

УДК 621.979:621

**Р.Д. Іскович-Лотоцький, професор, д-р техн. наук,****Ю.В. Булига, доцент, канд. техн. наук,****О.Д. Манжілевський, аспірант***Вінницький національний технічний університет**вул. Хмельницьке шосе, 95. м. Вінниця, Україна, 21021***МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОІМПУЛЬСНОГО ПРИВОДУ СТЕНДУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ПРОСТОРОВОГО ВІБРОНАВАНТАЖЕННЯ**

*В даній роботі подана математична модель стенду для створення просторового вібронавантаження, що реалізована в пакеті програм MatLab.*

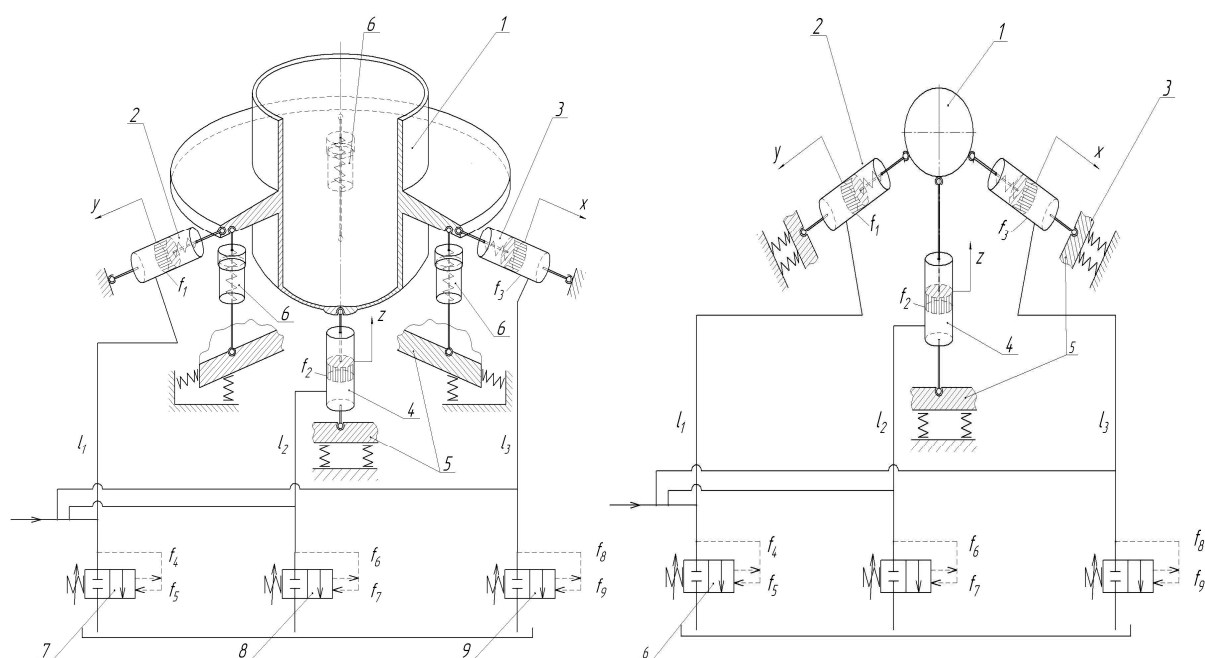
**Ключові слова:** моделювання, вібронавантаження, програмної системи MatLab, пакет SimMechanics.

В промисловості досить активно використовуються машини для очищення литих, кованих, штампованих і термооброблених заготовок та деталей, а також для округлення кромки, видалення заусенців, шліфування та полірування.

Але машини, що використовуються для виконання зазначених операцій мають ряд недоліків, насамперед – складність обробки деталей великих за розмірами та складної конфігурації, через те, що в цьому обладнанні в основному реалізуються схеми з площинним вібронавантаженням.

Саме тому в даний час у машинобудуванні актуальною є задача розробки технологічних машин для виконання механічної обробки внутрішніх поверхонь, порожнин складної форми, наприклад, внутрішніх каналів охолодження лопаток турбін для авіаційної і космічної техніки.

