ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

ЯРОШЕНКО ЛЕОНІД ВІКТОРОВИЧ

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПРИВОДУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ КЕРОВАНОГО ЦИРКУЛЯЦІЙНОГО РУХУ РОБОЧОГО СЕРЕДОВИЩА ВІБРАЦІЙНИХ МАШИН

Спеціальність 05.02.03 "Системи приводів"

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

ВІННИЦЯ - 1997

62-8

АВ 36.991

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Вінницькому державному технічному університеті на кафедрі з

ЛННБ України ім.В.Стефаника
00761011 (G)

Науковий керівник - кандидат технічних наук, доцент Берник Павло Степанович

Офіційні опоненти: - доктор технічних наук, професор Пономарчук Анатолій Федосійович
- кандидат технічних наук Денісов Павло Дмитрович

Провідна організація: Державний університет "Львівська політехніка", м. Львів

Захист відбудеться "14" 03 1997 року о 14⁰⁰ год. на засіданні спеціалізованої вченої ради К 10.01.02 у Вінницькому державному технічному університеті за адресою: 286021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95. ауд. 210 ГУК

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці ВДТУ, за вказаною адресою.

Автореферат розісланий "3" 02 1997 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Дерібо О.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В існуючих прогресивних виробництвах вібраційна обробка є невід'ємною складовою частиною при здійсненні таких оздоблювально-зачисних операцій (ОЗО), як зняття задирів, заокруглення гострих країв, шліфування, полірування, підготовка поверхонь деталей під лакофарбувальні покриття, надання їм товарного вигляду, створення на поверхні деталей шарів із необхідними фізико-механічними властивостями. На підприємствах машинобудівної та приладобудівної галузей промисловості трудомісткість таких операцій становить 10...35% від загальної трудомісткості виготовлення деталей.

Однак існує велика кількість деталей із пластичних або крихких матеріалів, а також тонкостінної чи ажурної форми, які узагальнено можна назвати легкопошкоджуваними, для яких традиційні способи вібраційної обробки із використанням універсальних вібраційних машин малопридатні. Вібраційну обробку легкопошкоджуваних деталей, як правило, здійснюють при їх закріпленні на спеціальній підвісці і наданні їм додаткових примусових рухів від окремих приводів, але при цьому процес є енергомістким, а допоміжне обладнання складним і дорогим.

Найбільш перспективною, для здійснення ОЗО легкопошкоджуваних деталей, є розробка вібраційних машин із керованим циркуляційним рухом робочого середовища, пристроїв для утилізації його кінетичної енергії та використання її для приводу примусового руху оброблюваних деталей. Розробка такого обладнання, що відрізняється простотою конструкції, меншою собівартістю та меншою енергомісткістю здійснюваних на ньому технологічних процесів, є актуальною науковою та практичною задачею. Робота виконувалась відповідно до тематичного плану науково-дослідних та дослідно-конструкторських розробок Головного управління координації освоєння науково-технічного прогресу та інформатики Міністерства сільського господарства і продовольства України, а також за окремими госпдоговірними темами із різними підприємствами.

Мета роботи полягає у розробці та дослідженні електромеханічного приводу із центробіжним віброзбуджувачем (ЕМПЦВЗ) торових вібраційних машин для створення керованого циркуляційного руху робочого середовища та використання його для приводу примусового руху деталей, що обробляються.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

Для досягнення цієї мети необхідно розв'язати ряд задач:

- виконати теоретичне дослідження динаміки вібраційних машин із торовим контейнером, який обладнано ЕМПЦВЗ, на основі використання її уточнених динамічної та математичної моделей та отримати узагальнені залежності для визначення кінематичних параметрів руху контейнера під час роботи вібраційної машини;

- дослідити механізм виникнення циркуляційного руху робочого середовища у торових контейнерах та розробити алгоритм керування цим рухом;

- виявити закономірності зміни параметрів потоку циркуляційного руху робочого середовища при регулюванні параметрів та характеристик ЕМПЦВЗ і встановити адекватність математичної моделі;

- побудувати математичну модель технічної системи, що складається із торової вібраційної машини із ЕМПЦВЗ, робочого середовища і оброблюваної деталі, яка встановлена на підвісці;

- розробити науково-обгрунтовану методику інженерного розрахунку вібраційних машин із торовими контейнерами, що обладнані ЕМПЦВЗ та пристроїв для надання деталям, що обробляються, примусових рухів за рахунок енергії циркуляційного руху робочого середовища;

- провести промислові випробування, розроблених на основі результатів досліджень та методики розрахунку, торових вібраційних машин та впровадити їх у виробництво.

