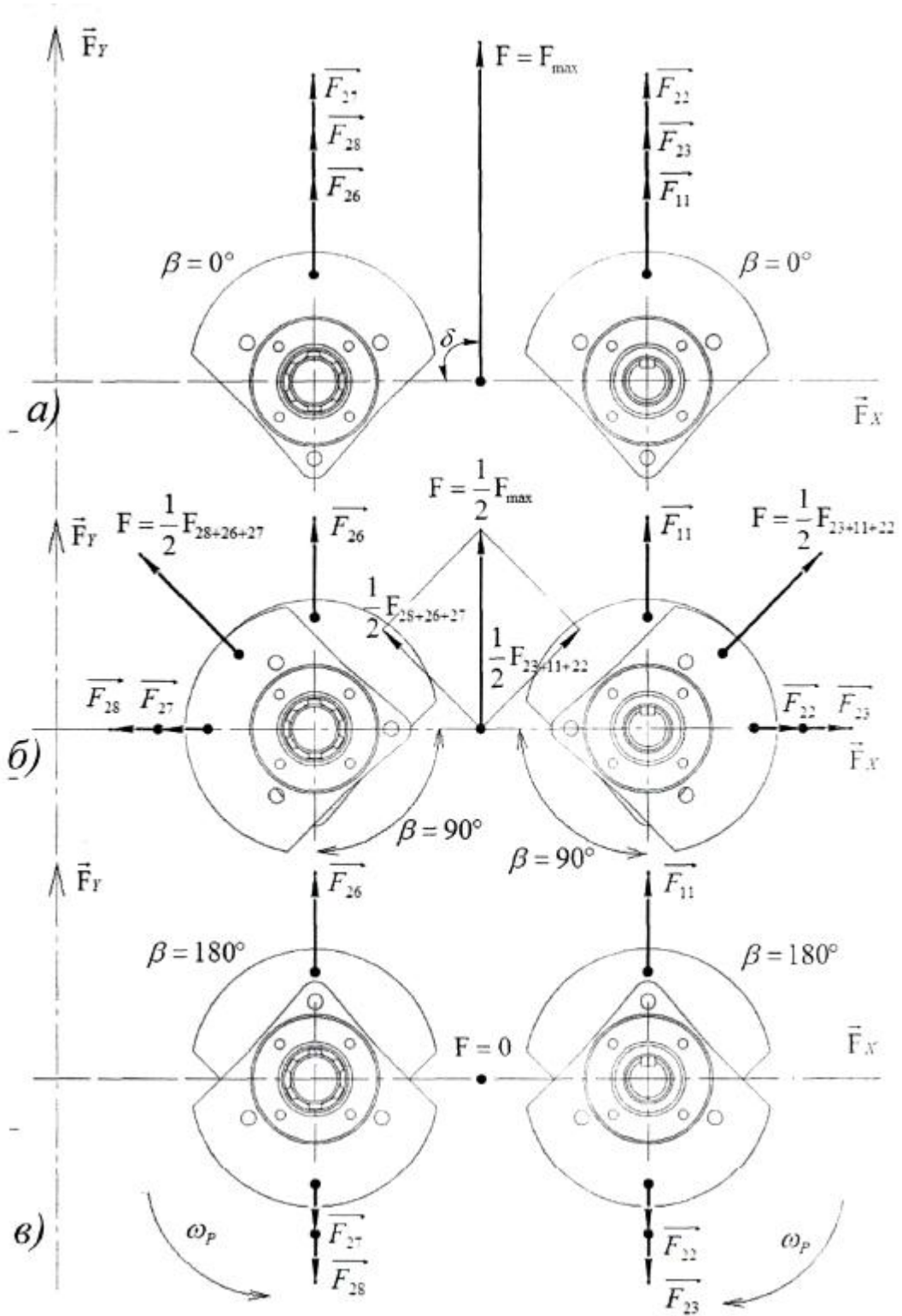
Запропонований керований симетричний дебалансний вібропривід спрямованої дії з регулюванням кута напрямку вібрації дозволяє незалежно керувати частотою циклічної вимушувальної сили віброприводу, її амплітудою та кутом напрямку вібрації, який суттєво впливає на такий параметр роботи вібраційних машин, як швидкість вібротранспортування, інтенсивність та продуктивність обробки.