Для вирішення цієї проблеми нами запропонований стенд (структурна схема якого показана на рисунку 1, а з гідроімпульсним приводом для моделювання просторового вібронавантаження. За допомогою даного стенду можуть бути відтворені траєкторії руху віброабразивної маси довільної форми.



а)

б)

Рисунок 1 – Структурна схема стенду (а): 1 – вібробункер; U- подібної форми; 2, 3, 4 – виконавчі гідроциліндри; 5 – віброізолювана станина; 6 – демпфувальні елементи; 7 – генератор імпульсів тиску (ГІТ); спрощена структурна схема (б): 1 – зосереджена маса  $M_1$ ; 2, 3, 4 – виконавчі гідроциліндри; 5 – віброізолювана станина; 6 – генератор імпульсів тиску (ГІТ)

Даний стенд складається з віброізолюваної станини 5, на якій встановлено вібробункер U-подібної форми 1 на 3-х демпфувальних елементах 6. Просторове вібронавантаження створюється 3-ма гідроциліндрами 2, 3 та 4, які розташовані під незначним кутом до 3-х головних ортогональних площин,

що розширює технологічні можливості. Гідроциліндри керуються кожен окремо своїм генератором імпульсів тиску (ГІТ), що підключені до напірних порожнин гідроциліндрів по схемі «на виході» [2].

Установка працює наступним чином: рідина з напірної гідролінії подається до зливної порожнини виконавчого гідроциліндра (позиція 2). У момент коли тиск у гідролінії  $l_1$  стає рівним налаштованому згідно технологічних вимог тиску спрацювання гідророзподільника 7 зливна порожнина гідроциліндра 2 з'єднуються з баком, тиск у лінії падає і поршень гідроциліндра 2 повертається у початкове положення під дією стисненої пружини. Коли тиск у зливній лінії падає до необхідного значення, гідророзподільник перекриває лінію зливу і цикл повторюється. Два інші гідроциліндри працюють аналогічно, окрім гідроциліндра 4, поршень якого повертається у початкове положення під дією маси бункера.

Дослідженнями багатьох авторів [1, 2] встановлено, що маса станини  $M_1$  з метою зменшення передачі вібраційної дії на будівельні конструкції, повинна бути в 8...10 разів більше максимальної інерційної маси ( $M_2$ ), що дозволяє переміщенням маси станини знехтувати. З урахуванням вимог високої жорсткості гідросистеми привода, стінки каналів гідролінії можна вважати абсолютно жорсткими, а об'ємний модуль пружності гідросистеми прийняти постійним на всіх етапах робочого циклу вібромашини. Витоки робочої рідини через зазори між спряженими елементами незначні в порівнянні з подачею насоса, а опір зливної магістралі малий, тому в вихідних рівняннях ці фактори не враховуються.

Беручи до уваги зроблені зауваження, спростимо структурну схему стенду, де виконавчий орган (вібробункер  $U$ -подібної форми) розглядатимемо як зосереджену масу  $M_1$  (рисунок 1, б).

Виконаємо MatLab моделювання стенду з гідроімпульсним приводом для моделювання просторового вібронавантаження.

