

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КРИВОРІЗЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису



ПОНОМАРЧУК ІГОР АНАТОЛІЙОВИЧ

ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ПРИВОДУ,
ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ РЕВЕРСИВНОЇ
ВІБРОТРАНСПОРТУЮЧОЇ МАШИНИ

05.02.03 - системи приводів

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

ВІННИЦЯ - 1996



00759726 (-)

Дисертація в рукопис.

Робота виконана у Вінницькому державному технічному університеті та Криворізькому технічному університеті.

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор
Каварма І.І.

Офіційні опоненти - доктор технічних наук, професор
Анісімов В.Ф.
кандидат технічних наук
Гуменчук О.О.

Провідна організація - Науково-дослідний гірничорудний інститут, м.Кривий Ріг.

Захист дисертації відбудеться " 18 " 04 1996 р.
о 14 год. на засіданні спеціалізованої вченої ради
К 10.01.02 при Вінницькому державному технічному університеті.

Адреса: 286021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Вінницького державного технічного університету за вказаною адресою.

Автореферат розісланий " 15 " 03 1996 р.

Учений секретар
спеціалізованої ради

Дерібо О.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Транспортувальні машини, які працюють за принципом вібраційного транспортування, використовуються в різних галузях народного господарства і промисловості для переміщення насипних та штучних вантажів, зокрема при механізації таких основних робіт, як випуск, доставка та навантаження вагону руди, в гірничій промисловості, широке розповсюдження отримали високопродуктивні вібротранспортувальні машини (ВТМ). Продуктивність процесів, безпека і якість робіт при цьому значно підвищуються. Разом з тим процес вібраційного випуску та навантаження в вагони гірничої маси характеризується деякими проблемами, які ще не знайшли свого рішення. До таких проблем належать, зокрема, зависання гірничої породи при випуску, а також вихід негабаритних кусків породи, які не можуть бути негайно завантажені у вагони, а потребують додаткової обробки.

Ці задачі можуть бути вирішені при використанні вібробункрувальних і реверсивних вібротранспортувальних пристроїв, практичне застосування яких стримується відсутністю простої та надійної конструкції реверсивної ВТМ.

Тому, необхідна перевірка працездатності, обґрунтування та розробка раціональної схеми приводу, дослідження робочих параметрів та можливих конструктивних схем, розробка інженерної методики розрахунку основних геометричних та силових параметрів реверсивної ВТМ з круговими коливаннями робочого органу.

Мета роботи полягає в обґрунтуванні технічних рішень при розробці приводу і конструкції реверсивної ВТМ для підземних умов використання, вивченні можливих областей використання, а також умов і вібраційних режимів, які забезпечують стабільне реверсивне переміщення вантажу ВТМ з круговими коливаннями робочого органу (гіраційнов ВТМ).

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішення таких задач:

-дослідження особливостей механізму взаємодії матеріалу з робочим органом і обґрунтування на цій основі конструкції і схеми приводу реверсивної ВТМ;

-створення дослідного зразка ВТМ з круговими коливання-

ми робочого органу;

- дослідження робочих параметрів реверсивної ВТМ та залежність їх від параметрів вібрації і характеристик вантажу;

- вивчення можливих схем приводів гіраційної ВТМ та їх придатність до підземних умов використання;

- розробка гідроприводу ВТМ з круговими коливаннями робочого органу;

- розробка інженерної методики розрахунку основних геометричних та силових параметрів гіраційної ВТМ.

Наукова новизна роботи:

- вперше вивчено умови та параметри вібрації, які забезпечують стабільне реверсивне переміщення технологічного навантаження ВТМ з використанням кругових коливань робочого органу;

- теоретично обґрунтований і експериментально перевірений спосіб збудження коливань робочого органу гіраційної ВТМ, який забезпечує реверсивність руху транспортного матеріалу;

- розроблено нові методи синхронізації приводних високомоментних гідродвигунів;

- встановлено закономірності і особливості взаємодії робочого органу з транспортованим матеріалом, що враховує його фізичні властивості та режими вібрації;

- розроблено методику інженерного розрахунку реверсивної ВТМ з круговими коливаннями робочого органу.

Практичне значення роботи обумовлено розробкою нових технологічних процесів, пов'язаних з віробункеруванням гірничої маси та реверсивним переміщенням негабаритних кусків породи, які здійснюються за допомогою розробленої гіраційної ВТМ.