Методи досліджень. Теоретичні дослідження виконувались на основі сучасних методів математичного моделювання фізичних процесів, що мали місце як при роботі вібраційної машини із торовим контейнером, так і у робочому середовищі із оброблюваними деталями. Експериментальні дослідження спрямовані на перевірку і підтвердження теоретичних положень, а також технічних та технологічних характеристик торових вібраційних машин із ЕМПЦВЗ, механічних параметрів циркуляційного руху робочого середовища, побудову математичної моделі досліджуваної технічної системи. Стендові та натурні експерименти і випробування проводились електровимірювальним способом із застосуванням сучасних приладів вібро- та тензометрії достатньої точності з частотними характеристиками, прийнятними для реєстрації параметрів робочих процесів, що досліджувались.

Наукова новизна роботи:

- розроблені уточнені динамічна та математична моделі торової вібраційної машини із ЕМПЦВЗ, отримані аналітичні залежності для визначення кінематичних параметрів коливного руху торового контейнера, описаний механізм виникнення потоку циркуляційного руху робочого середовища, розроблений алгоритм керування цим рухом;

- побудована математична модель технічної системи, що складається із торової вібраційної машини, робочого середовища та встановленої на підвісці оброблюваної деталі;

- досліджено розподіл динамічного напору потоку робочого середовища по перетину торового контейнера і розроблені рекомендації з обробки деталей, що легко пошкоджуються;

- розроблена науково-обгрунтована методика розрахунку ЕМПЦВЗ торових вібраційних машин.

Практична цінність. На основі проведених досліджень та інженерної методики розрахунку ЕМПЦВЗ спроектовано та виготовлено ряд торових вібраційних машин об'ємами: 5л, 15л, 60л, 100л, 120л. Створена, випробувана та впроваджена у виробництво двохконтейнерна вібраційна машина для обробки латунних сепараторів діаметром 180...300 мм, яка дозволила збільшити продуктивність праці у 8 раз, при покращенні якості обробки. Машина впроваджена у сепараторному цеху Вінницького підшипникового заводу. На цьому ж підприємстві, у цеху товарів народного вжитку, впроваджена вібраційна машина із об'ємом контейнера 60л, для шліфування та полірування деталей із сталі 65Г. Розроблена і випробувана дослідна установка для протирання кульок підшипників на ВПЗ. Розроблена і впроваджена у виробництво на Могилів-Подільскому приладобудівному заводі установка для вібраційної шпиндельно-планетарної обробки деталей ТНВ із сталі 12Х18Н10Т із пристроєм для утилізації енергії потоку циркуляційного руху робочого середовища і використання її для приводу примусового руху деталей, які обробляються.

Апробація роботи. Головні наукові положення та результати досліджень доповідались та обговорювались на: Всесоюзній науково-технічній нараді "Совершенствование механосборочного производства и пути развития технологии" - Воронеж, 1991 г.; Міжнародній науково-технічній конференції "Совершенствование и развитие отделочно-зачистной, финишной и поверхностно-пластической обработки деталей",

Вінниця, 1992 р.; Другій міжнародній науково-технічній конференції "Применение колебаний в технологиях: расчет и проэктирование машин для реализации технологий" - Вінниця, 1994 р.; Міжнародній науково-технічній конференції "Новые технологии с системы обработки в машиностроении" - Донецк, 1994 р.; Міжнародній науково-технічній конференції "Прогрессивная техника и технологии машиностроения" - Донецк, 1995 р.; Міжнародній науково-практичній конференції "Проблемы и перспективы создания свеклоуборочной техники" - Вінниця, 1996 р.; науковому семінарі кафедри МРВ і ОАВ Вінницького державного технічного університету; розширеному засіданні кафедри загальнотехнічних дисциплін Вінницького державного сільськогосподарського інституту.

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 19 наукових робіт, у тому числі 3 авторських свідоцтва і 4 публікації без співавторів.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох глав, висновків по роботі, списку літератури із 107 найменувань, та 3 додатків. Зміст роботи викладено на 119 сторінках основного тексту, ілюструється 58 малюнками та 10 таблицями.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтована актуальність роботи, її наукова новизна, практична цінність, наведені відомості про апробацію результатів досліджень та структуру роботи.

У першій главі розглянуто технологічні особливості вібраційної ОЗО деталей, які легко пошкоджуються при використанні відомих вібраційних машин. Вібраційну обробку таких деталей необхідно проводити при обмежених контактних тисках та силах мікроударів із використанням пристроїв, що запобігають взаємним співударам деталей, що обробляються та надають їм додаткових примусових рухів. Для забезпечення високої інтенсивності та рівномірності обробки легкопошкоджуваних деталей складної форми, робочий контейнер вібраційної машини повинен здійснювати тримірні просторові коливання.

