

УДК 621.9.048.6

**В.М. Боровець,**

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра автоматизації та комплексної механізації машинобудівної промисловості

## **ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ВІБРАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ В ОБЕРТОВИХ ПРИСТРОЯХ З УРАХУВАННЯМ РУХУ СЕРЕДОВИЩА**

© Боровець В.М., 2001

**Розглядається робота вібраційних машин для абразивної обробки деталей з урахуванням наявності робочого середовища. Проведений аналіз математичних моделей, що описують рух середовища, та визначено основні критерії впливу на обробку деталей.**

**The operation of percussive ambulances for abrasive treating of parts with allowance for of availability of an actuating medium is reviewed. The analysis of mathematical models is realized, which one describe move of environment and the basic yardsticks of influencing on process of treating of parts are determined.**

Незалежно від способу реалізації об'ємної обробки, тобто від конкретного конструктивного виконання машини, суть обробки безпосередньо зв'язана із взаємним рухом робочого середовища та оброблюваних деталей. Отже, вивчення руху середовища є одним з основних завдань при дослідженні роботи машин об'ємної обробки.

Робоче середовище є складним об'єктом, що поєднує властивості неоднорідних сипучих абразивних матеріалів та в'язких пружних рідин. Внаслідок цього строгий математичний опис завантаження системи “робоче середовище – оброблювані деталі” неможливий або надто складний, і для його вивчення доцільним є застосування спрощених моделей, що характеризують основні поведінки таких систем.

Існуючі моделі будуються з врахуванням особливостей руху завантаження і можуть бути згруповані так:

- статичні моделі, що базуються на основі експериментального вимірювання швидкості та напрямку руху різних шарів і фракцій завантаження [1];
- феноменологічні моделі, в яких закладається певна структура завантаження (його розподіл на шари з різним характером руху), і на основі експериментів визначаються усереднені параметри, що характеризують ці шари [2];
- теоретичні моделі, де завантаження розглядається як середовище з певними заданими характеристиками і вивчається за допомогою методів гідродинаміки та фізичної кінетики [3];
- імовірнісні моделі, в яких рух фрагментів завантаження вивчається методами теорії ймовірностей [1];

За типом руху робочого середовища розглядають одновимірні, двовимірні та тривимірні моделі. Їх детальний опис наведений в [1], де розглянуті особливості структури, кінематики і динаміки середовища та побудовані рівняння його руху, вивчені питання оптимізації режиму обробки та інше.

У випадку вибору адекватної моделі завантаження у машинах із застосуванням обертових пристроїв для кріплення деталей необхідно приймати до уваги таку інформацію про оброблення:

**1. Характер руху робочої камери.** Як випливає з розрахунків та експериментальних досліджень [2, 5], робоча камера здійснює плоский обертальний рух навколо центра мас системи, при якому проекція повздовжньої осі робочої камери переміщається по еліпсу (з півосями 1:1,2), а також коливальний рух навколо власної повздовжньої осі. Частота цього обертання дорівнює частоті обертання дебалансу, яка для даних типів машин становить  $\gamma=15\text{--}35$  Гц і має амплітуду 2–8 мм.

**2. Спосіб введення деталей в робоче середовище та їх просторове розташування.** У цій конструкції оброблювані деталі закріплені на обертовому пристрої з можливістю обертання його навколо повздовжньої осі робочого органа. Це забезпечує, з одного боку, рівномірне розташування деталей в робочому середовищі, з іншого – постійне перебування в зоні найбільш активного руху при їх зануренні.

**3. Кінематика руху робочого середовища.** Рух середовища в об'ємі циліндричного робочого органа досліджувався в ряді робіт теоретично і експериментально [1–6]. Визначальними факторами при цьому є амплітуда коливань робочого органа, частота коливань і завантаження контейнера. При наведених значеннях кінематичних параметрів та коефіцієнті завантаження  $\eta=0,7\text{--}0,8$  [5] рух робочого середовища відповідає режиму перемішування, де маса робочого середовища в цілому здійснює обертаний рух як деяке аморфне тіло, а окремі елементи його об'єму періодично, внаслідок взаємодії з стінками робочого органа, одержують деякий імпульс, відриваються від стінок і переміщуються в масі робочого середовища.

Рух цього типу спостерігається для деякого інтервалу значень амплітуди і частоти коливань робочого органа. Можливим є також режим руху робочого середовища, при якому маса середовища формується в циліндр [1], що здійснює обкочування по внутрішній поверхні робочого органа. Умови виникнення такого режиму руху досліджувались в роботі [6], де сказано, що для робочого органа діаметром 200 мм даний режим руху існує при  $\gamma=25$  Гц,  $\eta=0,65$  і амплітуді коливання 5 мм.

