

## СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ ФОРМОУТВОРЕННЯ ЗАГОТОВОК З ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

<sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет

<sup>2</sup> Вінницький національний аграрний університет

### *Анотація*

Запропоновано системний підхід до технологічного комплексу (система I – об'єкт обробки; система II – робочий процес; система III – машина). Це надасть можливість підвищити ефективність процесу формоутворення заготовок з порошкових матеріалів.

**Ключові слова:** технологічний комплекс, система, формоутворення заготовок, робочі режими.

### *Annotation*

The system approach to technological complex (system I – processing object; system II – working process; system III – machine) is suggested. This will give the opportunity to increase the efficiency of the process of billet formation from powder materials.

**Key words:** technological complex, system, billet formation, working regimes.

### Вступ

Для підвищення ефективності процесу формоутворення заготовок з порошкових матеріалів на вібропресовому обладнанні з гідроімпульсним приводом актуальним є використання саме системного підходу. Це дасть можливість дослідити кожен з систем технологічного комплексу і вплив їх параметрів на сам процес.

Метою роботи є створення загальної моделі, що підвищить ефективність процесу формоутворення заготовок.

### Результати дослідження

В даному технологічному комплексі для віброударного пресування виділені три основні взаємозв'язані системи: об'єкт обробки (система I), робочий процес (система II) і машина (система III), які об'єднуються в загальну систему технологічного комплексу (рис. 1).

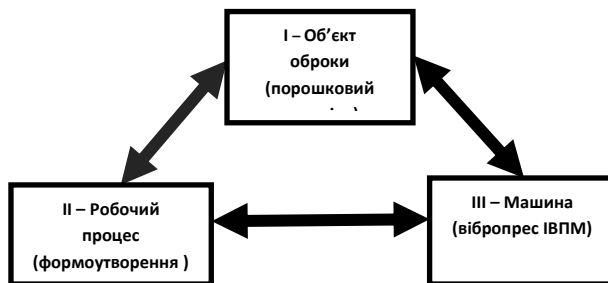


Рисунок 1 – Схема технологічного комплексу віброударного пресування

У випадку з ІВПМ об'єктом обробки є порошковий матеріал, який проявляє властивості метасистеми. Система II функціонально залежить від системи I і являє собою технологічний процес пресування. Даний процес описується двома підсистемами II.1 та II.2, що встановлюють спосіб віброударного пресування (ВУП) та прийнятий основний режим його реалізації (рис. 2).

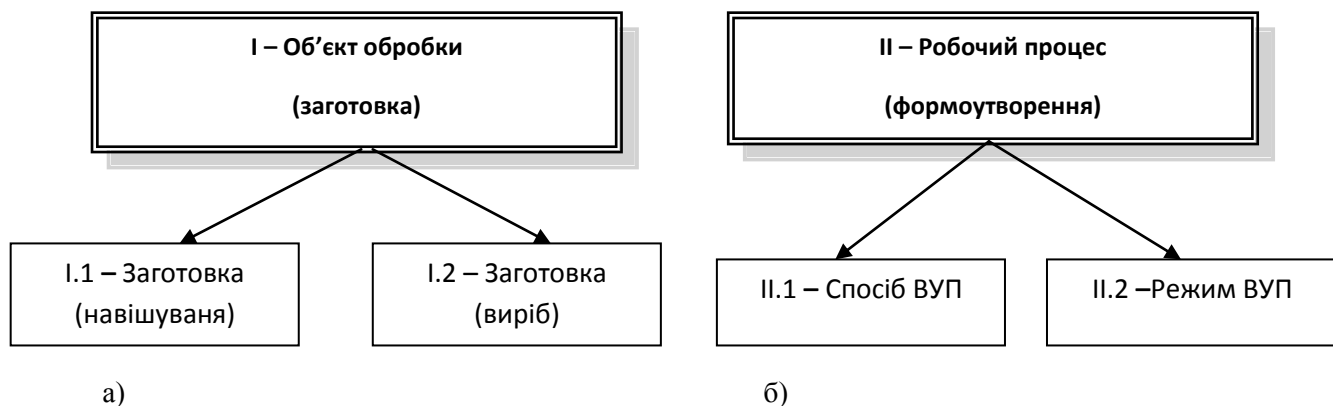


Рисунок 2 – Структурні схеми: а) система I – заготовка, б) системи II – робочий процес (формоутворення)