В результаті аналізу існуючих способів та пристроїв для вібраційної обробки легкопошкоджуваних деталей проведена класифікація способів вібраційної обробки, що заснована на принципах та положеннях відомих вчених: А.П. Бабічева, П.С. Берника, І.Ф. Гончаревича, П.Д. Денісова, В.О. Повідайла, В.О. Джемелінського, В.М. Потураєва, Л.І. Сердюка, Р.І. Сіліна,

М.Ю. Шаїнського та інших. Вперше запропоновано два найбільш ефективних способи обробки легкопошкоджуваних деталей із можливістю обмеженого переміщення деталей відносно підвіски та із наданням деталям додаткового примусового руху, за рахунок утилізованої енергії циркуляційного потоку робочого середовища. Аналіз можливостей та характеристик різних видів приводів та віброзбуджувачів вібраційних машин показав, що найбільш прийнятними для вібраційної обробки таких деталей є торові вібраційні машини із ЕМПЦВЗ, який дозволяє збудження складних просторових коливань контейнера, при можливості плавного регулювання амплітуди коливань, стійкій роботі при наявності великих дисипативних опорів коливанням та задовільній віброізоляції.

Аналіз існуючих праць з теоретичних та експериментальних досліджень динаміки вібраційних машин із торовими контейнерами показав, що хоча існують достатньо повні та глибокі дослідження таких вчених як П.М. Заїка, А.П. Субач, О.К. Біргеліс та ін., математичні моделі, які використовуються в них, необхідно уточнити, що дозволяє більш точно описати коливний рух контейнера та дослідити механізм виникнення у ньому циркуляційного руху робочого середовища. На основі аналізу відомих наукових рішень та проведених досліджень аналогічного обладнання сформульовані мета та задачі досліджень.

У другій главі проводиться теоретичне дослідження динаміки торової вібраційної машини із ЕМПЦВЗ. Принципова схема якої представлена на рис. 1. Робочий орган машини - контейнер, встановлюється на рамі, за допомогою пружних елементів, які рівномірно розміщені по колу і являє собою тверде тіло масою M_1, що має шість степеней вільності. Нижня частина контейнера має форму зрізаного тора із середнім радіусом R_c, а верхня частина обмежується зовнішнім та внутрішнім циліндрами які спираються на зрізаний тор. Контейнер приводиться у рух від центробіжного віброзбуджувача, що являє собою встановлений на підшипниках вертикальний вал, на якому із ексцентриситетами $r_в$ і $r_н$ розміщені два дебалансних вантажі із масами $m_в$ і $m_н$, причому у вертикальному напрямку, вантажі розміщені на відстані $h_в$ і $h_н$ від центру мас контейнера O - відповідно. Віброзбуджувач приводиться в обертовий рух від електродвигуна, через еластичну муфту. Площини, що проходять через центри мас дебалансних вантажів і вісь валу, утворюють між собою кут

розвороту дебалансних вантажів - α. Для визначення положення торового контейнера використані три просторові системи координат: нерухома - O'xyz; рухома -Ox'y'z' - що зв'язана із центром мас контейнера, осі якої підчас руху контейнера лишаються паралельними відповідним осям нерухомої системи координат; Oξηζ - жорстко зв'язана із контейнером. Координати центру мас контейнера O у нерухомій системі коорди-

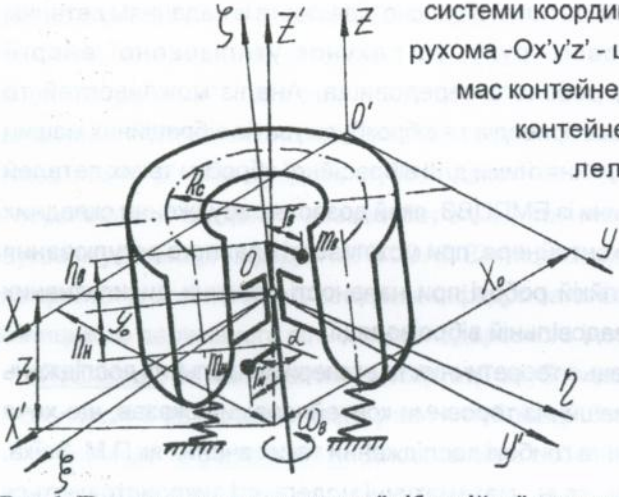

Рис. 1. Принципова схема торової вібраційної машини

нат: X_o, Y_o, Z_o; кутова швидкість дебалансного валу - $\omega_в$. Для переходу від рухомої системи координат до нерухомої використані кути Ейлера-Крилова, що використовуються у теорії гіроскопів.