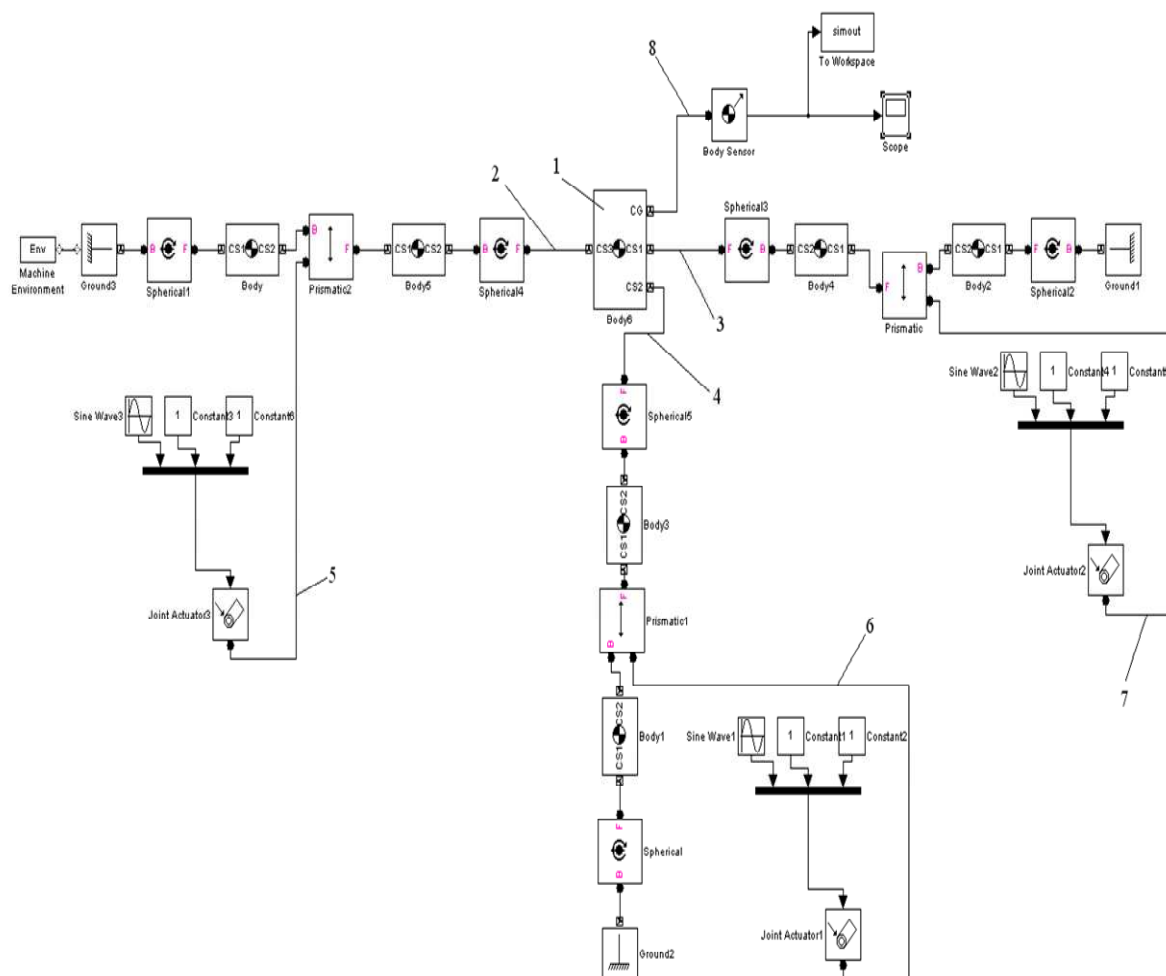


Рисунок 2 – Simulink-модель стенду з гідроімпульсним приводом :  
1 – платформа; 2, 3, 4 – рухомі штанги, що розташовані в 3-х ортогональних напрямках; 5, 6, 7 – блоки актуаторів штанг; 8 – блок реєстрації переміщень центра мас платформи

Для проектування та аналізу механічних систем (наприклад, різних кінематичних ланцюгів) в рамках програмної системи MatLab існує пакет SimMechanics – розширення модуля Simulink для фізичного моделювання. Пакет SimMechanics містить набір інструментів для задання параметрів кінематичних ланок механічної системи (маса, моменти інерції, геометричні параметри), кінематичних обмежень, локальних систем координат, способів завдання та вимірювання рухів. SimMechanics дозволяє створювати моделі механічних систем подібно іншим Simulink-моделям у вигляді блок-схем. Вбудовані додаткові інструменти візуалізації Simulink дозволяють отримати спрощені зображення тривимірних механізмів, як у статиці, так і в динаміці [3].

Модуль Simulink дозволяє візуалізувати руху модельованої механічної системи. Крім того, модуль Simulink дозволяє аналізувати закони руху будь-якої точки модельованого механізму. Для цього необхідно до виходу відповідного Simulink-блоку підключити датчик – Sensor. Датчики можуть реєструвати кутові та лінійні переміщення, а також відповідні швидкості і прискорення. Вихід датчика зазвичай з'єднують з «осцилографом» – Scope.

