

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ФОРМОУТВОРЕННЯ ЗАГОТОВОК З ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

Запропонована модель технологічного комплексу для формоутворення заготовок з порошкових матеріалів. Сформовано множини вхідних і вихідних параметрів. Ці множини охоплюють широкий спектр основних технологічних параметрів, а також задовольняють умовам повноти, дієвості та мінімальності. На основі цих вхідних параметрів сформована множина X оцінювальних параметрів технологічного комплексу

Вступ. Оцінювання ефективності функціонування вібропресового обладнання належить до категорії складних задач внаслідок того, що виникає потреба в урахуванні множини вхідних параметрів X і вихідних параметрів N та їх функції перетворення $F: N$. Запропоновано розв'язувати такі задачі шляхом декомпозиції складної функції на послідовність простіших так, що функції нижчих рівнів однозначно ідентифікують певні параметри у функціях вищих рівнів. Розв'язання задачі стає можливим тоді, коли розв'язки всіх задач нижчих рівнів є отриманими.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботі [1] сформовано основи теорії розрахунку та розробка процесів і обладнання для віброударного пресування. В зазначених роботах [1-4] даються основні напрямки досліджень в питаннях формоутворення заготовок, визначені проблеми формоутворення заготовок порошкових матеріалів. Із наукових досліджень [6] визначено методи оцінювання ефективності технологічного комплексу для формоутворення заготовок з порошкових матеріалів.

Мета досліджень. Метою досліджень є створення математичної моделі з урахуванням множини вхідних параметрів X і вихідних параметрів N та їх функції перетворення $F: N$ для підвищення процесу формоутворення заготовок з порошкових матеріалів.

Результати досліджень. Під технологічним комплексом розуміємо складну систему, яка характеризується структурними та функціональними зв'язками між складовими простіших систем та всередині них.

Система складається з елементів (складових частин, що розрізняються властивостями, які виявляються при взаємодії), з'єднаних зв'язками (лініями передачі одиниць або потоків чого-небудь), які вступають у певні відносини (умови і способи реалізації властивостей елементів) між собою та із зовнішнім середовищем, щоб здійснити процес (послідовність дій для зміни або підтримки стану) і виконати функцію системи (призначення, роль).

В досліджуваному технологічному комплексі для віброударного пресування ми виділили три основні взаємопов'язані системи: об'єкт обробки (система I), робочий процес (система II) і машина (система III), які об'єднуються в загальну систему технологічного комплексу [75] (рис. 1).

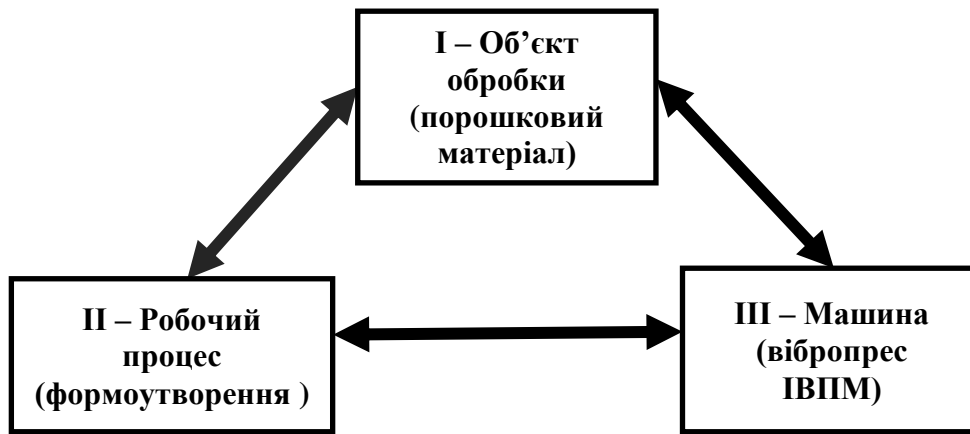


Рисунок 1 – Схема технологічного комплексу віброударного пресування

Процес оцінювання ефективності функціонування технологічного комплексу, який складається з трьох систем, належить до категорії складних задач внаслідок того, що виникає потреба в урахуванні потужної множини вхідних параметрів X , та вихідних параметрів N , та їхньої функції перетворення $F: X \rightarrow N$. Запропоновано розв'язувати такі задачі шляхом декомпозиції складної функції на послідовність простіших так, що функції нижчих рівнів однозначно ідентифікують певні параметри у функціях вищих рівнів. Вирішення головної проблеми стає можливим тоді, коли розв'язки всіх підпроблем нижчих рівнів є отриманими [6].