Розроблено практичні рекомендації щодо використання результатів досліджень.

Матеріали дисертації передані для використання в лабораторії механізації основних та допоміжних процесів науково-дослідного гірничорудного інституту, м. Кривий Ріг.

Апробація роботи. Основні положення і результати досліджень пройшли апробацію на кафедрі гірничих машин Криворізького технічного університету (1995 р.), а також

викладались у доповідях на 24-й науково-технічній конференції Вінницького державного технічного університету (1995 р.), науковому семінарі кафедри ГІЗБ Вінницького державного технічного університету (1995 р.)

Публікації. За темою дисертації опубліковано 8 праць, серед яких 2 авторських свідчення на винаходи, та 2 праці без співавторів.

Обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, закінчення, списку літератури із 118 найменувань, 6 додатків, викладена на 110 стор. основного тексту з 31 рисунком та 7 таблицями.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність роботи, викладені основні положення, які виносяться на захист, сформульовані мета, наукова новизна та практична цінність роботи.

В першому розділі виконано аналіз існуючих конструкцій, схем приводів та класифікація ВТМ. Оглянуті питання, пов'язані з розрахунком робочих параметрів і основних залежностей, що характеризують ВТМ. Проаналізовані існуючі схеми ВТМ, які мають можливість реверсування напрямку переміщення технологічного навантаження, виявлені їх недоліки та визначено напрямки вирішення поставлених задач. Встановлено, що для реверсивних ВТМ є раціональним використання кругових коливань робочого органу.

В області теорії і методів розрахунку ВТМ вітчизняними та зарубіжними авторами проведена велика кількість досліджень. В числі дослідників необхідно назвати Блехмана І.І., Гончаревича І.Ф., Джанелідзе Г.Д., Йофіна С.Л., Каварму І.І., Потуряєва В.Н., Тропмана А.Г., Учителя А.Д., Червоненко А.Г., Франчука В.П. та багатьох інших. Основні дослідження проводились за такими напрямками, як визначення механізму взаємодії робочого органу ВТМ з технологічним навантаженням, виявлення процесів, що проходять в шарі транспортуемого матеріалу, та взаємодія окремих його шарів, визначення залежностей між параметрами робочих процесів ВТМ та швидкості його транспортування, визначення енерговитрат транспортування матеріалу та вплив на них різних факторів, а також визна-

чення впливу характеристик матеріалу на робочі параметри ВТМ.

На основі аналізу відомих наукових досліджень і науково-технічних рішень з розробки та експлуатації ВТМ і їх приводів були сформульовані такі задачі досліджень:

-дослідити особливості механізму взаємодії матеріалу з робочим органом і обґрунтувати на цій основі конструкцію і схему приводу гіраційної ВТМ;

-створити дослідний зразок ВТМ з круговими коливаннями робочого органу;

-дослідити робочі параметри реверсивної ВТМ та залежність їх від параметрів вібрації і характеристик вантажу;

-вивчити можливості схем приводів гіраційної ВТМ та їх придатність до підземних умов використання;

-розробити гідропривід ВТМ з круговими коливаннями робочого органу;

-розробити інженерну методику розрахунку основних геометричних та силових параметрів гіраційної ВТМ.

У другому розділі викладено результати теоретичних досліджень процесу переміщення матеріалу ВТМ з круговими коливаннями робочого органу. Для цього була створена розрахункова схема, яка наведена на рис.1. На схемі показані чотири положення робочого органу, що відповідають фазам зміни режиму руху матеріалу відносно робочого органу. Для розробки математичної моделі використовувався метод поетапного інтегрування рівнянь руху матеріальної частки, яка знаходиться на вібруччій поверхні. При цьому були прийняті такі припущення: сила сушого тертя вважається зосередженою, власні коливання робочого органу не враховуються, матеріальна частинка приймається абсолютно твердою та недеформованою.

