

УДК 510.5:621

Веселовська Наталія Ростиславівна, д.т.н., проф..  
ВНАУ, м.Вінниця, Україна

## Дослідження детермінованих моделей вібраційних та віброударних машин з гідроімпульсним приводом

*Анотація.* Розглянуті принципи побудови і дослідження детермінованих моделей вібраційних та віброударних машин. Загальний аналіз робіт з вібраційного та віброударного пресування дозволяє виділяти ознаки відповідних режимів роботи на основі математичних моделей робочих процесів вібраційних та віброударних машин. Конструктивне виконання моделі інерційного вібропрес-молота та опис її параметрів дає можливість вибору різних режимів інерційного навантаження під час відпрацювання технологічних процесів формоутворення заготовок з порошкових матеріалів методом вібро-ударного пресування, що дозволяє оцінити ефективність їхнього застосування.

*Ключові слова:* вібраційні машини, віброударні машини гідроімпульсний привід, ефективність, робочі режими пресування, віброударне пресування.

У сучасних умовах науково-технічного розвитку підвищення якості, економічності і продуктивності технологічних процесів і обладнання відноситься до важливих задач науково-технічного прогресу. Одним із ефективних шляхів вирішення цієї проблеми є створення і впровадження у виробництво нового високоефективного енергозощаджувального обладнання, що базується на використанні вібраційних та віброударних технологій для інтенсифікації виробничих процесів у різних галузях промисловості [1-5].

Висока ефективність даних процесів забезпечується завдяки реалізації найоптимальніших силових впливів на об'єкт обробки, а також досягнення в результаті цього його необхідних внутрішніх фізико-механічних параметрів. Класифікація процесів за ознаками вібраційних та віброударних здійснюється в залежності від того, яка із складових навантаження коливальна (пульсуюча) або ударна (імпульсна) є основним фактором інтенсифікації даних технологічних процесів. Саме тому актуальною задачею є формалізація ознак виникнення вібраційного і віброударного режимів роботи на основі математичної моделі робочих процесів вібраційних та віброударних машин, що дозволить більш точно визначити критерії синтезу даних динамічних систем.

У роботі Ісковича-Лотоцького Р.Д. [1] сформовано основи теорії розрахунку та розробка процесів і обладнання для віброударного пресування. У розглянутих наукових роботах [1-4] даються основні напрямки досліджень у питаннях формоутворення заготовок, визначені проблеми формоутворення заготовок порошкових матеріалів. Метою даного дослідження є розробка детермінованих моделей вібраційних та віброударних машин з гідроімпульсним приводом. Коливання механічної системи з невеликою амплітудою і достатньо високою (до 100 Гц) частотою називають вібраційним процесом [6-8].

Велику роль у коливальному процесі ВМ та ВУМ грають сили, що діють ззовні на механічну систему, а також внутрішні сили, які розвиваються в її зв'язках.

До внутрішніх сил механічної коливальної системи відносять позиційні і дисипативні сили [1]. Позиційні сили – це сили, які залежать тільки від положення механічної системи (узагальнених координат). Якщо в системі приріст позиційної сили направлено протилежно відхиленню системи від положення рівноваги, то таку силу називають відновлювальною. До відновлювальних сил можна віднести сили пружності, зумовлені деформаціями пружних зв'язків – зовнішніх або внутрішніх. При цьому відновлювальна сила функціонально-зв'язана із координатою  $x$  і може бути записана у вигляді:

$$F(x) = -f(kx),$$

де  $k$  – коефіцієнт жорсткості (коефіцієнт квазіпружності [2]). Характеристикою жорсткості механічної системи називають функціональну залежність

$$\Phi(x) = -F(x).$$

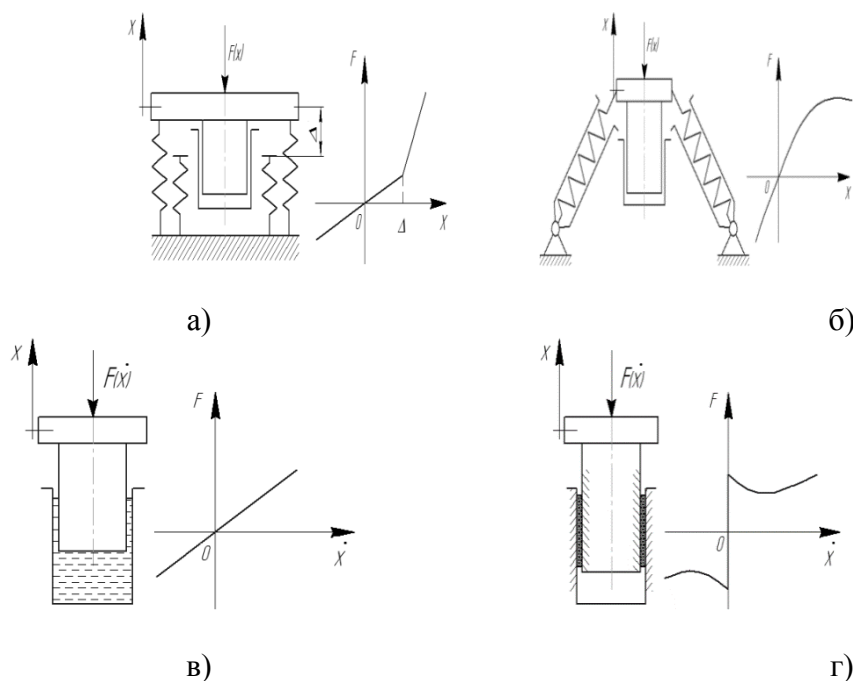


Рис. 1 - Діаграми характеристик сил жорсткості (а, б) і сил опору (в, г) ВМ і ВУМ: а), в) – лінійна характеристика коливальної системи; б, г) - нелінійна характеристика коливальної системи