Оцінювання ефективності функціонування процесу формування заготовок з порошкових матеріалів на вібропресовому обладнанні полягає в послідовній реалізації ряду функцій. Задача прийняття рішення щодо оцінювання ефективності функціонування всього технологічного комплексу полягає у виборі адекватного рішення N з множини рішень Z_j ($j = \overline{1, J}$). Пропонується вибір здійснювати за допомогою оцінок ефективності функціонування технологічного комплексу на основі множини X оцінювальних параметрів x_i ($i = \overline{1, n}, n \in N$).

Для оцінювання ефективності функціонування процесу необхідно вибрати певні критерії. Крім того, специфічністю побудови такої системи є необхідність врахування множини початкових вхідних параметрів, які є базою для розрахунку оцінювальних параметрів [11].

Особливість математичної моделі полягає у тому, що вона враховує множину початкових вхідних параметрів $K = (k_c)$ ($c = \overline{1, C}$); множину оцінювальних параметрів $X = (x_i)$ ($i = \overline{1, n}$) системи; функцію перетворення початкових параметрів на оцінювальні $F_1: K \rightarrow X$; множину декомпозиційних функцій $D = (Y, \dots, S, P)$ згортання параметрів, за якими здійснюється ідентифікація стану системи.

Для отримання результату щодо оцінювання ефективності функціонування процесу формування при прийнятті рішення, виходячи з початкових вхідних оцінювальних параметрів K , необхідно реалізувати вище вказані функції в такій послідовності:

$$K \xrightarrow{F_1} X \xrightarrow{D} Z_j.$$

Для визначення остаточної оцінки стану технологічного комплексу Z_j запропоновано враховувати комбінацію складних функцій – параметрів $P_1 \dots P_q$ – стану, що оцінюють групи показників вищого рівня ієрархії [11]:

$$Z_j = F(P_1, P_q). \quad (1)$$

У свою чергу, вхідними даними для обчислення складних параметрів P_1 та P_q є сукупність параметрів, що оцінюють певні групи показників ($S_1 \dots S_p$), тобто:

$$P_1 = F(S_1 \dots S_t), P_q = F(S_e \dots S_p), \quad (2)$$

де $t, e, p \in M$, а M – множина функціоналів узагальнювальних параметрів P -го рівня.

У результаті подальшого розбиття, що зумовлюється врахуванням впливу постійно змінюваної множини чинників зовнішнього та внутрішнього середовищ, складні параметри передостаннього рівня ($Y_1 \dots Y_m$) є функціями від відповідних оцінювальних параметрів x_i стану, зокрема:

$$Y_1 = f(x_1 \dots x_l) \dots Y_m = f(x_k \dots x_n), \quad (3)$$

де $l, k, n \in N$.

При цьому оцінювальні параметри x_i визначаються на базі множини початкових вхідних параметрів K і функції перетворення $F_1: X = F_1(K)$, $K = (k_c)$, $c = \overline{1, C}$; $X = (x_i)$, $i = \overline{1, n}$.

Виходячи зі складених функцій (1)–(3), необхідно сформувати множину X відповідних параметрів для оцінювання ефективності функціонування всього технологічного процесу. Ця множина формується за допомогою множини початкових вхідних K параметрів ($k_1 \dots k_e$), де $e \in N$. Визначення даної множини K здійснюється за допомогою аналізу системи.

Запропоновано таку загальну структурну модель (рис. 2) оцінювання ефективності функціонування процесу формоутворення заготовок з порошкових матеріалів на вібропресовому обладнанні з гідроімпульсним приводом [11].