Вибір системи III визначають системи I та II. У випадку, що розглядається нею є ІВПМ, який ділиться на підсистеми гідроімпульсного приводу (III.1), рухомих ланок (III.2), віброзбуджувача (III.3) і прес-форми (III.4). Згідно із системним підходом, кожна з виділених підсистем може бути поділена на ланки. Оскільки при створенні власне ІВПМ задачі проектування ГПІ та його віброзбуджувача розв'язуються лише у загальному вигляді, а прес-форма складається з двох основних деталей – матриці і пуансона, то на блок-схемі [2] вказали лише підсистему III.2, яка містить станину з фундаментом (ланка III.2.1), вібростіл (основна робоча ланка III.2.2) і допоміжну робочу ланку III.2.3. При цьому кожна з вказаних ланок за необхідності поділяється на деталі (рис. 3).

При аналізі ІВПМ джерелом вхідної інформації є відомості про оброблюваний об'єкт, які містяться в підсистемі I.1 та передаються в систему II у вигляді логічної функції вибору режиму ВУП. Режим, в свою чергу, визначає робочий процес, з врахуванням параметрів якого проводиться вибір машини конкретного типу (системи III).

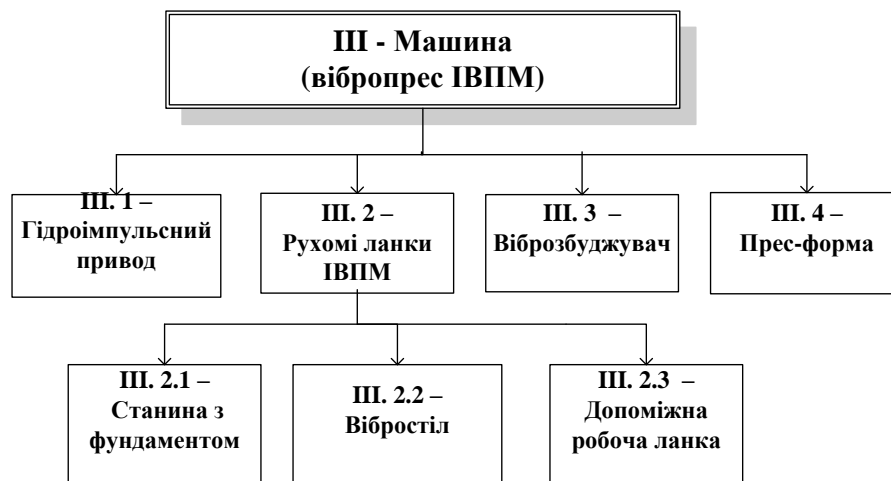


Рисунок 3 – Структурна схема системи III – машина вібропрес (ІВПМ)

З використанням системного підходу, під час подальшого аналізу вібропресового обладнання виділені і внутрісистемні функціональні зв'язки. Функціональні зв'язки складових систем I та II вібропресового обладнання в аналітичній формі розглянуті, головним чином, на рівні внутрішніх системних зв'язків між параметрами заготовки та ІВПМ. Сукупність міжсистемних функціональних зв'язків досліджуваного обладнання в аналітичній формі, з урахуванням параметрів всіх складових систем є математичною моделлю робочого процесу ВУП, на основі якої можливе розв'язання задач його оптимізації.

Досліджено фізико-механічні властивості заготовок (система I) та виділено основні параметри цієї системи.

В результаті аналізу параметрів системи I та введення їх відносних і комплексних значень, сукупність параметрів системи I скоротилась до ряду  $\{\rho, a, R_0, S_{заг}\}$ , що враховує відносну щільність  $\rho$ , лінійний середньостатистичний розмір частинки матеріалу  $a$ , геометричний фактор  $R_0$ , площу відкритої поверхні з боку пуансона  $S_{заг}$ . Аналогічно виділено параметри робочого процесу і машини. Проведений аналіз робочих режимів ІВПМ з різними схемами підключення вібробуджувача показав, що в процесі ВУП дані режими однозначно визначаються характером зміни зусилля навантаження заготовки і можуть бути подані за аналогією з режимами інерційного навантаження. Було визначено три основних режими пресування ВУП-I, ВУП-II, ВУП-III. Огляд основних робочих режимів ІВПМ зумовлено різною ефективністю формоутворення ідентичних заготовок при їхньому використанні (різними значеннями щільності, нерівнощільності і т. д.).