Рух контейнера можна розглядати, як сукупність двох його рухів: поступального разом із центром мас і обертання відносно центру мас. Диференційні рівняння поступального руху контейнера разом із центром мас отримані на основі теореми про рух центра мас системи:

$$\left.\begin{aligned} M\ddot{X}_0 + k_x\dot{X}_0 + C_xX_0 &= F\cos\omega_в t; \\ M\ddot{Y}_0 + k_y\dot{Y}_0 + C_yY_0 &= F\sin\omega_в t; \\ M\ddot{Z}_0 + k_z\dot{Z}_0 + C_zX_0 &= 0. \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

де M - маса рухомих частин контейнера разом із приєднаною масою завантаження; k_x, k_y, k_z - коефіцієнти непружного опору переміщенням, у напрямках відповідних осей; C_x, C_y, C_z - коефіцієнти жорсткості пружної підвіски контейнера у напрямках відповідних осей; F - рівнодійна вимушуючих сил, що рівна:

$$F = \sqrt{F_в^2 + F_н^2 + 2F_вF_н\cos\alpha},$$

де $F_в$ і $F_н$ - центробіжні сили, що виникають при обертанні дебалансних вантажів, які рівні: $F_в = m_вr_в\omega_в^2$; та $F_н = m_нr_н\omega_в^2$.

Диференційні рівняння обертового руху контейнера відносно центру мас отримані із динамічних рівнянь Ейлера:

$$\left.\begin{aligned} &J_\xi\dot{\omega}_\xi+\omega_\eta\omega_\zeta(J_\zeta-J_\eta)+k_\theta\dot{\theta}+C_\theta\theta=L\cos\omega_в t;\\ &J_\eta\dot{\omega}_\eta+\omega_\zeta\omega_\xi(J_\xi-J_\zeta)+k_\psi\dot{\psi}+C_\psi\psi=L\sin\omega_в t;\\ &J_\zeta\dot{\omega}_\zeta+\omega_\xi\omega_\eta(J_\eta-J_\xi)+k_\varphi\dot{\varphi}+C_\varphi\varphi=0, \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

де J_ξ, J_η, J_ζ - моменти інерції контейнера відносно головних центральних осей інерції; ω_ξ, ω_η, ω_ζ - проекції вектора кутової швидкості контейнера на відповідні осі; k_θ, k_ψ, k_φ - коефіцієнти непружного опору у відповідних напрямках; C_θ, C_ψ, C_φ - коефіцієнти жорсткості пружної підвіски контейнера у напрямках відповідних переміщень; L - результуючий момент вимушуючих сил, рівний: $L=\sqrt{L_в^2+L_н^2-2L_вL_н\cos\alpha}$,

де $L_в$ і $L_н$ - моменти відносно центру мас контейнера, вимушуючих сил, що виникають при обертанні дебалансних вантажів, рівні:

$L_в=m_вr_в\omega_в^2h_в$; та $L_н=m_нr_н\omega_в^2h_н$.

У загальному випадку систему двох взаємонерухомих обертових центробіжних сил, що виникають при обертанні дебалансних вантажів навколо вертикального валу, можна звести до обертового динамічного гвинта, у якому площина дії результуючого моменту L, перпендикулярна рівнодійній вимушуючих сил F.

Розв'язком системи диференційних рівнянь (1), є система рівнянь:

$$\left.\begin{aligned} &X_0=A_0\cos(\omega_в t+\varphi_F);\\ &Y_0=A_0\sin(\omega_в t+\varphi_F);\\ &Z_0=0. \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

де φ_F - початкова фаза горизонтальних коливань, A_0 - горизонтальна складова амплітуди коливань контейнера, що рівна:

$$A_0=\frac{F}{C_x-M\omega_в^2}=\frac{F}{C_y-M\omega_в^2}.$$

Оскільки торові контейнери симетричні відносно вертикальної осі, то $C_x=C_y$; $C\theta=C\psi$; $J_\xi=J_\eta$. Розв'язком системи рівнянь (2), є система:

$$\left.\begin{aligned} &\theta=B_0\cos(\omega_в t+\varphi_L);\\ &\psi=B_0\sin(\omega_в t+\varphi_L);\\ &\varphi=0, \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

де φ_L - початкова фаза вертикальних коливань; B_0 - амплітуда кута повороту

контейнера відносно центральної горизонтальної осі, що рівна:

$$B_0 = \frac{L}{C_\theta - J_\zeta \omega_B^2} = \frac{L}{C_\psi - J_\eta \omega_B^2}.$$

Оскільки горизонтальні коливання центру мас контейнера викликані обертовою рівнодійною вимушуючих сил F, а вертикальні коливання контейнера відносно центру мас - обертовим результуючим моментом вимушуючих сил L, площина дії якого перпендикулярна рівнодійній F, то кут зсуву фаз між вертикальними і горизонтальними складовими коливань буде рівним: $\gamma = \varphi_L - \varphi_F = 90^0$.