При коливаннях механічних систем, крім відновлювальних сил розвиваються сили опору, які зв'язані із швидкостями точок системи. Так як вони здійснюють незворотну від'ємну роботу, то це призводить до дисипації (розсіяння) механічної енергії. До дисипативних сил можна віднести сили опору рідкого або газового середовища [2]. При цьому дисипативна сила функціонально-зв'язана із швидкістю  $dx/dt$  і може бути записана у вигляді:

$$F(\dot{x}) = -f(c\dot{x}),$$

де  $c$  – коефіцієнт опору середовища [2]). Характеристикою сил опору називають функціональну залежність  $\Phi(\dot{x}) = -F(\dot{x})$ . В залежності від типу функцій  $F(x)$  і  $F(\dot{x})$  характеристики жорсткості і опору механічних коливальних систем можуть бути як лінійними так і не лінійними (рис. 1).

У загальному випадку коливальну характеристику вібраційних машин (ВМ) можна представити у вигляді функції внутрішніх сил змішаного типу:

$$\Phi(x, \dot{x}) = k(F(x), F(\dot{x})).$$

До зовнішніх сил відносять збуджуючі сили, які задані у вигляді явних функцій часу  $F(t) = \zeta(t)$  і тому не залежать від руху системи до якої вони прикладені. Прикладом таких сил може бути відцентрова сила, яка утворюється на відцентровому вібробуджувачі [2].

У загальному вигляді ідеалізовані вібраційні машини з гідроімпульсним приводом, як один із видів неавтономних коливальних систем, може бути охарактеризоване загальним рівнянням:

$$a\ddot{x} + \Phi(\dot{x}, \ddot{x}) = F(t), \quad (1)$$

де  $a$  – інерційний коефіцієнт коливальної системи.

Віброударним процесом називають коливання механічної системи при якому відбувається систематичне співударяння між її окремими елементами. Так широкого поширення набуває використання ВУМ із імпульсним збудженням, тому актуальним є розгляд умов виникнення віброударного режиму роботи від імпульсного навантаження.

Узагальнені основні принципи і підходи до моделювання динамічних процесів та систем на основі аналізу взаємозв'язку і класифікації даних моделей, розроблений системний підхід до побудови математичної моделі ВМ та ВУМ на базі гідроімпульсного привода. Встановлені закономірності вібраційного і віброударного режимів роботи технологічних машин на базі гідроімпульсного привода.

#### Список використаних джерел

1. Іскович-Лотоцький Р. Д. Основи теорії розрахунку та розробка процесів і обладнання для віброударного пресування : монографія / Р. Д. Іскович-Лотоцький – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 338 с.
2. *Искович-Лотоцкий Р. Д. Машины вибрационного и виброударного действия* / Р. Д. Искович-Лотоцкий, И. В. Матвеев, В. А. Крат. – Киев : Техніка, 1982. – 208 с.
3. *Iskovych-Lototskyi R. D. Pidvyshchennia efektyvnosti funkcionuvannia vibropresa z hidroimpulsnym pryvodom* / R. D. Iskovych-Lototskyi, N. R. Veselovska, O. V. Zelinska // Vseukrainskyi NTZh «Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh». – 2015. – № 2(78). – С. 75–79.
4. *Iskovych-Lototsky R. Development of the evaluation model of technological parameters of shaping workpieces from powder materials* / R. Iskovych-Lototsky, O. Zelinska, Y. Ivanchuk, N. Veselovska // East European Journal of advanced technologies. Issue 1/1 (85) - 2017 С. 9-17.
5. *Искович-Лотоцький Р. Д. Технологія моделювання оцінки параметрів формоутворення заготовок з порошкових матеріалів на вібропресовому обладнанні з гідроімпульсним приводом : монографія* / Р. Д. Іскович-Лотоцький, О. В. Зелінська, Я. В. Іванчук. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 152 с.
6. *Искович-Лотоцький Р. Д. Оптимізація конструктивних параметрів інерційного вібропрес-молота* // Р. Д. Іскович-Лотоцький, Я. В. Іванчук, Я. П. Веселовський // Вісник машинобудування та транспорту. – 2016. – №2. – С. 43 – 50.
7. *Искович-Лотоцький Р. Д. Математичне моделювання робочих процесів інерційного вібропрес-молота з електрогідролічною системою керування гідроімпульсного привода для формоутворення заготовок з порошкових матеріалів* // Р. Д. Іскович-Лотоцький, В. П. Міськов, Я. В. Іванчук // Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. – 2016. – №3(237). – С. 176 - 180.
8. *Искович-Лотоцький Р. Д. Моделювання робочих процесів гідроімпульсного привода з однокаскадним клапаном пульсатором* / Р. Д. Іскович-Лотоцький, Я. В. Іванчук, Я. П. Веселовський // Вібрації в техніці та технологіях. – Вінниця, 2017. – № 3(86). – С.10-19.