Режим ВУП, в нашому дослідженні, є системою II (робочий режим), що характеризує спосіб і режим силового впливу системи III на систему I. Тому виділимо основні параметри системи II: зусилля додаткового статичного навантаження заготовки  $P_{ст}$ , максимальне зусилля навантаження заготовки  $F_{з.мах}$ , в процесі ВУП заготовки, загальне число ходів робочого столу ІВПМ  $n$  і частоту  $f_p$  їх здійснення. Причому параметри  $n$  та  $f_p$  можна об'єднати і описати одним параметром, що характеризує повний час робочого процесу ( $t_{вун} = n \cdot f_p^{-1}$ , с). Отримали -  $\{F_{з.мах}, P_{ст}, \tau_0, t_{вун}\}$ .

Система III – ІВПМ характеризується своїми властивостями і зв'язками. Саме від системи III залежить і робочий режим, і якість заготовки.

В результаті аналізу конструктивних схем ІВПМ та попереднього аналізу взаємодії їх рухомих ланок з врахуванням особливостей використання основного і додаткового гідроприводів представлено узагальнену структурну схему ІВПМ (рис.4).

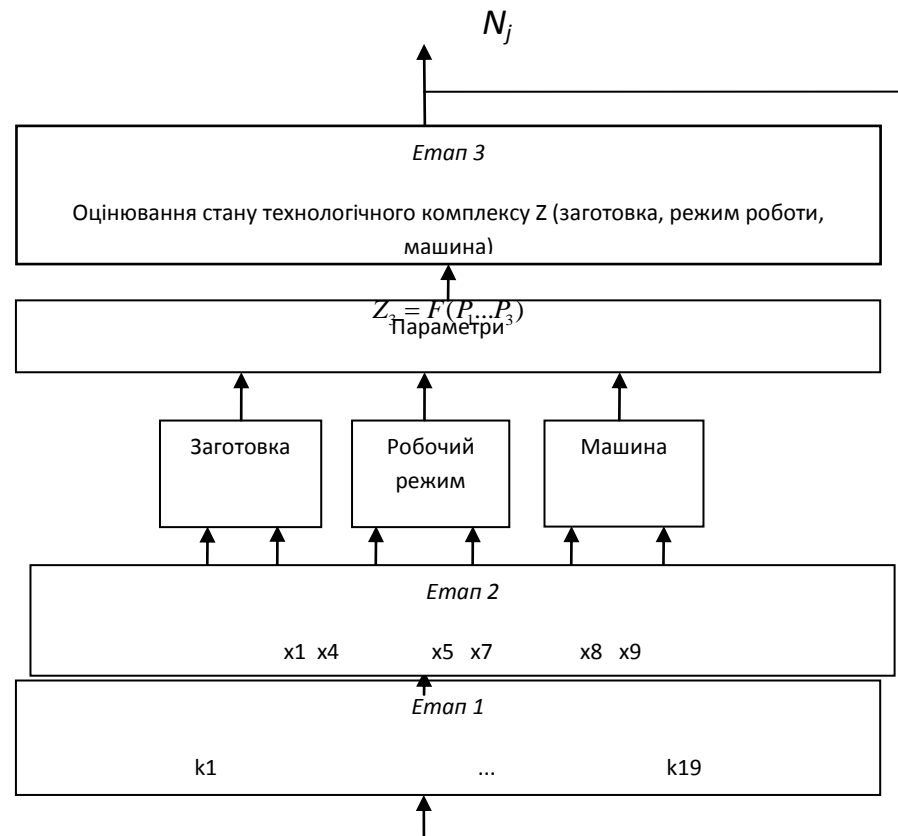


Рисунок 4 – Структурна модель процесу оцінювання ефективності функціонування технологічного комплексу

Систему III характеризують параметри гідроімпульсного приводу (ГІП): енергія одноциклового гідроаккумулятора  $E_a$ ; об'єм гідросистеми  $W_a$ ; коефіцієнт пружності  $K_{гп}$ ; подача