Точки контейнера, здійснюють коливання по траекторіях які проектуються на горизонтальну площину Oxy у вигляді кіл із радіусом:

$$A_{2i} = \sqrt{r_i^2(\cos\delta_i - \cos(\delta_i + B_0))^2 + A_0^2}, \qquad (5)$$

де r_i - відстань від досліджуваної точки до центру мас контейнера; δ_i - кут між радіусом-вектором досліджуваної точки і центральною площиною контейнера (площина, що перпендикулярна до осі привідного дебалансного вала і проходить через центр мас контейнера). Вертикальні складові коливань цієї точки будуть рівними: $B_{2i} = r_i(\sin(\delta_i + B_0) - \sin\delta_i)$.

Будь-яка точка контейнера при роботі вібромашини описує просторову замкнуту криву - еліпс. Кут нахилу площини траекторії коливань довільної точки до горизонтальної площини ε_i рівний: $\varepsilon_i = \mathrm{Arctg}(B_{2i} / A_{2i})$

На рис. 2 показані проекції на координатні площини траекторії руху довільної точки контейнера, при різних значеннях кута розвороту дебалансних вантажів α. Проекції траекторії коливань на горизонтальну площину являють собою концентричні кола. Внаслідок того, що кут зсуву фаз між горизонтальними та вертикальними складовими коли-

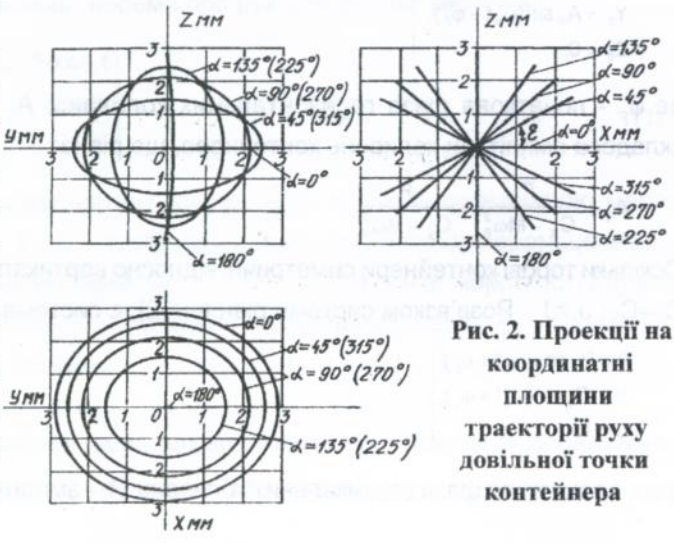

Рис. 2. Проекції на координатні площини траекторії руху довільної точки контейнера

вань $\gamma=90^0$, то на вертикальну площину, що проходить через вертикальну вісь контейнера, проекції траекторії коливань являють собою еліпси, а на перпендикулярну їй вертикальну площину - прямолінійні відрізки, що нахилені під кутом ε до горизонтальної площини.

Під дією коливань торового контейнера, сипуче робоче середовище, що знаходиться у ньому, починає здійснювати циркуляційний рух по спіралеподібній траекторії. Циркуляційний рух робочого середовища можна розділити на транспортуючий - рух середовища вздовж кільцевої осі тороїда і перемішуючий - рух середовища перпендикулярно цій осі. Хоч контейнер є жорстким недеформованим, за даних умов тілом, рух точок його поверхні у напрямку транспортуючого руху робочого середовища, можна представити, як розповсюдження у цьому напрямку біжучих поперечної та повздовжньої хвиль. Причому, фронт цих хвиль являє собою площину, що проходить через вертикальну вісь контейнера, а довжина хвилі залежить від відстані від центру мас контейнера і дорівнює довжині кола із радіусом, що рівний цій відстані. Отже у довільне коло, що утворює поверхню контейнера, завжди вкладається довжина рівно однієї хвилі і хвильове число цих хвиль рівне одиниці. У сферичній системі координат рівняння цих хвиль матимуть вигляд:

$$\left.\begin{aligned}\theta &= B_0\cos(\omega_в t-\varphi);\\ \varphi &= \varphi_0\cos(\omega_в t-\varphi-\gamma).\end{aligned}\right\}$$

де φ_0 - амплітуда кутових коливань точок контейнера у горизонтальній площині, відносно полюса нерухомої сферичної системи координат, що рівна: $\varphi_0 = arctg(A_0/\eta)$.