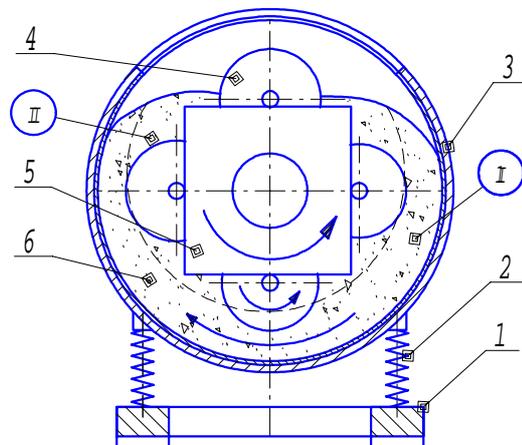


Рис. 1. Принципова схема вібраційної машини з обертовим пристроєм:  
1 – основа, 2 – пружна система, 3 – робочий орган, 4 – оброблювана деталь,  
5 – обертовий пристрій, 6 – робоче середовище

За наявності обертового пристрою з деталями (рис.1) та сукупності значень кінематичних параметрів руху робочого органа не забезпечується виникнення такого режиму руху робочого середовища. Отже, робоче середовище при  $\eta=0,7$  зосереджене в нижній та частково у верхній частині об'єму робочого органа. При вказаному обертовому русі середовище перебуває в контакті з нижньою частиною поверхні робочого органа, що приводить до появи зони в області контакту, в якій спостерігається ущільнення робочого середовища. Зона ущільнення зміщується вздовж поверхні робочого органа в напрямку його обертання. Одночасно за зоною ущільнення, внаслідок руху, з'являється зона відриву середовища від поверхні робочого органа. В цій зоні відбувається розпушування робочого середовища, що поширюється в радіальному напрямку на певну глибину.

Внаслідок цього можна умовно виділити в об'ємі робочого середовища прилеглу до поверхні робочого органа "активну зону"(I) та "пасивну зону"(II) – внутрішню частину об'єму робочого середовища. Товщина шару, яка належить до активної зони, оцінюється як відстань, на яку передається зусилля в масу робочого середовища внаслідок тиску на нього з боку стінки робочого органа. Питання про глибину проникнення зусилля в масу робочого середовища досліджувалось в роботах [1, 2], де вказано, що деформація робочого середовища змінюється лінійно.

Період коливань робочого органа внаслідок дії приводу становить 0,08 с. За цей час максимальне його переміщення у вертикальному чи горизонтальному напрямку становить 6–10 мм. Якщо припустити, що рух робочого середовища відбувається з наявністю етапу відриву від стінки робочого органа та падіння під дією сили тяжіння, то за максимальною оцінкою, переміщення маси середовища за час, який дорівнює періоду коливань робочого органа, є не більше ніж 2–3 мм. Отже, при використуваній робочій частоті обертання дебалансів стан вільного падіння в русі робочого середовища не відіграє суттєвого значення. Середовище "зависає", маючи форму zdeформованого циліндра, в камері робочого органа, при цьому дія її стінок приводить до періодичного стискання та розпушування середовища. Зона деформації переміщується по бічній поверхні цього циліндра, а внаслідок сил тертя в зоні контакту зі стінкою робочого органа середовище одержує обертовий рух. Лінійна швидкість руху шару робочого середовища в активній зоні при діаметрі робочого органа 0,5 м становить 20–40 см/с.

**4. Взаємодія середовища зі стінкою робочого органа.** Збільшення частоти коливань робочого органа хоч і приводить до збільшення маси середовища, яке перебуває в активній зоні (в одиницю часу), однак суттєво не впливає на рух шарів робочого середовища, що належать до пасивної зони. Причиною цього є непружні властивості робочого середовища. При цьому для досягнення високої частоти коливань необхідно розв'язувати додаткові як конструктивні, так і екологічні проблеми. Практично використовуються конструкції з частотою вібрації не вище ніж 50 Гц. Залежно від виду середовища і технологічного процесу обробки деталей тертя в середовищі слід розглядати як сухе чи в'язке. В більшості випадків, при застосуванні рідин для активізації процесу, робоче середовище має властивості деякої квазі рідини.

**5. Спосіб кріплення деталей.** Використання в конструкції обертового пристрою для кріплення деталей, забезпечує їх постійне перебування в активній зоні. Внаслідок того, що різниця діаметрів обкатника та поверхні обкочування невелика (2–3 мм), максимальне переміщення обкатника разом з оброблюваними деталями в радіальному напрямку становить 4–8 мм і практично таке ж радіальне переміщення при цьому оброблювані деталі здійснюють стосовно робочого середовища (зі швидкістю 5–10 см/с).



Рис. 2. Параметричні залежності вибору математичної моделі

Враховуючи другорядне значення частини маси робочого середовища, що належить до пасивної зони, а також вказаний характер кінематики середовища, доцільно приймати до розгляду динаміки машин з наявністю обертового пристрою для кріплення деталей одномасну модель, основні параметричні залежності якої подані на рис.2.

1. Субач А.П. Динамика процессов и машин объемной вибрационной и центробежной обработки насыпных деталей. Рига, 1991. 2. Карташов И.Н., Шаинский М.Е., Власов В.А. Обработка деталей свободными абразивами в вибрирующих резервуарах. К., 1975. 3. Топільницький В.Г. Моделювання руху шару середовища робочого контейнера вібраційної машини об'ємної обробки деталей // Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль в машинобудуванні. 2000. № 394. С. 104–110. 4. Бабичев А.П., Трунин В.Б., Самодумский В.П., Устинов В.П. Вибрационные станки для обработки деталей. М., 1984. 5. Боровець В.М., Гаврильченко О.В., Коломієць В.О. Аналіз динаміки вібраційних машин об'ємної обробки деталей // Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль в машинобудуванні. 2000. № 394. С.104–110. 6. Афтаназів І.С., Баранецька О.Р. і ін. Дослідження динаміки і оптимізація технологічних параметрів віброперемішування сипучого середовища // Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль в машинобудуванні. 2000. № 394. С.48–59.