УДК 621.01

В.М. БОРОВЕЦЬ, В. С. ШЕНБОР, Б. М. САВЧИН

Національний університет "Львівська політехніка"

ВІБРАЦІЙНА ОБРОБКА ДЕТАЛЕЙ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ОБЕРТОВИХ ПРИСТРОЇВ

© Боровець В.М., Шенбор В.С., Савчин Б.М., 2006

Для інтенсифікації технологічного процесу вібраційного оброблення корпусних деталей запропоновано використання обертових пристроїв. Розглянуті вібраційні машини дозволяють розширити технологічні можливості завдяки обробці певних площин деталей та збільшити силу різання за рахунок зростання сумарної швидкості взаємодії оброблюваних деталей та робочого середовища.

An use of circulating devices is offered in the given work with purpose of intensification of technological process of vibration treatment of corps details. Vibration machines are considered allow to extend technological possibilities by providing treatment of definite planes of details and multiply force of cutting due to growth of total speed of co-operation of processed details and working environment.

Вступ. Необхідність підвищення ефективності об'ємної обробки деталей стимулює створення нових конструкцій машин, що здійснюють цей процес. Вибір оптимальних режимів роботи вібраційних машин вимагає теоретичного та експериментального дослідження, оскільки в багатьох випадках необхідне вдосконалення кінематичної схеми машин та застосування нових конструктивних елементів і вузлів. Водночас складність реального процесу об'ємної обробки в машині, завантаженій оброблюваними деталями та робочим середовищем, вимагає, з одного боку, використання певних спрощень при побудові моделей процесу, а з іншого– аналізу їх адекватності. Цій проблемі присвячено ряд робіт [1-4], в яких різноманітні її аспекти досліджувались теоретично та експериментальними методами.

Одними з основних питань, на яких зосереджується увага авторів названих та багатьох інших робіт, є такі:

1. Вивчення умов, за яких при роботі машини оптимально використовуються резонансні властивості механічної системи.
2. Вивчення руху робочого середовища та його взаємодія з оброблюваними деталями.
3. Вибір режиму роботи машини, що забезпечує ефективну обробку (максимальну швидкість різання, необхідну шорсткість поверхні та інше).
4. Вдосконалення конструкції робочого органу з метою оптимального розміщення оброблюваних деталей.

Постановка задачі. Розглянуто можливість встановлення деталей на спеціально змонтованому пристрої вібраційної машини з дебалансними віброзбудниками, та досліджено вплив способу закріплення оброблюваних деталей в контейнері на продуктивність віброабразивної обробки. Можливість планетарного руху пристрою дозволяє збільшити швидкість взаємодії оброблюваних деталей та робочого середовища, а отже, і створене ним зусилля різання, тим самим інтенсифікуючи обробку деталей. Проаналізовано чинники, що впливають на процес обробки деталей.

Аналіз останніх досліджень. Ефективність обробки залежить від багатьох факторів, основними з яких є: режим обробки; маса оброблюваних деталей і абразивних тіл; характеристика абразивного матеріалу; об'ємне співвідношення оброблюваних деталей і абразивних тіл; склад хімічно-активних робочих розчинів в резервуарі; спосіб закріплення оброблюваних деталей в контейнері.

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

В літературі широко висвітлюються результати досліджень вібраційної обробки деталей [1-3]. Найменш вивчено вплив методу закріплення деталей на продуктивність, оскільки під час обробки змінюється характер взаємодії деталей і абразиву.

Деталі в контейнері можуть розміщуватись трьома способами:

1. Деталі в контейнері перебувають у вільному стані і в процесі обробки переміщуються разом з абразивними тілами. Такий спосіб, в основному, застосовується при обробці дрібних деталей з метою зняття задирок і затуплення гострих країв;

2. Деталі закріплюються нерухомо і в процесі обробки здійснюють коливання разом з контейнером, взаємодіючи з абразивними тілами. Цей спосіб є найбільш придатнм для обробки габаритних деталей. Закріплення деталей дозволяє уникнути співударів між ними, а також інтенсифікувати процес обробки за рахунок збільшення енергії взаємодії з абразивними тілами [4];

3. Деталі закріплюються в спеціальних пристроях обкатниках і залежно від конструкції робочих поверхонь обкатника можуть рухатись як за напрямленим рухом абразивних тіл, так і проти нього. Цей спосіб закріплення деталей не має широкого застосування у виробництві через недостатньє його вивчення.