На рис. 3 приведена схема руху точок поверхні торового контейнера, що лежать на деякому колі. Стрілками показано проекції швидкості переміщення у горизонтальному напрямку $v_г'$, а також кутове переміщення точок у вертикальному напрямку θ залежно від їх кутової координати φ у горизонтальній площині. Точки поверхні, що здійснюють рух характерний для біжучої поперечної хвилі, на різних ділянках цієї хвилі, рухаються із різними змінними за величиною і напрямком швидкостями у горизонтальному напрямку. У верхній частині поперечної хвилі (на якій сипуче середовище створює найбільший тиск на поверхню контейнера, а отже сили тертя гранул середовища об поверхню контейнера мають найбільшу величину) швидкість повздовжніх коливань співпадає за

напрямком із розповсюдженням хвилі, причому максимальної велечини швидкість повздовжніх коливань досягає на вершині поперечної хвилі, а у нижній частині поперечної хвилі (на якій гранули середовища рухаються, або з відривом від поверхні контейнера, або створюють на неї мінімальний тиск) швидкість повздовжніх коливань спрямована у протилежний бік. Отже створюються умови для виникнення транспортуючого руху робочого середовища торових контейнерів у напрямку розповсюдження хвилі, що аналогічні умовам виникнення транспортуючого руху шару сипучого середовища на хвильових конвеєрах, що описані академіком І.Ф. Гончаревичем. Сукупність двох хвиль, що розповсюджуються вздовж кільцевої осі торового контейнера можна розглядати, як розповсюдження у цьому напрямку хвилі, у якій точки поверхні контейнера коливаються під кутом ε до напрямку розповсюдження хвилі. Розроблено алгоритм керування потоком циркуляційного руху, робочого середовища.

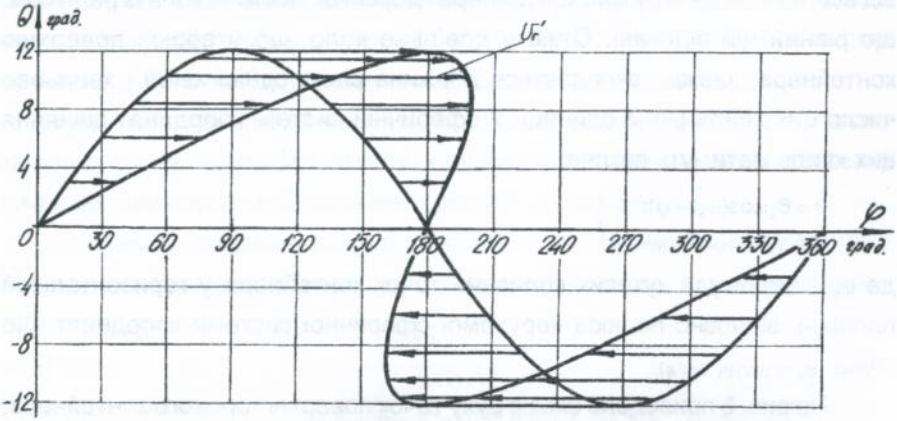

Рис. 3. Схема руху точок поверхні торового контейнера, що лежать на деякому колі

У третій главі викладені мета та методика експериментальних досліджень; проведено порівняння результатів теоретичного і експериментального досліджень динаміки торової вібраційної машини із ЕМПЦВЗ; виявлені закономірності зміни параметрів циркуляційного руху робочого середовища, при регулюванні конструктивних параметрів ЕМПЦВЗ, що підтверджують запропонований алгоритм керування потоком ціркуляційного руху робочого середовища; досліджено розподіл динамічного напору циркуляційного руху по перетину торового контейнера,

та його зміну при регулюванні параметрів ЕМПЦВЗ, що дало можливість визначити найоптимальніші зони для розміщення оброблюваних деталей та виробити рекомендації по їх обробці; оцінена величина відносної потужності, що розсіюється у різних робочих середовищах (досліджувалось 8 типів робочих середовищ) при різних об'ємах торових контейнерів (5 л, 15 л, 60 л, 100 л), та можливість утилізації кінетичної енергії циркуляційного потоку і її використання для приводу примусових рухів деталей, що обробляються, розвинуті принципи, що сформульовані П.С. Берником; за допомогою активного багатофакторного інтерполяційного експеримента по центральному композиційному рототабельному плану побудована математична модель технічної системи, що складається із торової вібраційної машини із ЕМПЦВЗ, робочого середовища та закріпленої на підвісці оброблюваної деталі. Модель використовується при розрахунках приводів примусових рухів оброблюваних деталей, за рахунок утилізованої енергії циркуляційного руху робочого середовища.

У четвертій главі приводиться методика проектного розрахунку ЕМПЦВЗ і привода примусових рухів оброблюваних деталей із використанням кінетичної енергії циркуляційного руху; описані конструкції розроблених та виготовлених торових вібраційних машин із ЕМПЦВЗ та обладнання для обробки легкопошкоджуваних деталей; наведені їх технічні характеристики. Приведені дані про промислові випробовування та впровадження у виробництво результатів роботи.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. В результаті аналізу особливостей існуючих технологічних процесів вібраційної ОЗО легкопошкоджуваних деталей із крихких та пластичних матеріалів і тенденцій розвитку обладнання для їх реалізації встановлено, що найбільш перспективною є обробка таких деталей у торових контейнерах вібраційних машин, що обладнані ЕМПЦВЗ, який забезпечує просторові коливання, при закріпленні оброблюваних деталей на підвісці із можливістю обмеженого переміщення, або із наданням деталям додаткового примусового руху, за рахунок енергії циркуляційного руху робочого середовища.