Математична модель відносного руху матеріалу складається з такої системи рівнянь

$$\begin{cases} \frac{d^2 x}{dt^2} = -f \left(g - \frac{d^2 y_0}{dt^2} \right) \operatorname{sign} \left(\frac{dx}{dt} \right) + \frac{d^2 x_0}{dt^2} \\ \frac{d^2 y}{dt^2} = \frac{R}{m} - g - \frac{d^2 y_0}{dt^2} \end{cases} \quad (1)$$

де f - коефіцієнт тертя в системі матеріал-поверхня робочого органу;

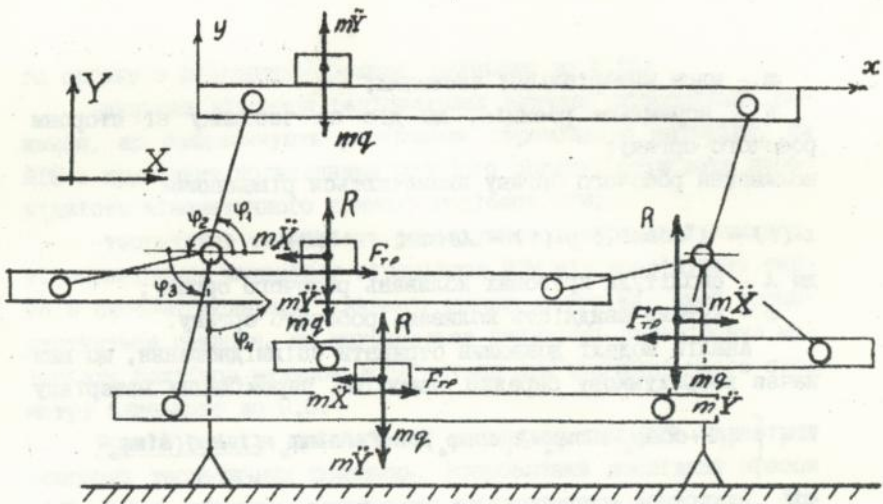


Рис. 1. Розрахункова схема реверсивної ВТМ з круговими коливаннями робочого органу.

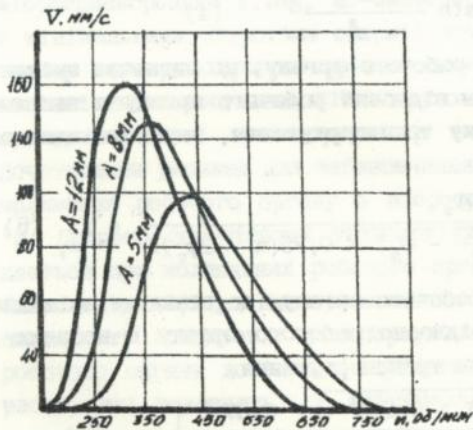


Рис. 2. Залежність швидкості транспортування від частоти коливань робочого органу гіраційної ВТМ.

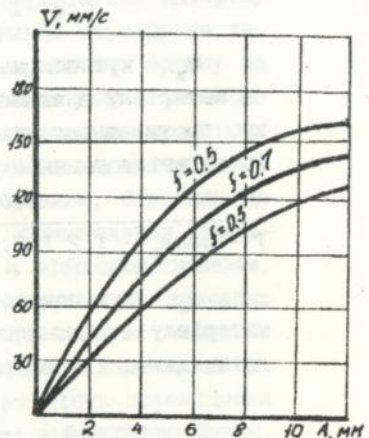


Рис. 3. Залежність швидкості транспортування від амплітуди коливань робочого органу гіраційної ВТМ.

m - маса матеріальної частинки;

R - нормальна реакція, що діє на частинку зі сторони робочого органу;

коливання робочого органу визначаються рівняннями

$$x_0(t) = A \cos \omega t ; y_0(t) = A \sin \omega t , \quad (2)$$

де A - амплітуда кругових коливань робочого органу;

ω - кутова швидкість коливань робочого органу.

Аналіз моделі дозволив отримати співвідношення, що визначає середню швидкість переміщення матеріалу

$$V = \left[A(2 + \cos \varphi_3 - \sin \varphi_4 + k_1 \cos \varphi_4) + f A (\sin \varphi_3 + (1 + k_1)(\sin \varphi_1 - \cos \varphi_4)) + k_2 \left[\varphi_3^2 - (k_1 + 1)(\varphi_1^2 + \left(\frac{\pi}{2} - \varphi_4\right)^2) \right] \right] , \quad (3)$$

де k_1 та k_2 - коефіцієнти, які обумовлені параметрами коливань робочого органу;

