

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА"

На правах рукопису

ШОЛОВИЙ Юрій Петрович

УДК 621.867

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ГНУЧКИХ ВІБРАЦІЙНИХ МОДУЛІВ
ДЛЯ ОБ'ЄМНОГО ДОЗУВАННЯ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

05.13.07 - Автоматизація технологічних процесів
та виробництв

А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Львів - 1993



00778591 (.)

Робота виконана на кафедрі Автоматизації та Інформатизації
 організації машинобудування Державного університету "Львівська політехніка".

- | | |
|-----------------------|---|
| Науковий керівник | - кандидат технічних наук, доцент
В.О. Повідайло |
| Науковий консультант | - доктор технічних наук, професор,
академік УкрАІН та Міжнародної
Академії Інформатизації
В.О. Погрібний |
| Офіційні апоненти | - доктор технічних наук, професор,
Голубець В.М.
- кандидат технічних наук, доцент
Савицький В.К. |
| Провідне підприємство | - АТ "Галичфарм", м. Львів |

Захист відбудеться "24" серпня 1994 р. о 15 год.
 на засіданні спеціалізованої ради КО4.06.01 Державного університету "Львівська політехніка" (290646, м. Львів, вул. Устияновича, 5, 51 аудиторія 10-го корпусу).

З дисертацією можна ознайомитись в науковій бібліотеці університету (вул. Професорська, 1).

Ваш відгук на автореферат у двох екземплярах, засвідчених печаткою, просимо направляти вченому секретарю спеціалізованої ради КО4.06.01 за адресою: 290646, м. Львів, вул. С.Бандери, 12, аудиторія 226 гол. корпусу).

Автореферат розісланий "24" серпня 1994 р.

Вчений секретар
 спеціалізованої ради,
 кандидат технічних наук

О.З. Вашчурак

ЛННБ ім. В. Стефаніка
 АН України

Актуальність проблеми. Дозування порошкових матеріалів (ПМ) широко використовується в різних галузях народного господарства. В багатьох технологічних процесах дозування є однією з основних операцій. Якість готової продукції та раціональні витрати сировини у більшості залежать від правильних вибору дозуючого обладнання та організації процесу дозування.

Одним з основних напрямків в організації процесу дозування є максимальна механізація та автоматизація виробничого потоку при забезпеченні відповідного скорочення циклу дозування, підвищення контролю за станом сумішей, точного дотримання заданої рецептури та маси вихідної дози. Автоматизація процесу дозування сприяє скороченню допоміжного часу, забезпечує простоту керування дозаторами, знижує собівартість продукції.

Діапазон вихідних доз, необхідність дотримання певних технологічних вимог при дозуванні, обумовлює використання в багатьох галузях промисловості дозуючих пристроїв, різних за конструкцією та способом дозування. Найбільш широке розповсюдження отримали два способи дозування: ваговий та об'ємний. Використання об'ємного способу суттєво спрощує процес дозування, однак характеризується значною похибкою маси вихідних доз, що в багатьох технологічних процесах виробництва обмежує його використання.

Результати роботи об'ємних дозуючих пристроїв залежать від коливання ступеня ущільнення ПМ у дозуючих ємкостях (ДЄ), викликаного змінами вмісту вологи, гранульованого складу, форми частинок та інших показників. Для отримання результатів з мінімальною похибкою необхідно забезпечити сталу інтенсивність потоку, швидкість та коефіцієнт заповнення ДЄ порошковими матеріалами з різними властивостями. Стабілізації перерахованих факторів можна досягти, використовуючи динамічну дію вібрації. Змінюючи амплітуду, частоту та траєкторію коливань робочого органа (РО), можна впливати на структуру шару ПМ, інтенсивність взаємодії між частинками та швидкість їх направленої руху у дозуючих системах.

Конструкції сучасних видів вібраційних дозаторів (ВД) орієнтовані, як правило, на ПМ певних фізико-механічних характеристик (СМХ), відхилення яких від заданих норм, викликає зниження точності дозування. Для раціональної побудови ВД для ПМ необхідно виявити основні закономірності процесу дозування, встановити оптимальні режими роботи та параметри дозуючих пристроїв, які б забезпечили ефективну роботу ВД для ПМ з різними СМХ.

Тому є актуальним дослідження процесу вібраційного об'ємно-

го дозування ПМ та створення на його основі вібраційних дозаторів які б гарантували високу точність та продуктивність для широкого діапазону змін СМХ дозованого продукту, екологічну чистоту процесу, мали б можливість швидкого перенастроювання, викликаного змінами технологічного процесу та умов експлуатації.

Актуальність роботи підтверджена цільовою комплексною науково-технічною програмою "Гнучкі виробничі системи та робототехнічні комплекси" на 1986-1990р. в рамках якої вона виконувалась.