робочої рідини від насоса  $Q_{н1}$ ; тиск спрацьовування вібробудувача  $p, p_2$ ; маса рухомих ланок  $m_1, m_2, m_3$ ; жорсткість пружних елементів  $c_y$ . Параметри прес-форми аналогічні геометричним параметрам заготовки і враховуються в системі I (об'єкт обробки). Відомі аналітичні залежності, що установлюють зв'язок між вказаними параметрами системи III дозволяють однозначно обрати серед них основні. До основних параметрів системи III віднесли енергію  $E_a$ , маси  $m_1, m_2$  та жорсткість пружин повернення  $c_y$ . Використовуючи відношення  $m_2/m_1 = \alpha$  ( $m_2 = \alpha m_1$ ), параметри конструкції ІВПМ при незмінній масі робочого столу доцільно записати як  $m_1, \alpha m_1, c_y$ . Для системи III сукупність основних параметрів має вигляд  $\{E_a, m_1, \alpha m_1, c_y\}$ .

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  $F: X \rightarrow N$ . Пропонуємо 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 [3]. Запропоновано структурну модель (рис. 4) оцінювання ефективності функціонування процесу формоутворення заготовок з порошкових матеріалів на вібропресовому обладнанні з гідроімпульсним приводом [4].

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) – ( $Y_3$ ).

$Y_1 = f(x_1 \dots x_4)$ , 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:  $x_5$  – питома 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  $x_4 = k_5$  ( $S_{заг}$ ).

Питома 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,  $k_{18}$  ( $K_{np}$ ) – 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).

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  $(k_1 \dots k_{19})$ .

Таблиця 1 – Множина параметрів технологічного комплексу

Назва показника	Позначення показника	Вхідні параметри
$Y_1$		
Щільність заготовки (кг/м <sup>3</sup> )	$x_1$	$k_1/k_2$
Лінійний середньостатистичний розмір частинок матеріалу (м)	$x_2$	$k_3$
Геометричний фактор початкового стану заготовки	$x_3$	$k_4$
Площа відкритої поверхні (м <sup>2</sup> )	$x_4$	$k_5$
$Y_2$		
Питоме статичне зусилля (МПа)	$x_5$	$k_6*k_7/k_5$
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)	$x_7$	$k_{14}*k_{15}$
$Y_3$		
Енергія одноциклового гідроаккумулятора (Дж)	$x_8$	$k_{16}*k_{17}/2k_{18}$
Інерційна маса (кг)	$x_9$	$k_{19}$

### Висновок

Запропоновано системний підхід до підвищення ефективності процесу формоутворення заготовок з порошкових матеріалів на вібропресовому обладнанні та модель, яка враховує параметри технологічного комплексу, які впливають на процес формоутворення.

### Список використаної літератури

1. Іскович-Лотоцький Р. Д. Підвищення ефективності функціонування вібропреса з гідроімпульсним приводом / Р. Д. Іскович-Лотоцький, Н. Р. Веселовська, О. В. Зелінська // Всеукраїнський НТЖ «Вібрації в техніці та технологіях». – 2015. – № 2(78). – С. 75–79.
2. 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.
3. Азарова А. О. Математичні моделі та методи оцінювання фінансового стану підприємства / А. О. Азарова, О. В. Рузакова. — Вінниця: ВНТУ, 2010. — 172 с.
4. Ротштейн О. П. Інтелектуальні технології ідентифікації: нечіткі множини, генетичні алгоритми, нейронні мережі / О. П. Ротштейн – Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця, 1999. – 320 с.
5. Лисогор В. М. Алгоритмічна модель випадкового пошуку задач ідентифікації багатостадійного технологічного процесу. / В. М. Лисогор, С. В. Сорокун // Вісник Хмельницького університету. – 2009. – № 1. – С. 217–220.

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

**Зелінська Оксана Владиславівна** – асистент кафедри економічної кібернетики, Вінницький національний аграрний університет

**Rostyslav Dmytrovych Iskovyitch-Lototsky** – doctor of technical sciences, professor of the metal-cutting machine tools and equipment of automated production department, Vinnytsia national technical university

**Zelinska Oksana Vladyslavivna** – assistant of the economic cybernetics department, Vinnytsia national agrarian university