φ_1 - кут положення робочого органу при якому відбувається відрив матеріалу від робочого органу

$$\varphi_1 = \arcsin \frac{g}{A \omega^2} , \quad (4)$$

φ_3 - кут положення робочого органу, що визначає зміщення матеріалу з ковзанням відносно робочого органу в напрямку, протилежному напрямку транспортування, який знаходиться із співвідношення

$$\frac{0,6 \sin \varphi_3}{1 - \cos \varphi_3 - 1,2 \left[0,5 \left(\frac{\pi}{2} - \varphi_3 \right) + 0,25(\pi - 2\varphi_3) \right]} = f , \quad (5)$$

φ_4 - кут повороту робочого органу, що визначає зміщення матеріалу з ковзанням відносно робочого органу в напрямку, співпадальному з напрямком транспортування

$$\varphi_4 = \arccos \left[\frac{\sqrt{1 + 0,24f^2} - 0,87f^2}{f^2 + 1} \right] \quad (6)$$

Аналіз результатуального співвідношення дозволив зробити такі висновки:

- залежність середньої швидкості переміщення матеріалу від частоти коливань має максимум в області коливань робочо-

го органу з віброприскоренням, близьким до 1,15g

-вузький діапазон раціональних значень вібраційних режимів, що забезпечують реверсивне переміщення матеріалу на ВТМ з круговими коливаннями робочого органу, обумовлює необхідність кінематичного приводу подібної ВТМ;

-теоретична залежність розрахункової середньої швидкості переміщення матеріалу гіраційною ВТМ від коефіцієнту тертя в системі поверхня робочого органу-матеріал, який транспортується показує, що максимальна швидкість переміщення матеріалу подібної машиною досягається при значенні цього параметру близького до 0,5.

Третій розділ присвячений експериментальній перевірці основних теоретичних положень. Розроблений дослідний зразок і прийнята методика планування експерименту дозволила, при їх мінімальному обсязі вивчити основні залежності, що характеризують робочі процеси ВТМ із круговими коливаннями робочого органу. Експериментальні дослідження властивостей взаємодії матеріалу з робочим органом гіраційної ВТМ підтвердили, що максимальне зміщення матеріалу відносно робочого органу з відривом від останнього досягається при коливаннях з віброприскоренням 1,15g, що забезпечує переміщення матеріалу з мінімальними витратами енергії. Встановлені ступінь та характер впливу віброприскорення коливань робочого органу на можливість застосування ВТМ з круговими коливаннями робочого органу в якості транспортуючого та бункеруючого пристрою. Початковими умовами для забезпечення переміщення матеріалу з коливання робочого органу з віброприскоренням, близьким до 1g. Процес переміщення технологічного навантаження припиняється при коливаннях робочого органу з віброприскоренням, близьким до 2,26g. Експериментальні дослідження по вивченню залежності швидкості транспортування від частоти коливань робочого органу дозволили отримати залежності, наведені на рис.2, які показують, що максимальна швидкість переміщення матеріалу досягається при коливаннях з віброприскоренням, близьким до 1,15g. Експериментально перевірено працездатність приводу і загальної конструкції гіраційної ВТМ з кінематичним способом збудження кругових коливань робочого органу. Отримане експериментальне підтвердження залежності швид-

кості переміщення матеріалу та висоти бункерування від коефіцієнту тертя в системі матеріал-поверхня робочого органу, яке має максимум в області значень цього параметру, близького до 0,5. Підтверджено адекватність існуючих залежностей затухання коливань в гірничій масі, визначених для ВТМ з прямолінійними та еліптичними коливаннями робочого органу, відносно до ВТМ з круговими коливаннями робочого органу, що дозволяє використовувати відомі поправочні коефіцієнти для визначення швидкості переміщення матеріалів з погіршеними транспортабельними властивостями.

У четвертому розділі розглянуті можливі схеми приводів для ВТМ з круговими коливаннями робочого органу, а також проведено аналіз можливостей їх застосування в підземних умовах. Визначено, що раціональним для таких умов експлуатації є використання гідравлічного приводу.

Розроблено гідропривід гіраційної ВТМ з підвищеним рівнем синхронізації обертання привідних високомоментних гідродвигунів. Гідропривід складається (рис.4) з насосної станції 1, блоку керуєчих розподільників 2, двох (або більше) привідних високомоментних поршневих гідродвигунів 3 та 4, блоку гідравлічних датчиків положення робочого органу 5 та 6, зливної магістралі 8, напірної магістралі 7, баку 9.