Метою роботи є розробка принципів побудови гнучких вібраційних модулів для об'ємного дозування ПМ на основі аналізу напруженого стану ПМ у ДЄ та параметрів процесу вібраційного транспортування ПМ при прямолінійних та еліптичних траєкторіях коливань робочого органа.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі: розробити моделі напруженого стану ПМ у ДЄ при гравітаційному витіканні та при вібраційному збудженні потоку; розробити методику вибору оптимальних параметрів ДЄ на основі аналізу напруженого стану ПМ з різними СМХ у ДЄ; дослідити вплив інтенсивності вертикальної складової вібрації на поведінку ПМ та зміну його СМХ ; встановити значення коефіцієнтів прилипання при вібраційному транспортуванні ПМ моношаром різної товщини та вологості; знайти оптимальні параметри режиму вібраційного транспортування ПМ при прямолінійних та еліптичних траєкторіях коливань РО; дослідити точність вихідних доз гнучкого вібраційного дозуючого модуля (ГВДМ) для статичної та динамічної ДЄ; розробити конструкцію гнучкого вібраційного модуля для об'ємного дозування ПМ, використовуючи принципи побудови на основі системного аналізу конструктивних елементів ГВДМ.

Методи досліджень. В дисертаційній роботі використовувались теоретичні та експериментальні методи досліджень. Теоретичні дослідження виконані на основі теорії механіки суцільних середовищ та теорії коливань механічних систем. Для розв'язку диференціальних рівнянь, які описували моделі напруженого стану ПМ у ДЄ, використовували метод варіації сталої (метод Лагранжа). Експериментальні дослідження проводились на установках, розроблених на кафедрі автоматизації та комплексної механізації машинобудування (АКМ) Державного Університету "Львівська політехніка" (ДУ"ЛП") та експериментальному зразку вібраційного дозуючого модуля з використанням сучасної контрольної-виміральної апаратури. Результати досліджень опрацьовувались на ЕОМ.

Наукова новизна дисертації та основні положення, які виносяться на захист.

1. Розроблені моделі напруженого стану ПМ у ДЄ при гравітаційному витіканні та при вібраційному збудженні потоку.

2. Розроблена методика вибору оптимальних параметрів ДЄ на основі аналізу напруженого стану ПМ з різними СМХ.

3. Встановлені значення коефіцієнтів прилипання при вібраційному транспортуванні ПМ моношаром різної товщини та вологості.

4. Визначені оптимальні параметри режиму вібраційного транспортування ПМ при прямолінійних та еліптичних траєкторіях коливань РО.

5. Розроблена конструкція гнучкого вібраційного модуля для об'ємного дозування ПМ з використанням принципів побудови на основі системного аналізу конструктивних елементів ГВДМ..

Практична цінність. Отримані результати дають змогу створювати вібраційне дозуюче обладнання для розфасовки ПМ в автоматичному режимі. На основі теоретичних та експериментальних даних роботи розроблений ефективний гнучкий вібраційний модуль для об'ємного дозування ПМ, який працюючи в оптимальних режимах, забезпечує точність вихідних доз на рівні вагових дозаторів для широкого діапазону змін СМХ ПМ та екологічно чистий процес дозування токсичних речовин, відповідає сучасним вимогам гнучкості.

Реалізація та впровадження результатів роботи. Основні теоретичні та практичні результати дисертаційної роботи використувувались в рамках госпдоговірної роботи N4939 "Дослідження, розробка та виготовлення пристрою регулювання подачі токсичної речовини вібраційного дозуючого модуля", виконаної в науково-дослідній лабораторії (НДЛ-40) ДУ"ЛП", в якій дисертант брав безпосередню участь. В результаті був розроблений експериментальний зразок вібраційного дозуючого модуля для розфасовки токсичної речовини для проявлення кольорової кіноплівки, який був впроваджений на телевізійному технічному центрі телерадіокомпанії "Останкін" м. Москви. Ця робота проводилась в рамках цільової комплексної науково-технічної програми "Гнучкі виробничі системи та робототехнічні комплекси" на 1986-1990 р.

Апробація. Дисертаційна робота обговорювалась на розширеному засіданні кафедри АКМ ДУ"ЛП" під головуванням академіка України та Міжнародної Академії Інформатизації, доктора технічних наук, професора Погрібного В.О.

Основні результати роботи доповідались та обговорювались на республіканській науково-технічній конференції "Автоматизація та діагностика технологічних процесів" (м.Луцьк, 1990р.), на Міжнародній науково-технічній конференції "Вдосконалення та розвиток викінчувально-зачисної, фінішної та поверхнево-пластичної обробки деталей" (м.Вінниця, 1992р.), на 1-му Міжнародному симпозіумі українських інженерів-механіків у Львові, 1993р.

Публікації по роботі. По темі дисертації опубліковано 9 робіт, у тому числі 1 патент на винаходи та 2 авторські свідоцтва.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з вступу, трьох розділів, завершення, викладених на 106 сторінках машинописного тексту, списку літератури з 113 найменувань, ілюстративного матеріалу на 41 листах та додатків.

КОРОТКИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі (розділ 1) обґрунтована актуальність проблеми. На основі результатів огляду літературних джерел сформульовані мета та задачі дослідження. Проаналізовані результати досліджень, відображені в роботах Блехмана І.І., Відінеєва Ю.Д., Ганієва Р.Ф., Гончаревича І.Ф., Гячева Л.В., Дженіке Е.В., Зенкова Р.Л., Каталімова А.В., Лавендела Е.Е., Орлова С.П., Повідайло В.О., Потураєва В.Н., Рагульскіса К.М., Сіліна Р.І., Червоненка А.Г. та інших. Наведена наукова новизна отриманих в дисертації результатів та викладені положення, які виносяться на захист. Представлені відомості про апробацію робіт і публікації.