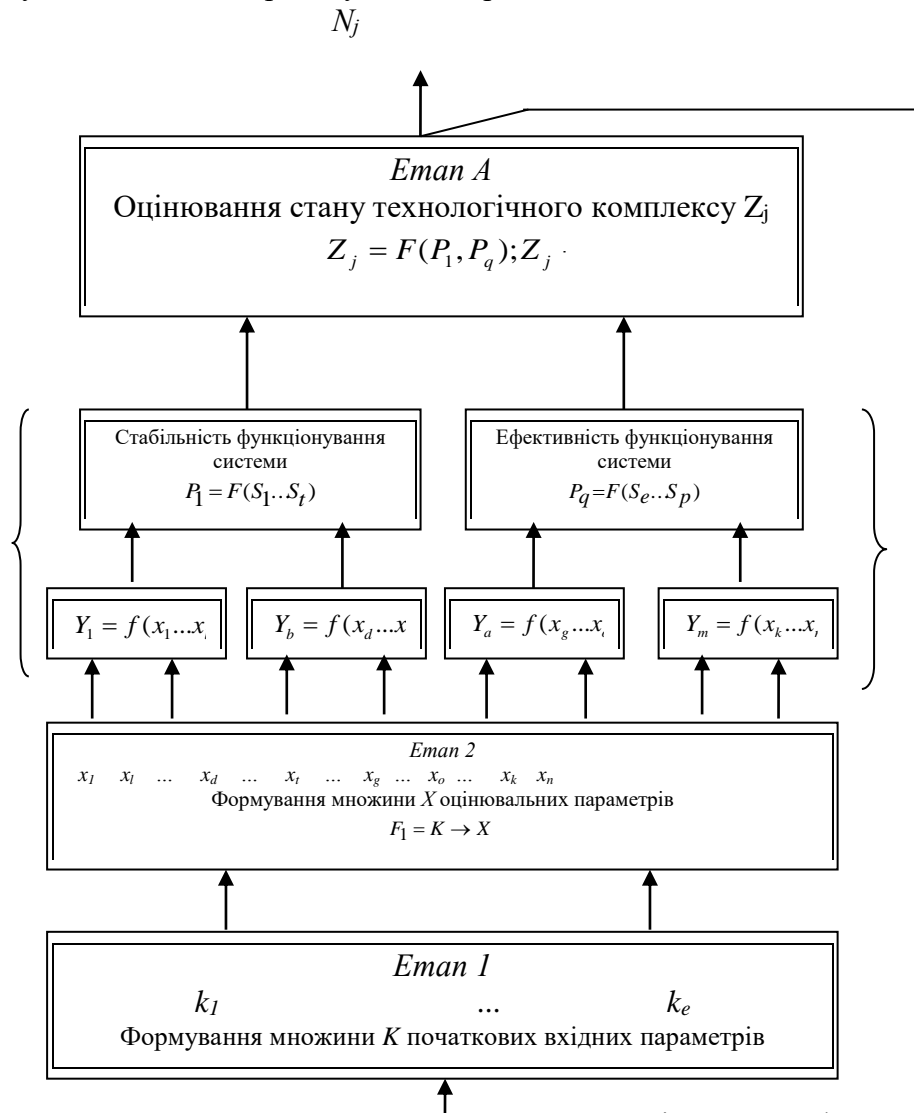


Рисунок 2 – Загальна структурна модель процесу оцінювання ефективності процесу формоутворення заготовок на вібропресовому обладнанні з гідроімпульсним приводом

На першому етапі здійснюється формування множини K початкових вхідних параметрів всього технологічного комплексу. Другий етап передбачає формування множини X оцінювальних параметрів стану кожної системи на базі множини K початкових вхідних параметрів [11]. На третьому і наступних проміжних етапах, зокрема S і P , відбувається формування складних узагальнених показників оцінювання ефективності функціонування кожної системи $Y_1...Y_m$; $S_1...S_p$; $P_1...P_q$. На найвищому етапі A ідентифікується рішення Z_j , $j = \overline{1, J}$, яке визначає ефективність функціонування всього технологічного комплексу.

Така структура загальної математичної моделі дозволяє як додавати, так і видаляти аналізовані показники, враховуючи складність системи. Крім того, ієрархічність запропонованої моделі дозволяє спростити процес оцінювання з використанням сучасного математичного апарату.