Синхронізація обертання привідних гідродвигунів 3 та 4 досягається узгодженням роботи синхронізованих циліндрів за допомогою дискретних керуєчих розподільників 2, стан яких обумовлюється послідовно підключеними датчиками положення 5 та 6. Таким чином, при випереджальному рухові одного з гідродвигунів поршень одного з синхронізованих циліндрів прийде у крайнє положення раніше за відповідний поршень іншого гідродвигуна, але переключення керуєчого розподільника відбувається тільки тоді, коли і інший поршень досягне такого-ж положення. Тобто на гідродвигун, який випереджає інший буде діяти гальмівний момент синхронізованого циліндра до повного узгодження обертання гідродвигунів.

Переваги такого гідроприводу: максимальне використання стандартних вузлів, тому що оригінальними є лише гідравлічні датчики положення; простота та висока ефективність регулювання вібраційних режимів роботи гіраційної ВТМ; відносна

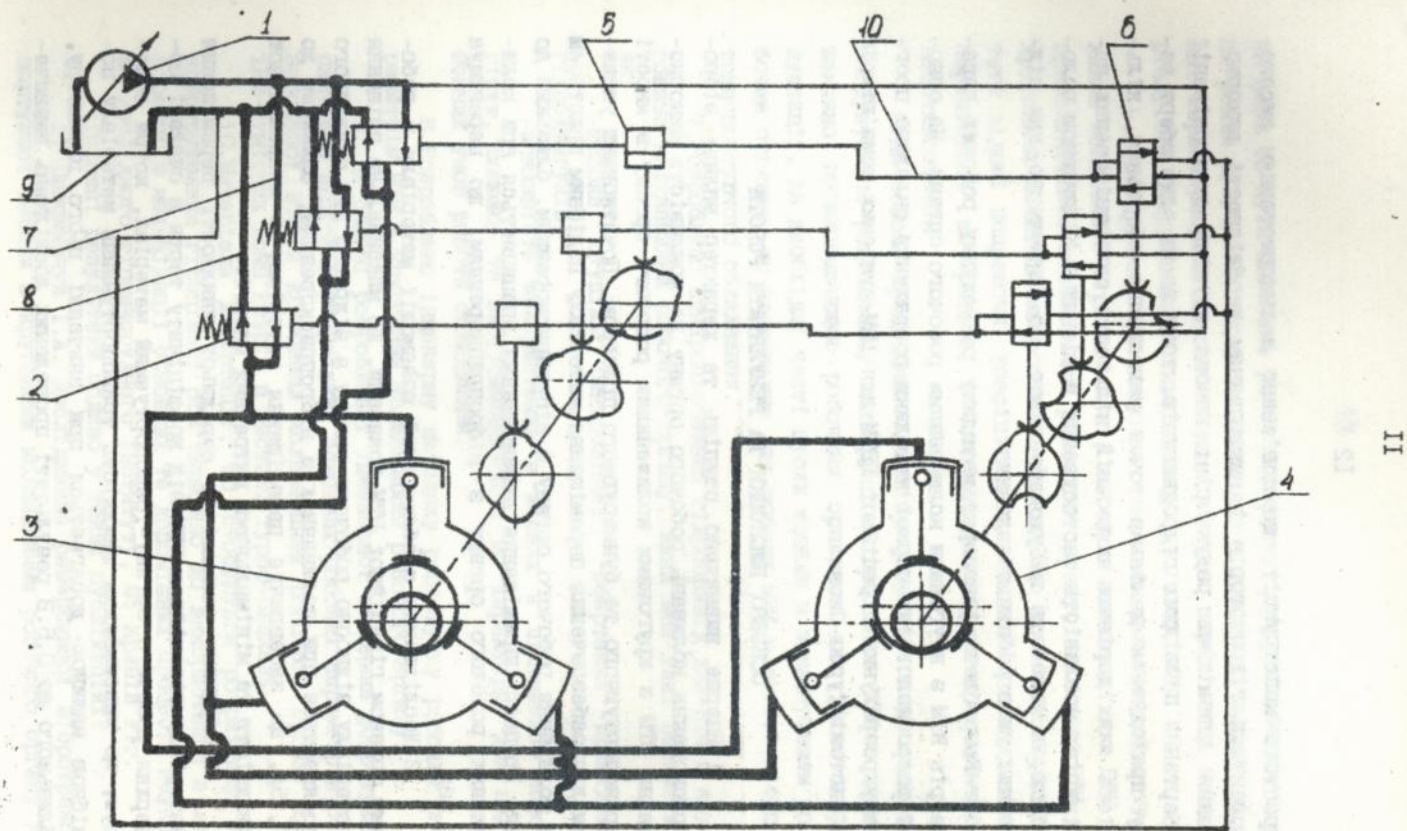


Рис.4. Схема синхронізованого гідроприводу гіраційної ВТМ.