У другому розділі проведено аналіз напруженого стану ПМ у ДЄ при гравітаційному витіканні та при вібраційному збудженні потоку на основі моделі сипучого середовища, в якій перерозподіл напружень відбувається внаслідок відкривання випускного отвору ДЄ.

В основу запропонованої моделі покладена модель А.Каталімова, оскільки враховує лінійну залежність дотичних-напружень від радіальної координати та відкидає припущення, що вертикальні напруження незмінні у поперечному перерізі. Витікання матеріалу розглядається як процес неперервного утворення та руйнування агрегатних структур з наявністю пульсаційних характеристик поля напружень та деформацій, зміна яких здійснюється в межах активного та пасивного граничних станів.

Оскільки тиск на дно та стінки ДЄ залежить від σ_{max} ПМ та

чистоти обробки їх поверхонь, то у запроповану модель була введена сила щеплення ПМ із стінками, яка враховує адгезивні властивості ПМ та ступінь шорсткості поверхні стінок ДЄ. Особливо ця залежність проявляється при високих та вузьких ДЄ ($Z/D > 5$), де вплив цих факторів має вирішальне значення у встановленні величини та розподілі напружень [1].

Враховуючи експериментально обгрунтоване припущення про сталість горизонтальних напружень у поперечному перерізі та лінійність зміни дотичного напруження від максимуму на стінці ДЄ до нуля на осі

$$\tau_{rzo} = \tau_{rzo}^{\omega} \frac{r}{r_0} = \sigma_{r_0} f_{\omega} \frac{r}{r_0},$$

а також умову граничної рівноваги Мора-Кулона

$$(\sigma_{z_0} - \sigma_{r_0})^2 + 4\tau_{rzo}^2 = \sin^2 \phi (\sigma_{z_0} + \sigma_{r_0})^2,$$

де τ_{rzo} , τ_{rzo}^{ω} - дотичні напруження у шарі ПМ та біля стінки ДЄ відповідно; r , r_0 , Z - лінійні координати; σ_{r_0} - горизонтальне напруження у перерізі, який розглядався; f_{ω} - коефіцієнт тертя ПМ до стінки ДЄ; ($f_{\omega} = \tan \phi$); f - коефіцієнт внутрішнього тертя ($f = \tan \phi$), розглядалась рівновага елементарного диску нескінченно малої товщини dZ

$$F_{\sigma_{z_0}} + F_{\gamma} + F_{\sigma} = F_{\sigma_{z_0}}' + F_{\tau_{rzo}}^{\omega},$$

де індекси характеризують силові фактори, які аналізуються.

При відносній вологості повітря більше 50% активізуються сили щеплення F_{σ} ПМ зі стінкою ДЄ, які залежать від адгезивних властивостей ПМ, шорсткості стінок та форми ДЄ:

$$F_{\sigma} = F_{ад} f_{\omega}.$$

Силу $F_{ад}$ ПМ до стінок ДЄ визначали за формулою:

$$F_{ад} = \frac{4\pi^2 D \sigma r \cos \theta}{\alpha} dZ;$$

де σ - середнє значення величини поверхневого натягу рідини; r - радіус частинок ПМ; θ - крайовий кут змочування поверхні; α - коефіцієнт шорсткості поверхні, який визначали як:

$$\alpha = \frac{1}{\cos \beta},$$

де β - середнє значення косинуса крутизни мікрорельєфу поверхні стінок ДЄ.

Враховуючи значення силових факторів, отримали рівняння:

$$\left(\frac{\rho_0 g D}{4} - \sigma_{r_0} f_{\omega} \right) dZ = \frac{DC_{1,2} d\sigma_{r_0}}{4} - \frac{4\lambda \rho_0 \omega \theta f_{\omega}}{\alpha} dZ,$$

яке з врахуванням замін перетворилось в лінійне неоднорідне диференціальне рівняння 1-го порядку:

$$A_3 \frac{dY}{dX} + A_2 Y = A_1 + A_4.$$

Використовуючи метод варіації сталої (метод Лагранжа) знайшли загальний розв'язок рівняння. Підставивши граничні умови $Z_0 = 0$; $\sigma_{r_0}^n = 0$ та розкривши заміни, отримали формулу для визначення горизонтального напруження:

$$\sigma_{r_0} = \left(1 - e^{-\frac{4f_{\omega}}{DC_{1,2}} Z} \right) \left(\frac{\rho_0 g D}{4f_{\omega}} + \frac{4\lambda \rho_0 \omega \theta}{\alpha} \right).$$

На основі прийнятої моделі напруженого стану ПМ було проведено числове моделювання впливу вологості ПМ W та параметрів ДЄ (Z, D) на величину σ_{r_0} для активного та пасивного напруженого станів.

В подальших дослідженнях основна увага приділялась пасивному напруженому стану ПМ у ДЄ ($\sigma_{r_0} > \sigma_{z_0}$), оскільки виникнення зависань та утворення склепінчастих структур, які різко знижують точність вихідних доз, найбільш ймовірні саме при даному напруженому стані [2].