Simulink-модель зазначеного стенду наведена на рисунку 2, де гідроциліндри, що створюють просторове вібронавантаження подані у вигляді штанг змінної довжини.

Розглянемо детальніше одну із штанг стенду (рисунк 3), що складається з двох тіл (body) 4. Зміна довжини штанги здійснюється блоком 5 (prismatik), який приводиться в рух актуатором 7 згідно закону (в даному випадку синусоїдальному), що задається за допомогою блоку 6.

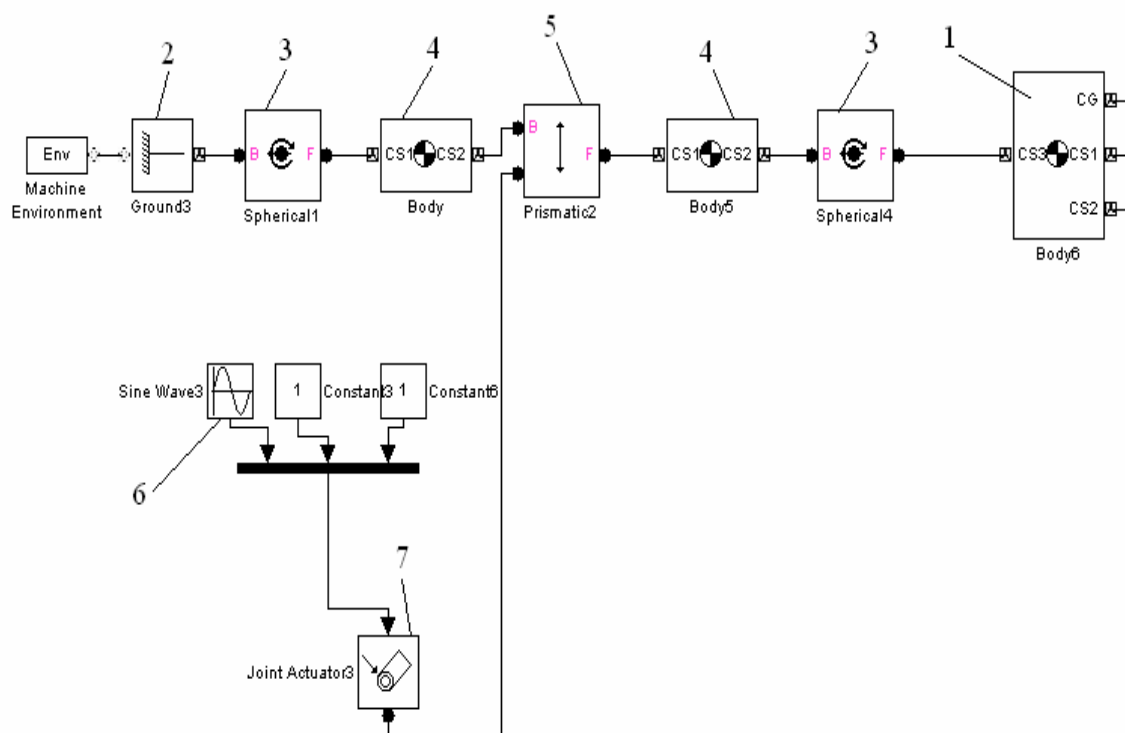


Рисунок 3 – Одна із штанг стенду з гідроімпульсним приводом:

1 – платформа; 2 – основа (початок відліку); 3 – сферичні шарніри; 4 – штанга;  
5 – блок зміни довжини штанги; 6 – блок задання закону переміщення штанги; 7 – актуатор штанги

Тестування моделі виконано при зміні довжин штанг за синусоїдальним законом. В результаті, нами було отримано графіки переміщень центра мас вібробункера  $x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $z(t)$ , що подані на рисунку 4, а у вигляді осцилограми та на рисунку 4, б – просторове відображення.

Отримані в роботі результати представляють самостійний інтерес, а також можуть бути використані для побудови математичних моделей подібних стендів для створення просторового вібронавантаження з гідроімпульсним чи іншим типом приводів.