простота конструкції, що пов'язано з використанням високомомментних гідромоторів і виключенням необхідності використання допоміжних редукторів; висока ступінь синхронізації обертання привідних гідродвигунів, тому що на один оберт валу приходиться декілька точок угодження обертання, кількість яких дорівнює подвоєній кількості синхронізованих циліндрів; можливість застосування в місцях з підвищеною вологістю, пожежо- та вибухонебезпечною, що характерно для підземних умов роботи обладнання.

Розроблено інженерну методику розрахунку робочих параметрів ВТМ з круговими коливаннями робочого органу. На основі розробленої інженерної методики розрахунку складено програму розрахунку гіраційної ГВТМ для IBM-сумісних комп'ютерів в системі Турбо-Паскаль.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. Вперше визначено ступінь та характер впливу віброприскорення коливань робочого органу на можливість використання ВТМ з круговими коливаннями робочого органу в якості транспортуючого та бункеруючого пристроїв. Початковими умовами для забезпечення переміщення матеріалу подібним пристроєм є коливання робочого органу з віброприскоренням, близьким до $1g$. Процес переміщення навантаження припиняється при коливаннях робочого органу з віброприскоренням, що перевищує $2,56g$.

2. Дослідження особливостей взаємодії матеріалу з робочим органом гіраційної ВТМ показали, що максимальне зміщення матеріалу відносно робочого органу в відривом від останнього досягається при коливаннях з віброприскоренням, близьким до $1,15g$, це забезпечує переміщення матеріалу з максимальною швидкістю та мінімальними витратами енергії.

3. Отримано залежність середньої швидкості переміщення матеріалу гіраційною ВТМ від коефіцієнту тертя в системі поверхня робочого органу-транспортуючий матеріал, котра показує, що максимальна швидкість транспортування матеріалу подібною машиною досягається при значенні цього параметру, близького до $0,5$. В результаті проведених досліджень визначе-

но фази та кути положень робочого органу, при яких змінюється режим руху матеріалу, що дозволило встановити залежності, які характеризують питому енергомісткість переміщення матеріалу ВТМ з круговими коливаннями робочого органу.

5. Підтверджено адекватність існуючих залежностей затухання коливань в гірничій масі, які були визначені для ВТМ з прямолінійними коливаннями робочого органу, стосовно ВТМ з круговими коливаннями робочого органу, що дозволяє використати відомі поправочні коефіцієнти для визначення швидкості переміщення матеріалів з погіршеними транспортабельними властивостями.

6. На основі проведеного аналізу результатів досліджень обґрунтовано раціональну конструкцію гіраційної ВТМ з двома взаємно врівноваженими робочими органами для умов експлуатації, де необхідні часті пуски машини з завантаженням робочим органом, що характерно для роботи ВТМ в якості вібротранспортного обладнання.

7. Розроблено синхронізований гідропривід для ВТМ з круговими коливаннями робочого органу, який має такі переваги, як:

- висока ступінь синхронізації обертання привідних гідродвигунів;

- можливість використання в місцях з підвищеною вологістю, пожежо- та вибухонебезпечною, що характерно для підземних умов роботи обладнання.

8. Розроблено інженерну методику розрахунку робочих параметрів ВТМ з круговими коливаннями робочого органу.

9. На основі розробленої інженерної методики розрахунку складено програму розрахунку основних робочих параметрів реверсивної ВТМ з круговими коливаннями робочого органу для ІВМ-сумісних комп'ютерів в системі Турбо-Паскаль.

10. Матеріали дисертації, що стосуються розрахунку та конструювання гіраційної ВТМ передано до використання в лабораторіях механізації основних та допоміжних процесів науково-дослідного гірничорудного інституту, м. Кривий Ріг.

Головні результати подано у таких публікаціях:

1. Пономарчук І.А. Дослідження реверсивної вібротранспортної машини з круговими коливаннями робочого органу //

Вісник ВПІ.-Вінниця, 1995.- №3.-Зс., ил 3.