За допомогою запропонованої моделі було проведено числове моделювання впливу зміни співвідношення параметрів ДЄ (Z/D), адгезивних сил, ступеня шорсткості та стану поверхонь стінок ДЄ (гідрофільна, звичайна, гідрофобна) на величину σ_{r_0} для пасивного напруженого стану.

Використовуючи формулу для визначення σ_{r_0} були отримані графічні залежності для знаходження оптимальних діаметрів ДЄ (рис. 1). Зони, розміщені праворуч кривих, характеризують пасивний стан ($\sigma_{r_0} > \sigma_{z_0}$), зона ліворуч кривих - активний стан.

На основі даних про величину σ_{r_0} для конкретних ПМ та стану поверхонь ДЄ (f, f_{ω}) за стрілкою (рис. 1) можна визначити критичний діаметр D , вище якого існує активний напружений стан, сприятливий для забезпечення нормального процесу дозування при статичному положенні ДЄ. Експериментальні дослідження засвідчили вірогідність теоретичних результатів (криві, зображені пунктирними лініями).

R=0,025mm; Z=0,05m; T=23gr; R=25gr

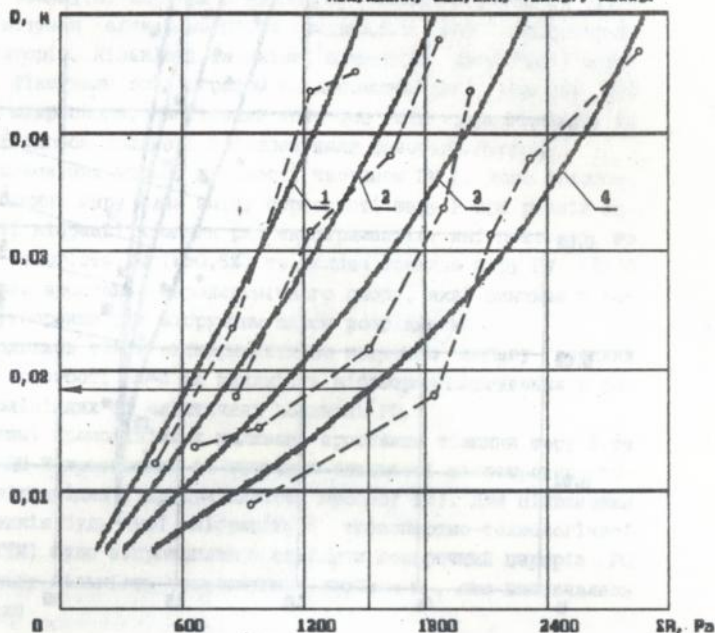


Рис. 1

Враховуючи інерційну силу F_j , яка виникає в результаті динамічної дії вібрації на ПМ, за допомогою запропонованої моделі напруженого стану ПМ у ДЄ було встановлено залежність для знаходження σ_{r_0} при вібраційному збудженні потоку:

$$\sigma_{r_0} = \left(1 - e^{-\frac{4f_{\omega}}{DC_{1,2}}(Z-Z_0)} \right) \left(\frac{\left(\rho_v \frac{D}{4} \right) \left(g - A\omega^2 \cos(\omega t + \psi_0) \right)}{f_{\omega}} + \frac{4\lambda g \cos \theta}{\alpha} \right).$$

Результати числового моделювання впливу інтенсивності вібрації на зміну напруженого стану ПМ для різних параметрів ДЄ підтвердили ефективну дію вібрації [6]. На два порядки зменшилось σ_{r_0} у порівнянні з умовами гравітаційного витікання. Зменшення σ_{r_0} спостерігалось при зростанні інтенсивності вібрації ($\xi > 1$) та частоти (до 100 Гц).

В результаті знаходження критичних параметрів ДЄ при вібраційному збудженні потоку отримали графічні залежності зміни діаметра ДЄ від величини σ_{r_0} (рис. 2).

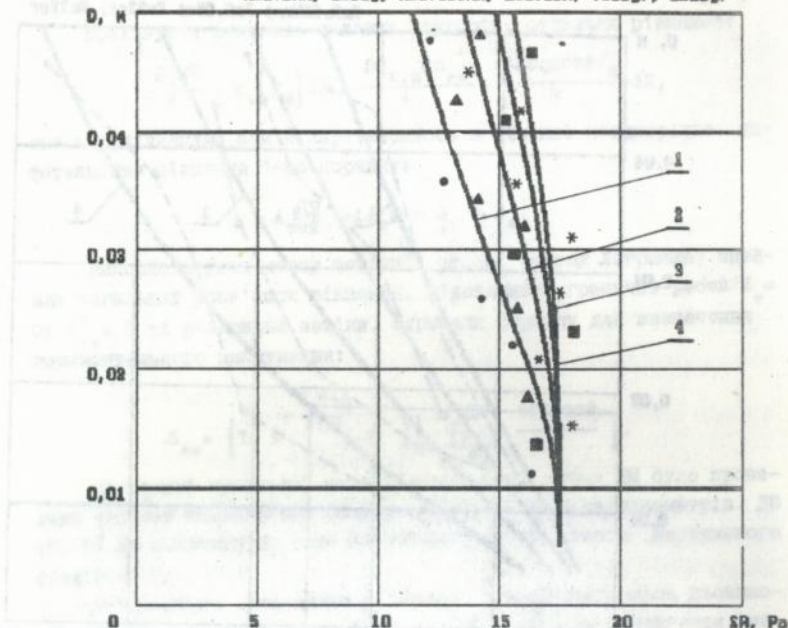
$R=0.1\text{mm}; U=30\text{g}; R=0.025\text{mm}; Z=0.05\text{m}; T=33\text{gr}; B=25\text{gr}$