Для визначення функцій (1)–(3) необхідно сформувати множини вхідних та вихідних параметрів. Ці множини повинні охоплювати широкий спектр параметрів впливу, а також задовольняти умови повноти, дієвості та мінімальності. За критерієм повноти необхідно обрати таку кількість параметрів, щоб вона в повному обсязі охоплювала весь технологічний комплекс і видалення хоча б одного з обраних параметрів змінювало б результат. Як показав аналіз існуючих методів оцінювання ефективності функціонування нашого технологічного комплексу та використаних у них параметрів, найбільш широко та повно оцінюють функціонування процесу такі групи параметрів: середня щільність заготовки (ρ , кг/м³), лінійний середньостатистичний розмір частинки матеріалу (a , м), геометричний фактор для початкового стану заготовки (R_0 , м), динамічний модуль умовної пружності (K_{zi} , МПа), площа відкритої поверхні з боку пуансона (S_{zag} , м²), висота заготовки (h_{zi} , м); тривалість ударного імпульсу (τ_0 , с), зусилля додаткового статичного навантаження заготовки (P_{cm} , Н), максимальне зусилля навантаження заготовки ($F_{z.max}$, Н), загальне число ходів робочого столу ІВПМ (n), частоту (f_p , Гц); енергія одноциклового гідроаккумулятора (E_a , Дж), об'єм гідросистеми (W_a , м³), тиск (p , МПа), коефіцієнт пружності (K_{np} , Па), маса (m , кг), жорсткість пружин повернення (c_y , Н/м).

За критерієм дієвості на базі сформованої множини (за критерієм повноти) необхідно виділити параметри з максимальним ступенем результативності. середня щільність заготовки (ρ , кг/м³), площа відкритої поверхні з боку пуансона (S_{zag} , м²), геометричний фактор для початкового стану заготовки (R_0 , м), лінійний середньостатистичний розмір частинки матеріалу (a , м); тривалість ударного імпульсу (τ_0 , с), зусилля додаткового статичного навантаження заготовки (P_{cm} , Н), максимальне зусилля навантаження заготовки ($F_{z.max}$, Н), повний час робочого процесу (t_{syn} , с); енергія одноциклового гідроаккумулятора (E_a , Дж), тиск (p , МПа), маса робочого столу (m , кг), жорсткість пружин повернення (c_y , Н/м). За критерієм мінімальності було звужено множину окреслених за двома попередніми критеріями параметрів до множини X : а саме, середня щільність заготовки (ρ , кг/м³), лінійний середньостатистичний розмір частинки матеріалу (a , м), геометричний фактор для початкового стану заготовки (R_0 , м), площа відкритої поверхні з боку пуансона (S_{zag} , м²), тривалість ударного імпульсу (τ_0 , с), зусилля додаткового статичного навантаження заготовки (P_{cm} , Н), повний час робочого процесу (t_{syn} , с); енергія одноциклового гідроаккумулятора (E_a , Дж), сумарна зведена маса (m , кг).

Отже, множина оцінювальних параметрів X забезпечує формування таких складних параметрів які оцінюють систему I (заготовка) – (Y_1), систему II (робочий режим) – (Y_2), систему III (машина) – (Y_3).

$Y_1 = f(x_1...x_4)$, характеризується оцінювальними параметрами: x_1 – щільність заготовки, x_2 – лінійний середньостатистичний розмір частинки матеріалу, x_3 – геометричний фактор для початкового стану заготовки, x_4 – площа відкритої поверхні з боку пуансона.

$Y_2 = f(x_5 \dots x_7)$, характеризується оцінювальними параметрами: x_5 – питоме статичне зусилля, x_6 – тривалість ударного імпульсу, x_7 – повний час робочого ходу.

$Y_3 = f(x_8 \dots x_9)$, характеризується оцінювальними параметрами: x_8 – енергія одноциклового гідроаккумулятора, x_9 – сумарна маса.