2. А.с.1181956 СССР МКИ* В 65 G 23/08. Мотор-барабан конвейера /А.Ф. Пономарчук, Е.Е. Новиков, И.В. Коц, Л.К.Полищук, В.Я. Коваленко, И.А. Пономарчук (СССР).- Бл. №36 //Открытия. Изобретения.- 1985.- №36.- 5с., ил.4.

3. А.с. 1181957 СССР МКИ*В 65 G 23/08. Мотор-барабан / А.Ф. Пономарчук, Е.Е. Новиков, И.В. Коц, Л.К.Полищук, В.Я. Коваленко, И.А. Пономарчук (СССР).- Бл. №36 //Открытия. Изобретения.- 1985.- №36.- 4с., ил.2.

4.Ратушняк Г.С., Заика В.И., Пономарчук И.А. Исследования гидравлических вибраторов для уплотнения бетонных смесей.// Тез. докл. на науч.-технич. конф. "Проектирование гидроприводов и систем гидропневмоавтоматики".- Пенза, 1984.- С.34-37.

5.Ратушняк Г.С., Коц И.В., Пономарчук А.Ф.,Пономарчук И.А. Гидравлический бутбой для дробления негабаритных кусков горных пород // Информационный листок Винницкого ЦНТИ.- Винница, 1984.- 4с., ил.2.

6.Гуменник А.Г., Коц И.В., Заика В.И., Полищук Л.К., Пономарчук И.А. Инерционный конвейер.// Информационный листок Винницкого ЦНТИ.- Винница.- 1985.- №28.- 4с.

7.Іванов М.Є., Пономарчук І.А. Гіраційний конвейер. // позитивне рішення по заявці №93101086 від 12.01.93 в комітет по справах винаходів України.- 1992.- 4с.

8.Пономарчук И.А. Математическая модель и теоретические исследования рабочих процессов гирационного конвейера / Дел. в ДНТБ Украины 26.04.94, №663-Ук94.- 12с.

При цьому автор зробив наступний вклад: в роботі [4] розробив загальну схему гідроприводу; в роботі [5] запропонував конструкцію гідролічних датчиків положення; в роботах [2] і [3] запропонував схему узгодження роботи декількох гідродвигунів; в роботі [6] визначив робочі параметри інерційного конвейера; в роботі [7] розробив загальну конструкцію і розробив привід вібротранспортуючої машини з круговими коливаннями робочого органу.

Автор вважає своїм обов'язком висловити подяку професору Іванову М.Є., який поряд з науковим керівником надавав допомогу у проведенні експериментальних досліджень

Пономарчук И.А. Обоснование и разработка привода, исследование рабочих параметров реверсивной вибротранспортирующей машины.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.03 - системы приводов.

Настоящая работа содержит обоснование рациональной схемы привода с кинематическим возбуждением круговых колебаний рабочего органа реверсивной вибротранспортирующей машины, а также разработку гидропривода с синхронизированным вращением приводных высокомоментных гидродвигателей. Приведены результаты исследований рабочих параметров реверсивной вибротранспортирующей машины и их зависимость от вибрационных режимов и характеристик перемещаемого материала. На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработана инженерная методика расчета реверсивных вибротранспортирующих машин с круговыми колебаниями рабочего органа

Ponomarchuk I.A. The basis and elaboration drive, the investigation working parameters of the reversible oscillating conveyer machine.

The thesis being submitted for the scientific degree of Candidate of technical speciality 05.02.03 - drive systems.

The real work containing the basis rational scheme drive with kinematic excitation circular vibrations of working organ of reversible oscillating conveyer machine, and also elaboration hydraulic drive with synchronizing spinning of driving high-moment hydraulic prime mover. It was adduce the results of inverstigations working parameters of reversible oscillifting cjnveyereton machine and theirs dependence from vibrating regimes and characteristics transterencing material. On the foundation mading the theoretikal and experimental inverstigations it was elaborate engineering method of oflculation reversible oscillating conveyereton machines with circular vibration working organ.

Ключові слова: привід, кругові коливання, гіраційна вибротранспортувальна машина, параметри вібрації, гідроприс-
корення.

Підписано до друку 13.03.1996 р.
Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 0,93.
Тираж 100 прим. Замовлення № 96-572.01.
Надруковано фірмою "КОНТИНЕНТ"
м. Вінниця, вул. Козицького, 13, т. 35-35-20.

4111024

AB 34.279

AB 34.279