Рис.2

Характер кривих, які направлені майже вертикально, свідчить про незалежність σ_{r_0} від зміни діаметра ДЄ, хоч для ПМ з високими f та f_0 та більших D криві відхиляються вліво. Ці результати підкреслюють ефективність використання вібрації, яка зводить до мінімуму ймовірність утворення динамічних склепін та зависань ПМ у ДЄ будь-яких діаметрів. Вірогідність отриманих результатів була підтверджена експериментальними даними (зображено точками).

У третьому розділі описана методика та апаратура для експериментальних досліджень режимів роботи ГВДМ при прямолінійних та еліптичних траєкторіях коливань РО, представлені результати досліджень та їх аналіз.

Дослідження проводились на установці з незалежно збуджуваними вертикальними та кутовими коливаннями [8]. Кутові коливання забезпечувала комбінована пружна система та чотири електромагніти, вертикальні - коливальна система у вигляді плоских пружин та один електромагніт. Робочим органом служила кільцева чаша

у вигляді замкнутої доріжки з прозорою зовнішньою стінкою. Живлення на котушки електромагнітів подавалось від лабораторних трансформаторів. Кількісні та якісні показники амплітуди коливань чаші фіксували осцилографом за допомогою двох давачів АНС 014-03 та мікроскопа. Необхідний зсув фаз між вертикальною та кутовою складовою коливань забезпечували фазорегулятором.

Для в'яснення впливу щільності частинок ПМ ρ , його вологості W та товщини шару δ на зміну пористості шару P при різній інтенсивності вібрації провели ряд експериментів, які показали, що підвищена вологість ПМ ($W > 0,5\%$) та велика товщина шару ПМ ($\delta > 10$ мм) сприяють зростанню аеродинамічного опору, який виникає в результаті утворення під віброуючим шаром розрідження.

Проводились також експерименти по вивченню впливу товщини шару δ та вологості ПМ W на швидкість вібротранспортування в режимі прямолінійних та еліптичних коливань РО.

В режимі прямолінійних коливань зростання товщини шару δ та вологості ПМ W призводило до зниження швидкості вібротранспортування, а відповідно і продуктивності процесу [3]. Для підвищення цих показників будь-якої вібраційної транспортно-технологічної машини (ВТТМ) було запропоновано поділити поперечний переріз РО на оптимальну кількість транспортних доріжок m_n , яка визначалась за формулою:

$$m_n = \frac{H}{h + \delta_n (1 + \mu)}$$

де n - індекс шару ПМ певної товщини; h - товщина транспортної доріжки, мм; H - висота поперечного перерізу РО, мм; μ - коефіцієнт стану ПМ при вібрації $\mu = (0,2 \dots 1)$. При максимальному ущільненні ПМ на доріжці $\mu = 0,2$, а при максимальному розрихленні, у процесі віброкипіння, - $\mu = 1$.

Загальна продуктивність установки визначалась як сума продуктивностей окремих доріжок, які обмежені поперечним перерізом РО висотою H :

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_n$$

Графічна залежність $Q=f(m)$ для інтенсивностей режиму вібротранспортування ξ : 1- $\xi=1$; 2- $\xi=1,5$; 3- $\xi=2,0$; 4- $\xi=3,0$; 5- $\xi=4,0$; 6- $\xi=5,0$ та товщини шару $\delta=50$ мм (рис. 3), показала, що оптимальна кількість доріжок $m=(2 \dots 6)$ в залежності від потужності приводу та умов експлуатації.

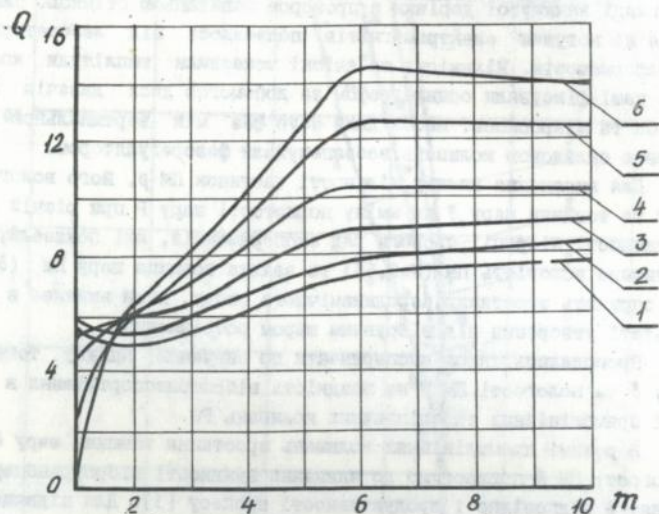


Рис.3

В режимі еліптичних коливань РО досліджено вплив товщини шару ПМ δ , кутів зсуву фаз між складовими коливань ϵ , форми траєкторії коливань та напрямку її обігання, нахилу великої осі еліпса на швидкість вібротранспортування, встановлені оптимальні параметри процесу [4]. Досліджено вібропереміщення ПМ на підйом ($\alpha > 0^\circ$) моношаром різної вологості W та товщини δ .