Щільність заготовки являє собою функцію x_1 , визначається за допомогою параметрів: $k_1 (m_{заг})$ – маса навішування порошкового матеріалу, $k_2 (W_a)$ – об'єм заготовки після завершення її формоутворення; лінійний середньостатистичний розмір частинки матеріалу $x_2 = k_3 (a)$; геометричний фактор для початкового стану заготовки $x_3 = k_4 (R_0)$; площа відкритої поверхні з боку пуансона $x_4 = k_5 (S_{заг})$.

Питоме статичне зусилля являє собою функцію x_5 , визначається за допомогою параметрів: $k_6 (m)$ – маса, $k_7 (g)$ – прискорення вільного падіння, $k_5 (S_a)$ – площа відкритої поверхні; тривалість ударного імпульсу, що являє собою функцію x_6 , визначається сукупністю параметрів: $k_8 (h_{30})$ – висота заготовки у початковий момент ВУП, $k_9 (h_{3к})$ – висота заготовки у кінцевий момент ВУП, $k_{10} (H_{30})$ – модуль умовної пружності у початковий момент ВУП, $k_{11} (H_{3к})$ – модуль умовної пружності у кінцевий момент ВУП, $k_{12} (\rho_{30})$ – середня щільність заготовки у початковий момент ВУП, $k_{13} (\rho_{3к})$ – середня щільність заготовки у кінцевий момент ВУП; повний час робочого ходу x_7 , визначається за допомогою параметрів: $k_{14} (n)$ – загальне число ходів робочого столу, $k_{15} (f)$ – частота.

Енергія, що являє собою функцію x_8 , визначається за допомогою параметрів: $k_{16} (p)$ – тиск, $k_{17} (W_0)$ – об'єм гідросистеми, $k_{18} (K_{пр})$ – коефіцієнт пружності; інерційна маса являє собою функцію $x_9 = k_{19} (m)$.

Оцінювальні параметри обчислюються на основі початкових вхідних параметрів.

На основі цих вхідних параметрів формується множина X кількісних параметрів всього процесу (табл. 1).

Таблиця 1 – Множина параметрів технологічного комплексу

Назва показника	Позначення показника	Вхідні параметри
Y_1		
Щільність заготовки (кг/м ³)	x_1	k_1/k_2
Лінійний середньостатистичний розмір частинок матеріалу (м)	x_2	k_3
Геометричний фактор початкового стану заготовки	x_3	k_4
Площа відкритої поверхні (м ²)	x_4	k_5
Y_2		
Питоме статичне зусилля (МПа)	x_5	$k_6 \cdot k_7 / k_5$
Тривалість ударного імпульсу (с)	x_6	$\frac{2k_7 \cdot k_8}{k_8 \cdot \sqrt{\frac{k_{10}}{k_{12}}} - k_8 \cdot \sqrt{\frac{k_{11}}{k_{13}}}}$
Повний час робочого ходу (с)	x_7	$k_{14} \cdot k_{15}$
Y_3		
Енергія одноциклового гідроаккумулятора (Дж)	x_8	$k_{16} \cdot k_{17} / 2k_{18}$
Інерційна маса (кг)	x_9	k_{19}

Таким чином, визначено множину оцінювальних параметрів x_i $i = \overline{1,9}$, а саме: $(x_1 \dots x_9)$, значення яких обчислюються на базі вхідних початкових параметрів $(k_1 \dots k_{19})$.

Визначимо множину вихідних параметрів $Z = (Z_1, \dots, Z_j)$ за критеріями повноти та дієвості, що в повній мірі дозволяє задовольнити потреби споживачів цієї системи [11, 116].

Розглянемо кожне з Z_j ($j = \overline{1,3}$) рішень: Z_1 – відмінний; Z_2 – нормальний; Z_3 – задовільний; Z_4 – критичний; Z_5 – незадовільний.

З огляду на вищенаведене обґрунтування множин параметрів, подано таку уточнену структурну модель процесу оцінювання ефективності процесу формоутворення заготовок на вібропресовому обладнанні з гідроімпульсним приводом (рис. 3).