2. Розроблені уточнені динамічна та математична моделі торової вібраційної машини із ЕМПЦВЗ, що надало можливість провести теоретичні дослідження впливу конструктивних параметрів ЕМПЦВЗ на роботчі кінематичні параметри коливань контейнера. Встановлені теоретично та

підтверджені експериментально узагальне-ні аналітичні залежності для визначення траєкторії, частоти і амплітуди коливань точок торового контейнера, що придатні для практичних розрахунків.

3. Проведені теоретичні дослідження механізму виникнення циркуляційного руху робочого середовища у торових контейнерах із ЕМПЦВЗ. Встановлено, що в його основі лежить хвильовий рух точок поверхні контейнера і розроблено алгоритм керування параметрами потоку циркуляційного руху робочого середовища.

4. Експериментально виявлено залежність механічних параметрів потоку циркуляційного руху робочого середовища, від конструктивних параметрів ЕМПЦВЗ, що підтверджує розроблений алгоритм керування цим потоком. Експериментально досліджено розподіл по перетину торового контейнера, динамічного напору потоку циркуляційного руху робочого середовища і вплив на його величину та характер розподілу кінематичних параметрів коливного руху контейнера.

5. Експериментально оцінена відносна величина потужності, яка розсіюється в різних робочих середовищах при різних об'ємах торових контейнерів, а також можливість утилізації цієї потужності для приводу примусових рухів деталей, що обробляються.

6. За допомогою активного багатофакторного експерименту побудована математична модель технічної системи, що складається із торової вібраційної машини із ЕМПЦВЗ, робочого середовища та закріпленої на підвісці оброблюваної деталі, що придатна для практичних розрахунків при проектуванні приводів примусових рухів деталей, які обробляються.

7. На основі результатів теоретичних та експериментальних досліджень розроблена науково обгрунтована методика розрахунку торових вібраційних машин із ЕМПЦВЗ та програмне забезпечення цих розрахунків. Методика використана при проектуванні та виготовлені ряду вібраційних машин із об'ємами торових контейнерів: 5л, 15л, 60л, 100л, та інших дослідно-промислових установок, які пройшли промислові випробування та впроваджені на ряді промислових підприємств: для обробки сепараторів із латуні у сепараторному цеху Вінницького підшипникового заводу; для зачищеня та шліфування товарів народного вжитку на Могилів-Подільському приладобудівному заводі; для полірування деталей товарів народного вжитку у цеху ТНВ Вінницького підшипникового заводу.

8. Проведені промислові випробування розроблених вібраційних машин та обладнання для вібраційної ОЗО легкопошкоджуваних деталей показали вищу якість та ефективність обробки при меншій енергомісткості. Промислові випробування установки для вібраційної обробки легкопошкоджуваних деталей, що мають форму кільця, в умовах сепараторного цеху Вінницького підшипникового заводу показали, що при обробці масивних сепараторів підшипників, вона дозволяє збільшити продуктивність праці у 8 раз, при вищій якості обробки та відсутності браку. Порівнювальні випробування установки для вібраційної шпиндельно-планетарної обробки деталей, із використанням для приводу примусових рухів деталей, що обробляються, утилізованої енергії циркуляційного руху робочого середовища показали, що продуктивність процесу зростає у 1,8 раза, при тих же енергозатратах. Промислові випробування установки для протирання кульок в умовах кулькового цеху Вінницького підшипникового заводу, показали її придатність для обробки кульок вищого ступеня точності, у порівняні з існуючим технологічним обладнанням, при більшій продуктивності.

Основний зміст дисертації викладено у таких роботах:

1. А.С. №1219327 СССР. МКИ В24В 31/06. Устройство для вибрационной обработки /П.С. Берник, Л.В. Ярошенко, Л.Д. Денисенко. - Бюл. № 11.- 1986. -3с.

2. А.С. №1437196 СССР. МКИ В24В 31/06. Устройство для вибрационной обработки /П.С. Берник, Л.В. Ярошенко. - Бюл. № 42.- 1988. -3с.

3. А.С. №1705039 СССР. МКИ В24В 31/06. Устройство для вибрационной обработки /П.С. Берник, Л.В. Ярошенко, Е.В. Солона. - Бюл. № 2.- 1992. -4с.