Проведено порівняльний аналіз продуктивностей Q ВТМ при вібротранспортуванні ПМ моношаром в режимах прямолінійних та еліптичних коливань РО, який засвідчив ефективність еліптичних коливань, оскільки продуктивність Q машин при роботі у цих режимах у кілька разів вища у порівнянні з режимами прямолінійних коливань.

Використовуючи результати експериментальних досліджень була зроблена спроба описати закономірність вібротранспортування шару ПМ на основі розробленої теорії вібропереміщення матеріальної точки, враховуючи фізичні процеси, які протікають у шарі ПМ, зокрема, ефект запізнення моменту відриву шару ПМ, який спостерігався на практиці [5].

Механічні властивості шару ПМ, який знаходиться у полі вібраційних сил, визначаються сукупністю реологічних параметрів,

які зберігаються незмінними у широкому амплітудному діапазоні режимів вібропереміщення та при зміні висоти шару. Всі ці реологічні параметри узагальнювались коефіцієнтом прилипання k_{Π} , який показує, що відрив шару відбувається не в момент рівності по модулю нормальних до поверхні складових прискорення РО та сили тяжіння (як це має місце в теорії матеріальної точки), а при деякому більшому прискоренні

$$\bar{y}(t_0) = g \cos \alpha k_{\Pi},$$

де $\bar{y}(t_0)$ - нормальна складова прискорення поверхні РО в момент відриву t_0 шару ПМ.

Визначення фазового кута φ_{Π} моменту початку вільного польоту шару ПМ, здійснювали за формулою:

$$\varphi_{\Pi} = \arccos \left(- \frac{1 + \frac{F_{\text{пр}}}{mg \cos \alpha}}{\xi} \right),$$

де m - маса шару ПМ на робочій поверхні, $\frac{F_{\text{пр}}}{mg \cos \alpha} = k_{\Pi}$ - коефіцієнт прилипання.

Зміна моменту відриву за рахунок сили аеродинамічного прилипання спричиняє і зміну моменту зустрічі φ_3 і, взагалі, зміну режиму вібротранспортування. Фазовий кут зустрічі φ_3 для різних значень k_{Π} та ξ отримували з рівняння:

$$\sin \varphi_{\Pi} (\varphi_3 - \varphi_{\Pi}) - \frac{(\varphi_3 - \varphi_{\Pi})^2}{2\xi} + \cos \varphi_3 - \cos \varphi_{\Pi} = 0.$$

Використовуючи методикку теоретичного визначення коефіцієнта швидкості K_{Π} у п'ятиетапному режимі вібротранспортування та результати експериментальних досліджень, був проведений розрахунок коефіцієнта прилипання k_{Π} для різних значень ξ . Задаючись значеннями K_{Π} , отриманих експериментальним шляхом та похибкою порівняння K_{Π} теоретичного та експериментального в межах 10%, отримали графічну залежність $k_{\Pi} = f(\xi)$ для різних значень товщини шару δ , мм: 1- $\delta=5$; 2- $\delta=10$; 3- $\delta=20$; 4- $\delta=30$; 5- $\delta=40$ (рис. 4), з якої видно, що збільшення товщини шару ПМ δ спричиняє зростання коефіцієнта прилипання k_{Π} , а відповідно і затягує момент відриву шару вантажу від поверхні РО, що негативно впливає на швидкість вібраційного транспортування ПМ.

Досліджено точність дозування вібраційного дозуючого модуля при заповненні статичної та динамічної ДЄ ущільненим та розрих-

ленням ПМ. Встановлено, що поєднавши інтенсивні режими вібротранспортування ПМ при заповненні ДЄ ($\xi > 1$) та вібраційне збудження потоку при випорожненні ДЄ, отримали точність дозування з похибкою менше 1% ($S=0,066$) від заданого значення та високу продуктивність.

k_n 4

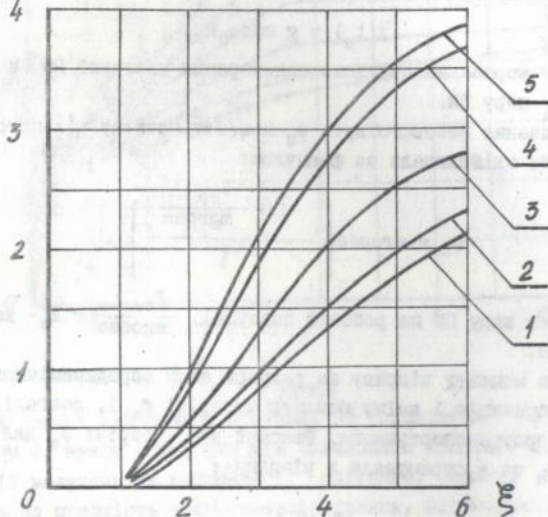


Рис. 4

У четвертому розділі на основі аналізу поведінки ПМ у процесі дозування, як складної фізико-механічної системи (СМС), та використання функціонально-фізичного аналізу об'єкта, запропонований найбільш економічно вигідний варіант конструкції гнучкого вібраційного модуля для об'ємного дозування ПМ.

