

2. Yaglinsky, V.P., Rost, S., Chlizov, D.M. (2008). Kinematics of robots with parallel structure. *MOTROL, Motorization and Power Industry in Agriculture. Lublin. Vol. 10A.* 105-114.

УДК 62-231.3:621.313.8

**Оборський Г.О., докт. техн. наук, професор**  
**Яглінський В.П., докт. техн. наук, професор**  
**Гутиря С.С., докт. техн. наук, професор**

Національний університет «Одеська політехніка», [v.p.yaglinskiy@op.edu.ua](mailto:v.p.yaglinskiy@op.edu.ua)

## СИЛОВІ ДІАГРАМИ ДЕМПФЕРНИХ СИСТЕМ ГЕКСАПОДУ

Підвищення технічного рівня конструкцій гексаподу обґрунтовано застосуванням демпферного пристрою на основі сучасних серійних конструкцій амортизаторів, що мають широке застосування у машинобудуванні. Найменш матеріаломісткими й найбільш компактними при однаковій миттєвій потужності є сучасні конструкції гідропневматичних амортизаторів (ГПА), що забезпечують можливість регулювання робочих характеристик і стабільність у широкому діапазоні частоти коливань [1]. Особлива роль припадає на демпферні системи під час подолання транспортним засобом перешкод та виконання складних маневрів (рис. 1). Вібродарні робочі процеси в ГПА характеризуються двома ділянками (рис. 2) [2]: етап стиску, відповідний до проходження рідини через калібровані отвори з коефіцієнтами опору  $\eta_{11}$  й  $\eta_{12}$ ; етап розтягання, відповідний до роботи розвантажувальних клапанів прямого й зворотного ходу з коефіцієнтами опору  $\eta_{21}$  й  $\eta_{22}$ . У позначеннях коефіцієнтів опору  $\eta$  перший індекс вказує на режим роботи ГПА (1 – стиск; 2 – відбій); другий – на ділянку силової характеристики (1 – початковий; 2 – клапанний). Визначені граничні значення швидкостей ділянково-лінійних інтервалів, коефіцієнтів сил опору на етапах стиску й відбою, а також максимальні значення сил опору [3].

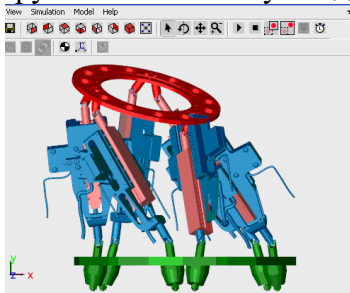


Рис. 1 – Фрагмент візуалізації виконання гексаподом маневру типу «тангаж» з кутом  $30^\circ$

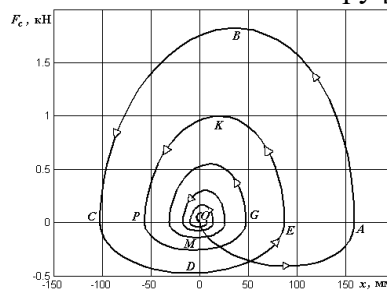


Рис. 2 – Силова діаграма демпферної системи гексаподу: *OA* – фаза удару, *ABC* – фаза відбою, *CDE* – фаза стиску, *EKP* – фаза відбою, *PMGO* – рух до зупинки, *F<sub>c</sub>* – сила опору, *x* – переміщення штоку гальмівного циліндра

У якості критеріальних показників роботоздатності демпферної системи запропоновано: коефіцієнт перевантаження, тривалість етапу повного відновлення, коефіцієнт асиметрії силової характеристики та коефіцієнт нелінійності силової характеристики на етапі стиску.

Модель демпферної системи відображена за припущенням щодо форми ударної сили у вигляді півхвилі синусоїди. Використовуючи метод припасовування, отримано розв'язок нелінійних диференціальних залежностей. Сформовано Парето-оптимальну множину значень критеріальних коефіцієнтів технічного рівня демпферної системи гексаподу [4].