Виклад основного матеріалу. Циліндричний контейнер машини 1 (рис. 1) закріплений горизонтально на опорах, пружні властивості яких на схемі еквівалентно відображаються елементами 2, 3. Пристрій 4 з деталями рухається поверхнею обкочування 5 радіусом R.

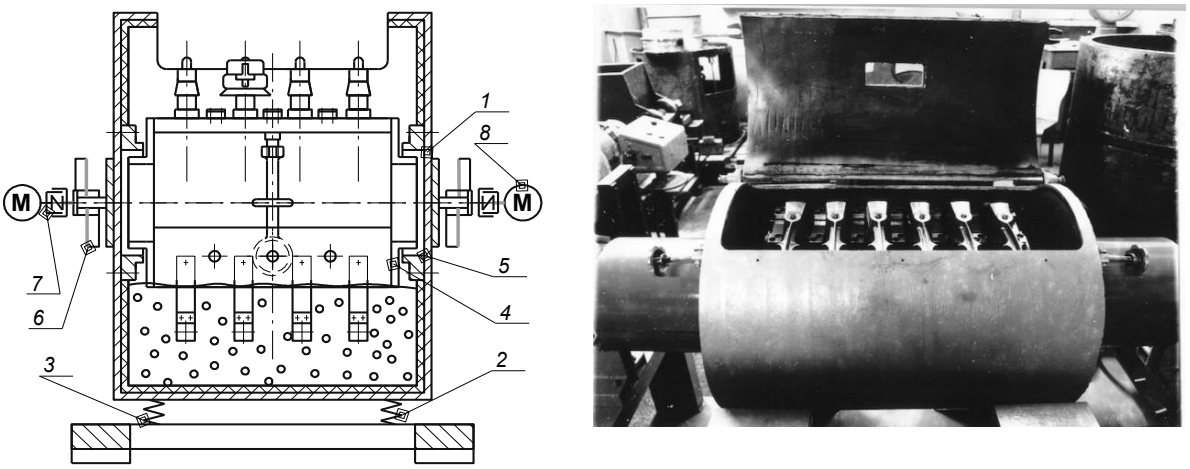

Рис. 1. Конструктивна схема машини з обертовим пристроєм для обробки деталей

Привод машини здійснюється від електродвигунів 8 через пружні муфти 7 і пару дебалансних віброзбудників 6, розміщених на торцевих сторонах циліндричного контейнера. Дебаланси 6 синхронно обертаються навколо горизонтальної осі, що збігається з віссю контейнера.

Контейнер вібромашини здійснює колові коливання, що збурюються дебалансним приводом. Дані коливання змушують робоче середовище виконувати коловий рух. Деталі обробляють, закріплюючи в спеціальних базуючих упорах, які встановлені на обертовому пристрої. Пристрій під час роботи машини обертається разом з деталями навколо осі контейнера, що дозволяє здійснювати процес віброобробки більш інтенсивно і рівномірно порівняно з вільним розташуванням деталей.

Розглянемо найбільш характерні випадки взаємодії абразивних частин з оброблюваною поверхнею деталі [4]:

– абразивні частини і деталі переміщуються в одному напрямку з коливальним рухом контейнера паралельно оброблюваним поверхням. У цьому випадку відносна швидкість V_B проковзування частин абразиву і деталі становитиме

$$V_B = V_1 \pm V_2 \qquad (1)$$

де V_1 – швидкість деталі; V_2 – швидкість частин абразиву.

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

– абразивні частини і деталі переміщуються аналогічно, але їх відносний рух є перпендикулярний оброблюваній поверхні.

Частини абразиву рухаються з оброблюваною поверхнею із швидкістю

$$V_B = V_1 + V_2$$

– частини абразиву і деталі переміщаються по криволінійній траєкторії, в більшості по колу. В даному випадку частини абразиву зустрічаються з оброблюваною поверхнею під кутом або по дотичній.