Запропонована блок-схема системного дослідження процесу дискретно-циклічного дозування ПМ, яка може бути використана для розв'язку задач оптимізації, автоматизованого проектування, керування та створення технологічних об'єктів, а також для синтезу систем "бункер - дозатор - технологічне обладнання".

Враховуючи закономірності побудови технологічних систем, визначені кількісні характеристики структурних елементів та зв'язків ГВДМ. Для дослідження структури ГВДМ були складені матриці взаємодій та на їх основі графіки у вигляді точок, які утворювали елементи конструкції, з'єднані лініями. Змінюючи поло-

ження точок, з метою отримання мінімального числа перетинів, знайшли попередню структурну схему ГВДМ для ІМ.

Для розширення меж пошуку нових технічних рішень при створенні ГВДМ використовували морфологічний метод. В системі виділяли характерні (морфологічні) ознаки, кожна з яких характеризувала конструктивний елемент системи, його властивості, режим роботи, - словом параметри системи, від яких залежить вирішення задачі. Далі, по кожній виділеній технологічній ознаці, складали списки різних варіантів технічного виконання задачі. Ознаки з їх варіантами розміщували у формі таблиці. Перебираючи всі можливі сукупності варіантів, були виявлені нові технічні рішення задачі, які були реалізовані в конструкції гнучкого вібраційного модуля для об'ємного дозування ІМ [9] (рис. 5).

Використання в даній конструкції комбінованої пружної системи незалежно збуджуваних вертикальних та кутових коливань 3, 6, 7, дало змогу гарантувати оптимальні режими роботи ГВДМ для широкого діапазону змін $\Phi M X$ ІМ [7].

Двохтактні електромагнітні віброзбудники дають змогу зберегти симетричність струму, виключають можливість внесення спотворень у живильну мережу та підвищують потужність ГВДМ.

Комбінований РО 8 у вигляді кільцевої чаші дає змогу сумістити в ньому декілька операцій: сепарування ІМ; транспортування ІМ на позицію завантаження ДЄ з одночасним наданням йому необхідних $\Phi M X$ при допомозі динамічної дії вібрації; відсікання дози; руйнування зв'язків між частинками ІМ.

Мірником служить дозуюча емкість 1, жорстко з'єднана з реактивною масою 2, яка забезпечує вертикальні гармонійні коливання ДЄ, що сприяє підвищенню точності вихідної дози.

Запобіганню перепоовнення дозуючим матеріалом бункера-живильника 8 служить система контролю рівня у вигляді давача контролю рівня (ДКР) 9 та вібраційного спонукача потоку 10.

Для забезпечення стабільного дозування та високої продуктивності дозатора дозуюча камера розділена по вертикалі кількома транспортними доріжками 17.

Повна віброізоляція системи досягається за рахунок встановлення гумових опор 26 у нерухомих точках.

ГВДМ може працювати як автономно, так і в комплексі з іншим обладнанням, може забезпечувати, при необхідності, швидке переналагодження на дозування іншого ІМ та стикування з пристроями будь-якого призначення.

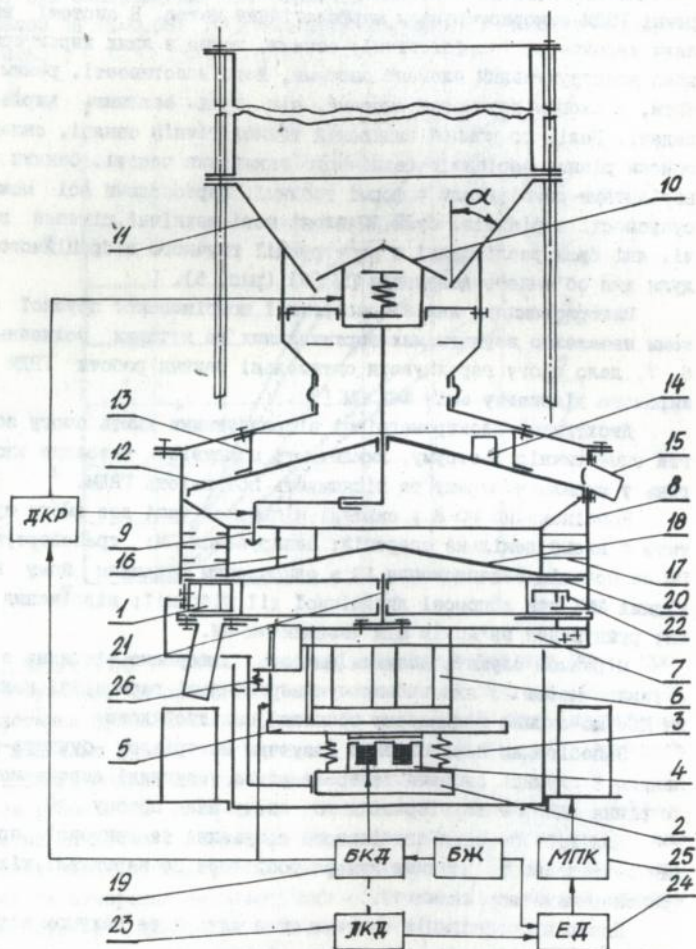


Рис. 5

Продуктивність ГВДМ Q визначається за формулою:

$$Q = \frac{2,60AK_{\text{ш}}BH}{(r^2 + R^2 + rR)h}, \text{ [доз/с]},$$

де ν - частота коливань системи, Гц; A - амплітуда кутових коливань, мм; $K_{\text{ш}}$ - коефіцієнт швидкості руху ПМ у дозуючій камері; B - ширина транспортної доріжки, мм; H - висота загального шару ПМ у дозуючій камері, мм:

$$H = \sum_{i=1}^m \delta_i,$$

де δ_i - висота шару ПМ на i -тій доріжці; r - радіус вхідного отвору ДЄ, мм; R - радіус вихідного отвору ДЄ, мм; h - висота ДЄ, мм.