### Список посилань

1. Бачинський, В. В., Ярмолук В. М. Оцінка системи рухомості тренажерів бойових машин / 36. наук. пр. Харківського ун-ту Повітряних Сил. – 2010. – № 1(23). – С. 137-141.
2. Reimpell J., 1989: Fahrwerktechnik: Radaufhängungen. Vogel-Buchverlag, Würzburg: 328.
3. Gutyrja S. et al., 2004: Serviceability function of the contacting seal for hydropneumatic cylinder // MOTROL, Lublin, 2004: 97-100.

4. Gutrya, S.S., Yaglinsky, V.P., Bezuglenko, O.U. (2004). Multi-criterion optimization functional trajectories of industrial robots. *Annals of DAAAM International, Vienna*, 37-38.

УДК 621.7, 617-7

Пасічник В.А., докт. техн. наук, професор

Бурбурська С.В., аспірант

Лашина Ю.В., канд. техн. наук

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»,

[y.lashyna@gmail.com](mailto:y.lashyna@gmail.com)

ТОВ «Остеоніка», м. Львів

## МОДЕЛЮВАННЯ І АДДИТИВНЕ ВИГОТОВЛЕННЯ ХІРУРГІЧНИХ НАВІГАТОРІВ ДЛЯ КАСТОМНИХ ОРТОПЕДИЧНИХ ІМПЛАНТАТІВ

Сучасні адитивні технології відкривають нові можливості економічно доцільного виготовлення одиничних виробів екстремально складної геометрії, що в свою чергу створює умови для поширення використання індивідуальних ортопедичних імплантатів замість стандартизованих виробів того ж призначення [1]. Виготовлення кастомних ортопедичних імплантатів є комплексною задачею, для вирішення якої використовується міждисциплінарний підхід, що потребує взаємодії фахівців в різних галузях, зокрема медицини, автоматизованого проектування, адитивного і субтрактивного виробництва та управління [2]. При цьому можна виділити три ключові бізнес-ролі: медичні послуги, розробка, виробництво. Ресурси (*Resources – R*), необхідні для реалізації виробництва кастомного імплантату нами були розділені на три групи: людські (*Human Resources – H*), інформаційні (*IT Resources – I*) та матеріальні (*Material Resources – M*).

Важливою підзадачею при розробці кастомних імплантатів є конструювання і виготовлення хірургічних навігаторів. Ці пристрої використовуються для визначення положення та обмеження переміщення різального інструменту під час виконання хірургічної операції. Особливістю хірургічних навігаторів є те, що вони розробляються під конкретний випадок і є одноразовими [3]. Наприклад, пристрій, показаний на рис. 1, розроблений Лабораторією біомедичної інженерії «Osteonica» [4] дозволяє визначити необхідну траєкторію переміщення інструменту при свердлінні отворів і обмежити хід свердла. Також в конструкції пристрою реалізовано визначення положення і обмеження робочого ходу хірургічної пилки. Кріплення пристрою реалізується за допомогою шпиль, які встановлюються в спеціальні отвори.

Метою дослідження є аналіз ресурсів, необхідних для розроблення й виробництва хірургічних навігаторів для кастомних імплантатів як частини загальної комп'ютерно-інтегрованої моделі, придатної для вирішення задач оптимізації за критеріями часу або вартості.

Проектування хірургічного навігатора виконується на основі тривимірної моделі імплантату, а також вихідних даних щодо проведення хірургічної операції, отриманих від медичного закладу. Множина ресурсів, необхідних для реалізації цієї підзадачі може бути представлена наступним чином:  $R_{D1} = \{H_D^{CAD}, I_{SW}^{CAD}, I_{Kn}^{DB}\}$ , де

$H_D^{CAD}$  - людський ресурс, інженер-конструктор;

$I_{SW}^{CAD}$  - інформаційний ресурс, система тривимірного моделювання (наприклад, Autodesk Fusion 360);

$I_{Kn}^{DB}$  - інформаційний ресурс, а саме: «Робоча інструкція з проектування хірургічних шаблонів, згідно вимог Технічного регламенту щодо медичний виробів».

Тривалість виконання задач:  $T_{D1}.time = H_D^{CAD}.time$

Вартість використання ресурсів:  $T_{D1}.cost = H_D^{CAD}.cost + I_{SW}^{CAD}.cost + I_{Kn}^{DB}.cost$ .