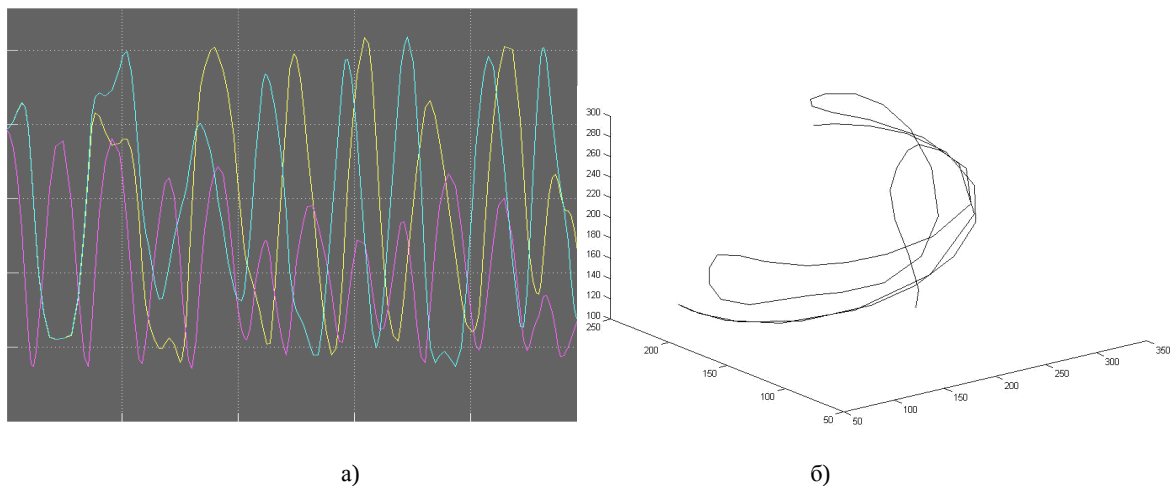


Рисунок 4 – Графіки переміщень центра мас вібробункера  $x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $z(t)$ :  
а) осцилограма; б) відображення у просторі

Також можливе вирішення зворотної задачі – знаходження законів зміни довжин штанг за заданою траєкторією руху центра мас.

#### **Бібліографічний список використаної літератури**

1. Искович-Лотоцкий Р. Д. Гидровибрационные машины обработки давлением (состояние и перспективы развития) / Р. Д. Искович-Лотоцкий, Р. Р. Обертюх, А. А. Гуменчук // Вестник Машиностроения. — 1993. — № 12. — С. 8–12.
2. Искович-Лотоцкий Р. Д. До питання синтезу схем гідроімпульсних вібр машин з декількома робочими ланками / Р. Д. Искович-Лотоцкий, Р. Р. Обертюх // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 1994. — № 1 (2). — С. 82–88.
3. Искович-Лотоцкий Р. Д. Гидроимпульсный привод установки для виброабразивной очистки внутренних поверхностей трубчатых изделий. / Р. Д. Искович-Лотоцкий, Н. Н. Вирный // Гидропривод и гидропневмоавтоматика: респ. межв. научн.-техн. сборник. — 1992. — Вып. 27. — С. 83–86.
4. Махов А. А. Моделирование механических систем с помощью пакета расширения SimMechanics [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://exponenta.ru/educat/systemat/mahov/simmechanics.asp>

*Надійшла до редакції 27.02.2011 р.*

#### **Искович-Лотоцкий Р. Д., Булига Ю. В., Манжильевский А. Д. Математическое моделирование гидроимпульсного привода стенда для создания пространственной вибронагрузки**

В данной работе изложена математическая модель стенда для создания пространственной вибронагрузки, которая реализованная в пакете программ MatLab.

**Ключевые слова:** моделирование, вибронагрузка, программная система MatLab, пакет SimMechanics.

#### **Iskovitch-Lototskiy R.D., Bulyga Yr.V, Manzhilevskiy A.D. Mathematical modeling of a hydroimpulse drive of a stand to simulate the spatial vibroloading**

The paper considers the mathematical model of the stand for creating spatial vibro-loading that is realized in the MatLab software packages.

**Keywords:** modeling, vibroloading, MatLab software package, SimMechanics package.