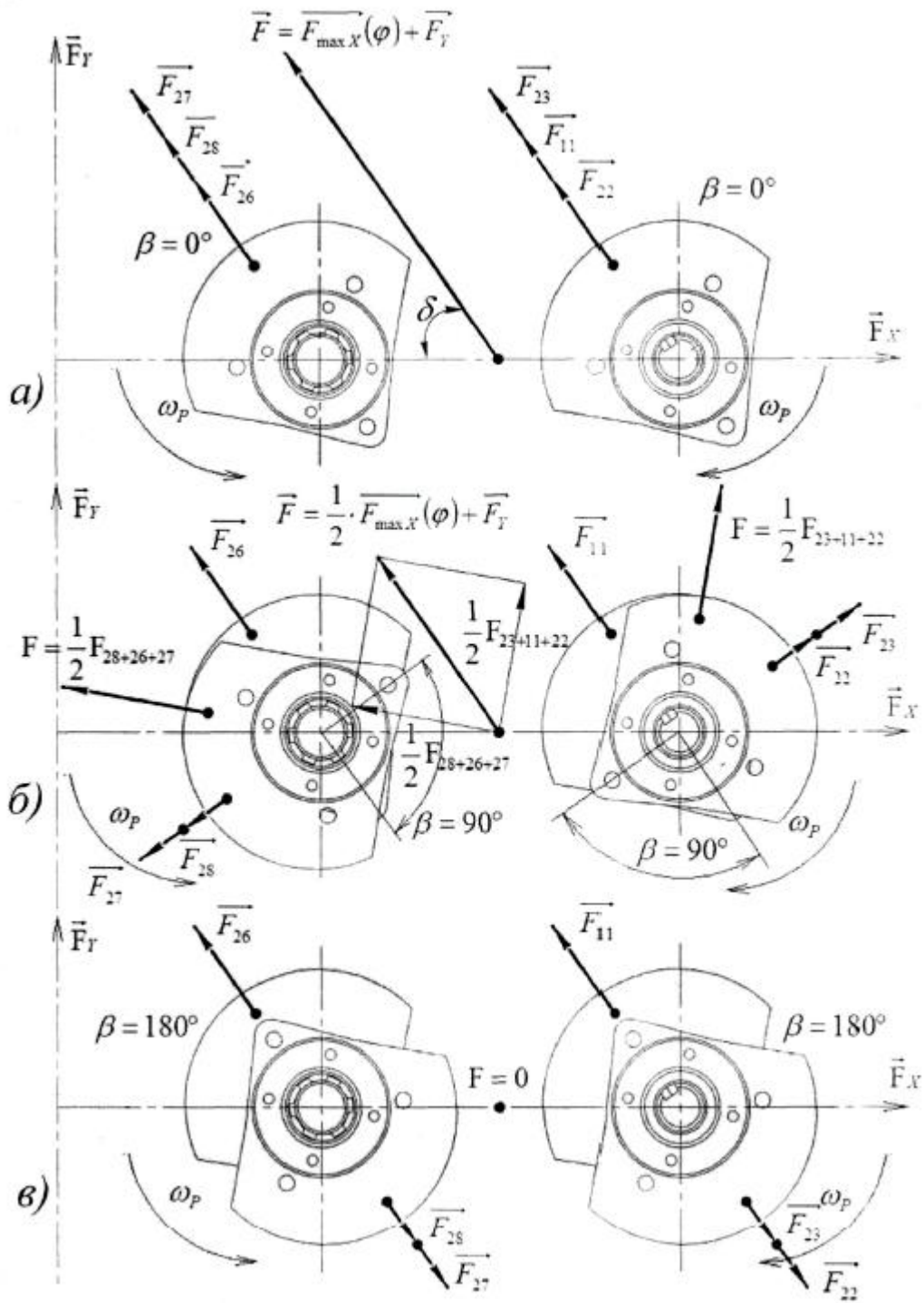
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5