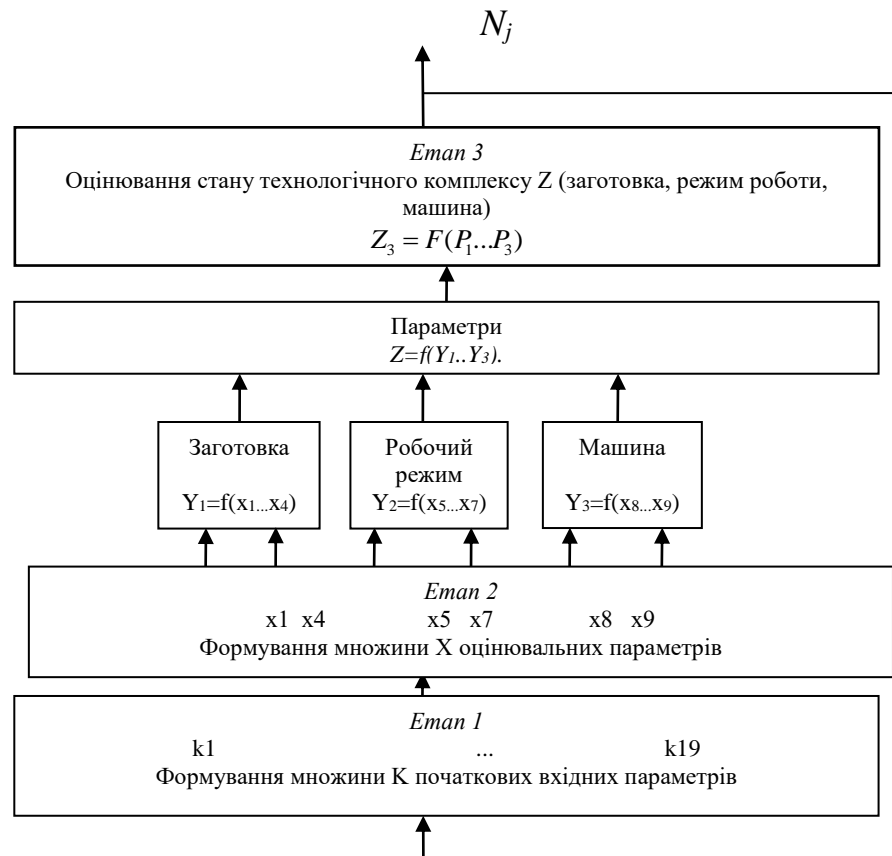


Рисунок 3 – Уточнена структурна модель процесу оцінювання ефективності функціонування технологічного комплексу

Висновки. В даній роботі запропонована модель технологічного комплексу для формоутворення заготовок з порошкових матеріалів. Сформовано множини вхідних і вихідних параметрів. На основі цих вхідних параметрів сформована множина X оцінювальних параметрів технологічного комплексу

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

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.-338с.
2. Вірник М.М. Вібраційні та віброударні процеси і машини у ливарному виробництві: Монографія. / М.М. Вірник, Р.Д. Іскович-Лотоцький, Н.Р. Веселовська – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2007.-198 с.
3. Азарова А. О. Математичні моделі та методи оцінювання фінансового стану підприємства / А. О. Азарова, О. В. Рузакова. — Вінниця : ВНТУ, 2010. — 172 с.

4. Веселовська Н. Р. Задачі математичного моделювання для оптимізації технологічних систем / Н. Р. Веселовська, В. М. Лисогор, О. В. Зелінська // Вісник Тернопільського державного технічного університету. – 2006. – № 1. – Том 11.–С. 143-151
5. Ротштейн О. П. Інтелектуальні технології ідентифікації: нечіткі множини, генетичні алгоритми, нейронні мережі / О. П. Ротштейн – Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця, 1999. – 320 с.
6. Іскович –Лотоцький Р.Д. Процеси та машини вібраційних і віброударних технологій : Монографія. / Р.Д. Іскович-Лотоцький, Р.Р. Обертюх, І.В. Севастьянов – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2006.-291с.

Ростислав Дмитрович Іскович-Лотоцький – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри металорізальних верстатів та обладнання автоматизованих виробництв, Вінницький національний технічний університет

Оксана Владиславівна Зелінська– кандидат технічних наук, ст. викладач кафедри моделювання та інформаційних технологій в економіці, Вінницький національний аграрний університет