У завершених сформульовані основні результати досліджень, подані дані про їх використання та про додатки.

Додатки містять документи про впровадження результатів роботи, фотографії експериментальних установок та зразка ГВДМ, а також програми для моделювання.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ ТА ВИСНОВКИ

1. Розроблені моделі напруженого стану ПМ у ДЄ при гравітаційному витіканні та при вібраційному збудженні потоку. Знайдено аналітичні залежності для визначення величини горизонтального напруження, покладені в основу методу оптимізації параметрів ДЄ.
2. Розроблена методика вибору оптимальних параметрів ДЄ на основі аналізу напруженого стану ПМ з різними СМХ.
3. Досліджено вплив інтенсивності вертикальної складової вібрації на поведінку та зміну СМХ ПМ. Знайдено графічні залежності зміни пористості шару ПМ від інтенсивності вібрації.
4. Встановлені значення коефіцієнтів прилипання при вібраційному транспортуванні ПМ моношаром різної товщини та вологості.
5. Визначені оптимальні параметри режимів вібраційного транспортування ПМ при прямолінійних та еліптичних траєкторіях коливань РО. Вказані способи підвищення ефективності вібротранспортування ПМ.
6. Досліджено точність вихідних доз ГВДМ для статичної та динамічної ДЄ. Встановлені залежності середньоквадратичних відхилень маси вихідних доз від зміни вологості та стану дозованих

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ПМ.

7. Розроблена конструкція гнучкого вібраційного модуля для об'ємного дозування ПМ з використанням принципів побудови на основі системного аналізу конструктивних елементів ГВДМ.

ПУБЛІКАЦІЇ

1. Повидайло В.А., Шоловий Ю.П. Автоматизированное вибрационное транспортирование и дозирование порошкообразных сыпучих материалов // Тезисы докладов республиканской НТК "Автоматизация и диагностика технологических процессов". Луцк, 1990. с. 30-31.

2. Повидайло В.А., Шоловий Ю.П. Вибрационные дозаторы для абразивных порошков // Тезисы докладов международной НТК "Совершенствование и развитие отделочно-зачистной, финишной, и поверхностно-пластической обработки деталей". Винница, 1992. с. 56.

3. Повидайло В.О., Шоловий Ю.П. Вибраційне транспортування порошкових матеріалів при прямолінійних коливаннях // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. 1992. Випуск 31, с. 47-50.

4. Повидайло В.О., Шоловий Ю.П. Вибраційне транспортування порошкових матеріалів при еліптичних коливаннях // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. 1992. Випуск 32, с. 42-45.

5. Повидайло В.О., Шоловий Ю.П., Новицкий Я.М. Гибкие вибрационные транспортно-ориентирующие модули // Тезисы докладов республиканской НТК "Автоматизация и диагностика технологических процессов". Луцк, 1990. с. 28-29.

6. Шоловий Ю.П. Оптимізація параметрів дозуючих емкостей автоматичних вібраційних дозаторів // Тези доповіді 1-го Міжнародного симпозиуму українських інженерів-механіків. Львів, 1993. с. 287-288.

7. А.с. N 1722784 (СССР), МКИ В23Q 7/10. Загрузочно-разгрузочное устройство / Повидайло В.А., Шоловий Ю.П.

8. А.с. N 1770263 (СССР), МКИ В65G 65/30. Вибрационный бункер для штучных деталей / Повидайло В.А., Шоловий Ю.П.

9. Позитивне рішення на видачу патента (Росія) по заявці N 5019120/13 від 01.07.91, МКИ В65G 65/30. Дозатор для порошкових матеріалів/ Повидайло В.О., Шоловий Ю.П.

Підп. до друку 20.05.84. Формат 60x84^I/16
Папір друк. № 2. Офс. друк. Умовн. друк. арк. 125
Умовн. фарб.-відб. 1,25 Умовн. видав. арк. 1,12
Тираж 110 прим. Зам. 372. Безплатно

ДУЛП 290646 Львів-ІЗ, Ст. Бандери, 12

Дільниця оперативного друку ДУЛП
Львів, вул. Городоцька, 26б

457134

AB 30.257

AB 30.257

Faint, illegible text at the top of the page, possibly a header or introductory paragraph.

Faint, illegible text in the upper middle section of the page.

Faint, illegible text in the middle section of the page.

Faint, illegible text in the lower middle section of the page.

Faint, illegible text in the lower section of the page.

Faint, illegible text in the lower section of the page.

Faint, illegible text in the lower section of the page.

Faint, illegible text in the lower section of the page.

Faint, illegible text at the bottom of the page, possibly a footer or concluding paragraph.