Аналізуючи кінематичні умови взаємодії оброблюваних деталей із абразивними тілами, доходимо висновку, що відносна швидкість, а також сила взаємодії будуть максимальними при обробці деталей в спеціальних обертових пристроях, де деталі рухаються протилежно до напрямленого руху абразивних тіл. Отже, продуктивність обробки при такому способі закріплення деталей прогнозується максимальною. Як вказано в роботі [4], кількість матеріалу, що знімається з одиниці поверхні, може бути визначена за формулою

$$Q = \frac{28 \cdot 10^{-6} \cdot P_N^2 \cdot t \cdot \omega \cdot (m + M) \cdot \delta}{c \cdot \rho_x^2 \cdot \tau_s \cdot m \cdot M} \tag{2}$$

де Q – знімання матеріалу з одиниці поверхні матеріалу в одиницю часу, *мг/год·см²*; P_N – нормальна складова сили косого удару абразивних тіл, кгс; t – час обробки, *хв*; ω – частота коливань контейнера, *кол/хв* ; m – вага частини абразиву, *н*; M – вага деталі, *н*; c – коефіцієнт, що враховує число абразивів, які одночасно контактують; ρ_x – радіус відбитку абразивної частини; τ_x – величина контактних дотичних напружень, *кг/см²;* δ– питома вага матеріалу деталі .

Значною мірою на обробку деталей впливає нормальна складова сили косого удару абразивних тіл, що визначається за формулою:

$$P_N = \frac{2(1+k) \cdot m \cdot M \cdot (V_1 \sin\alpha_1 \pm V_2 \sin\alpha_2)}{\Delta T \cdot (m + M)}, \tag{3}$$

де α_1, α_2 – кути між напрямком швидкості абразивної частини і деталі та нормаллю до лінії центрів контактуючих тіл; k – коефіцієнт відновлення; ΔT – час взаємодії.

Під час обертання пристрою на нього діють сили опору середовища, отже, для забезпечення обертання останнього необхідно, щоб обертовий момент, який виникає під час роботи вібромашини, був більшим від моменту опору середовища.

В період коливального руху контейнера вібромашини на обертовий пристрій діють сили інерції F (рис. 2), які можна розкласти на дві складові F' і F'', сила реакції опор P'' і сила тертя P' (вагу пристрою не враховуємо, оскільки нас цікавить середня величина обертового моменту, а врахування ваги дає лиш незначне відхилення від цієї величини).

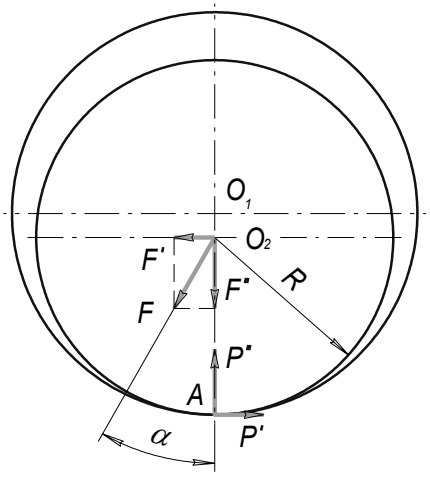

Рис. 2. Схема дії сил в обертовому пристрої

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

В даному випадку можна вважати

$$M(O_2) = P'R = F'R, \tag{1}$$

де R – радіус базуючого кільця пристрою.

Сила інерції дорівнює

$$F = ma = m\omega^2 r, \tag{2}$$

де m – маса пристрою, ω – кутова швидкість обертання центра мас, r – радіус обертання центра мас.

Під час колових коливань центра мас вісь контейнера (рис. 3) обертається по радіусу, що дорівнює амплітуді коливань A, відповідно вісь пристрою обертається по радіусу

$$r = A + e \tag{3}$$

де e – ексцентриситет між осями контейнера і пристрою.

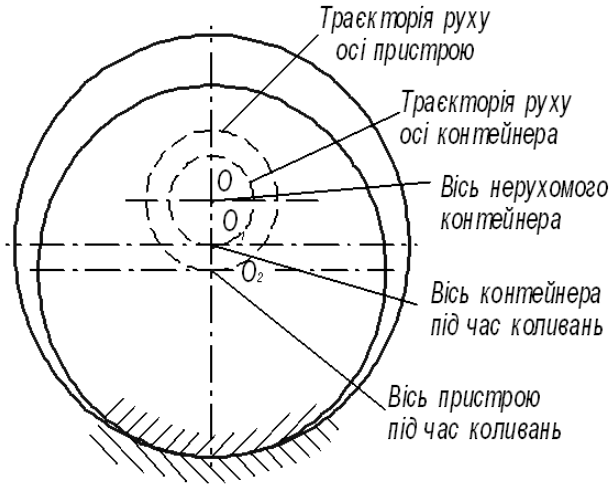

Рис. 3. Траєкторії руху елементів вібромашини

Тоді з (2) і (3)

$$F = m(A + e)\omega^2 \tag{4}$$

і

$$F' = F \sin\alpha, \tag{5}$$

де α – кут між напрямком сили інерції і точкою контакту контейнера та пристрою.

$$P' = P''f$$

де f – коефіцієнт тертя.