4. Берник П.С. Ярошенко Л.В. Джеджула Е.М. Вибрационная обработка деталей кольцевого типа из пластичных материалов //Всесоюзное НТС "Совершенствование механосборочного производства и пути развития технологии": Тез. докл.. -М.: Минстанкинпром, 1991. -С.131.

5. Ярошенко Л.В. Исследование влияния технологических параметров на качество и производительность виброобработки массивных сепараторов //МНТК "Совершенствование и развитие отделочно-зачистной, финишной и поверхностно-пластической обработки деталей": Тез. докл.. -Винница: ВСХИ, 1992. -С. 36-37.

6. Ярошенко Л.В. Исследование влияния параметров вибрационного поля на поведение технологической загрузки в тороидальных машинах // II МНТК "Применение колебаний в технологиях. Расчет и проектирование машин для реализации технологий": Тез. докл.. -Винница. 1994. -С.37-38.

7. Берник П.С., Ярошенко Л.В. Конструкции устройств для сообщения обрабатываемым деталям принудительного движения //Научно-техническая конференция: Тез. докл.. - Донецк.: ДГТУ. 1994. -С.7-8.

8. Берник П.С., Ярошенко Л.В. Состояние и перспективы развития виброобработки легкоповреждаемых деталей //Вібрації в техніці та технологіях. -1995.- №2.- С. 44 - 51.

9. Берник П.С., Ярошенко Л.В. Исследование динамики вибрационных машин с тороидальным контейнером // Вибрации в технике и технологиях. - 1996.- № 3. -С. 47-53.

10. Іскович-Лотоцький Р.Д., Ярошенко Л.В., Берник М.П.Дослідження привідних характеристик віброзмішувача // Вибрации в технике и технологиях. - 1996.- № 3. -С.26-31.

11. Берник П.С., Ярошенко Л.В. Исследование распределения динамического напора обрабатывающей среды в тороидальных контейнерах вибрационных машин // МНПК. " Проблемы и перспек тивы создания свеклоуборочной техники": Материали. - Винница. 1996 - С. 160 - 162.

12. Ярошенко Л.В. Баланс распределения механической энергии в вибрационных машинах и пути ее утилизации для привода вспомогательного движения обрабатываемых деталей // МНПК "Проблемы и перспективы создания свеклоуборочной техники": Материалы - Винница. 1996 - С. 156 - 160.

Особистий вклад дисертанта у роботи, що надруковані у співавторстві: в роботах [1, 2, 3, 4, 7, 8] розроблені конструктивні вузли пристроїв, описана їх робота; в роботах [9, 10] проведені теоретичні та експериментальні дослідження динаміки вібраційної машини та механізму виникнення циркуляційного руху; в роботі [11] розроблена методика та проведені експериментальні дослідження.

L. Yaroshenko. Developid and ctudying of electro-mechanical drive for controlled circulation motion of processing medium of vibration machines creation.

The thess being submitted for the scintric degree of candidate of technical scientific on speciality 05.02.03 - systems of drives. Vinnytsia State Technical University, Vinnytsia, 1997.

There're defended 16 scientifical works and 3 authors sertificate by studies of dynamicsof vibration toroid machines with electric mechanical drive and centrilugae vibroexcilator (EMDCVE) are presented. Relations for determination of kinematic parameters of containes oscillation are obtained, mechanizm of circulation motion of processing medium beginning is explained and the algorithm of the motion control is developed. Matematical model of technical system is built: vibration machine - processing medium - processed part fixed on a suspension. Methods of EMDCVE and forced motion drive of processed parts using kinetic energy of circulation are worked out. Data about industrial testing and introduction of the work results into industrial production are also presented.

Ярошенко Л.В. Разработка и исследование электромеханического привода для создания управляемого циркуляционного движения обрабатывающей среды вибрационных машин.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.03 -системы приводов. Винницкий государственный технический университет. Винница, 1997.

Защищается 16 научных работ и 3 авторских свидетельства по исследованиям динамки вибрационных торовых машин с электромеханическим приводом и центробежным вибровозбудителем (ЭМПЦВВ). Получены зависимости для определения кинематических параметров колебаний контейнеров, описан механизм возникновения циркуляционного движения обрабатывающей среды и разработан алгоритм управления этим движением. Построена математическая модель технической системы: вибрационная машина - обрабатывающая среда - обрабатываемая деталь закрепленная на подвеске. Разработана методика расчета ЭМПЦВВ и привода принудительных движений обрабатываемых деталей с использованием кинетической энергии циркуляционного потока. Приведены данные о промышленных испытаниях и внедрении в производство результатов работы.

Ключові слова: електромеханічний привід, центробіжний віброзбуджувач, коливання, хвиля, циркуляційний рух, динамічний напір, траекторія, частота, амплітуда.

Підписано до друку 27.01.97 р.
Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького державного технічного університету.
Наклад 100 примірників.

Ав 36.991