Оскільки

$$tg\alpha = \frac{P'}{P''} = \frac{P''f}{P''} = f,$$

тоді

$$\sin\alpha = \frac{tg\alpha}{\sqrt{1 + tg^2\alpha}} = \frac{f}{\sqrt{1 + f}}.$$

Отже, обертовий момент

$$M = m\omega^2 R(A + e)\frac{f}{\sqrt{1 + f}} \tag{6}$$

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

Висновки. Застосування вібраційних машин з обертовими пристроями, де деталі розміщуються нерухомо в спеціальних пристроях, що мають можливість обертатись навколо осі робочої камери в напрямку, протилежному руху робочого середовища, дозволяє збільшити швидкість різання, а відповідно і продуктивність технологічного процесу.

1. Карташов И.Н., Шаинский М.Е., Власов В.А. Обработка деталей свободными абразивами в вибрирующих резервуарах. К.: Вища школа , 1975. 2. Отделочно-упрочняющая обработка деталей машин. – Ростов-на-Дону: РИСХМ. – 1974. 3. Бабичев А.П., Трунин В.Б., Устинов В.П. Анализ конструкций и классификация станков для вибрационной обработки деталей // Вестник машиностроения. – 1978. – №7. – С.64-66. 4. Бабичев А.П., Трунин В.Б., Самодумский В.П., Устинов В.П. Вибрационные станки для обработки деталей. – М.: Машиностроение, 1984. – 168с. 5. Боровець В.М., Коруняк П.С.. Дослідження сил між елементами вібраційних машин і деталями в обертових пристроях // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – 2002. – №442. – С. 12-16.

УДК 631.356.2

В.М. БУЛГАКОВ, І.В. ГОЛОВАЧ, О.М. ЧЕРНИШ

Національний аграрний університет, м. Київ

МОДЕЛЮВАННЯ І АНАЛІЗ ВІБРАЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ ВИКОПУВАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ БУРЯКА

© Булгаков В.М., Головач І.В., Черниш О.М., 2006

Теоретично досліджено закономірності поздовжніх коливань коренеплоду буряка при взаємодії із вібраційним викопуючим органом. Отримані вирази для визначення частоти вільних коливань та амплітуди вимушених коливань коренеплоду на основі застосування принципу Остроградського – Гамільтона. Визначена розрахункова залежність амплітуди вимушених коливань коренеплоду від величини збурюючої сили.

In theory conformities to the law of longitudinal vibrations of root crop of beet are explored at co-operation with a vibration digging organ up. Got expressions for determination of frequency of free vibrations and amplitude of the forced vibrations of root crop on the basis of application of the Ostrogradskiy - Hamilton principle. Certain calculation dependence of amplitude of the forced vibrations of root crop on the size of revolting force.

Постановка проблеми. Сучасний розвиток виробництва в сільському господарстві передбачає попереднє моделювання і розрахунок процесів збирання, обробки та зберігання сільськогосподарської продукції. В цьому плані заслуговує на увагу викопування коренеплодів із грунту, зокрема буряків, на яке припадає значна частка енергетичних і трудових затрат в обмежений агротехнічними умовами період.

Тенденції вдосконалення бурякозбиральної техніки призвели в останній час до необхідності теоретичних досліджень у цій галузі для обґрунтованого проектування і використання насамперед у вібраційних викопуючих органів машин. Тому розроблення моделей і дослідження коливальних процесів при вібраційному способі викопування коренеплодів буряка становлять сьогодні безперечний інтерес.

Аналіз останніх досліджень. Теорія вібраційного викопування коренеплодів цукрового буряка опублікована у фундаментальній праці [2]. Тут коренеплід моделювався тілом із пружними властивостями і представлений стрижнем змінного поперечного перерізу, що має один закріплений кінець. Розглянуті в цій роботі поперечні коливання коренеплоду описуються за допомогою диференціального рівняння в часткових похідних четвертого порядку. За наслідками розв'язання

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua