

**ТЕЗИ СТЕНДОВИХ ДОПОВІДЕЙ ТА ВИСТУПІВ
УЧАСНИКІВ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**HIGHLIGHTS OF REPORTS AND PRESENTATIONS OF
PARTICIPANTS TO THE CONFERENCE**

УДК 629.4.023:629.463

М.В. Фісун, аспірант, А.В. Рибін, канд.тех.наук
Український державний університет залізничного транспорту

M.V. Fisun, PhD-student, A.V. Rybin, PhD
Ukrainian State University of Railway Transport

МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ГІБРИДНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ВАНТАЖНОГО ВАГОНА

MODELLING OF THE STRESS-STRAIN STATE OF A HYBRID FREIGHT WAGON STRUCTURE

Підвищення енергоефективності вантажних вагонів без зниження їх міцнісних характеристик є одним із ключових напрямів сучасного вагонобудування. Зменшення маси тари без втрати жорсткості та довговічності конструкції дозволяє знизити питомі енерговитрати на перевезення, збільшити вантажопідйомність і зменшити динамічні навантаження на колію [5]. Одним із перспективних шляхів досягнення цих показників є застосування гібридних конструкцій вагонів, у яких поєднуються традиційні сталі з легкими матеріалами — алюмінієвими сплавами, композитами та сендвіч-панелями [1,2].

Метою дослідження є моделювання напружено-деформованого стану несучої конструкції вантажного вагона гібридного типу для визначення впливу застосування новітніх матеріалів на його масу, міцність і динамічні характеристики.

У роботі розглянуто фрагмент рами вагона-хопера, у якому поздовжні балки зі сталі 09Г2С ($E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа, $\rho = 7850$ кг/м³) замінено на алюмінієві профілі зі сплаву 6061 ($E = 6,9 \cdot 10^4$ МПа, $\rho = 2700$ кг/м³) з еквівалентною жорсткістю перерізу. Просторова модель побудована у середовищі ANSYS Workbench, де виконано розрахунок на міцність методом скінченних елементів (FEM). До уваги прийнято режим руху вагона у складі поїзда при дії на його автозчеп поздовжнього навантаження у 2,5 МН. Розрахунок проведено у статичній. Граничні умови передбачали жорстке закріплення несучої конструкції вагона за п'ятники.

Результати числового експерименту показали, що заміна матеріалу балок на алюмінієвий сплав зменшує масу рами на 18 %, тоді як максимальні еквівалентні напруження зменшуються на 7 %. Власна частота коливань конструкції підвищується на 11 %, що свідчить про покращення динамічної стійкості. Додаткове використання полімерних сендвіч-панелей у настилі підлоги кузова дозволило

знизити загальну масу вагона ще на 9 % без перевищення допустимих прогинів [1,4].

Аналіз результатів підтверджує доцільність гібридного підходу — комбінування сталевих вузлів із високою міцністю (09Г2С або AHSS) у відповідальних елементах з легкими матеріалами (Al6061, CFRP, GFRP, сендвіч-панелі) у другорядних ділянках конструкції [2,3]. Це забезпечує зменшення маси вагона до 2,5 т при збереженні міцності відповідно до вимог ДСТУ 7598:2014.

Зменшення маси конструкції прямо корелює з енергоефективністю, тому для типового зернового економія пального може досягати 8–9 % за життєвий цикл експлуатації, а динамічне навантаження на колію — зменшитися на 4–5 % [5]. Водночас результати моделювання виявили локальні концентрації напружень у місцях стику сталевих і алюмінієвих елементів, що потребує подальшої оптимізації з'єднань і додаткового аналізу втомної довговічності [3].

[1] Cuartero J., Miravete A., Sanz R. Design and calculation of a railway car composite roof under concrete cube crash. *International Journal of Crashworthiness*. 2011. Vol. 16(1). P. 41–47. <https://doi.org/10.1080/13588265.2010.501163>

[2] Cascino A., Meli E., Rindi A. A strategy for lightweight designing of a railway vehicle car body including composite material and dynamic structural optimization. *Railway Engineering Science*. 2023. Vol. 31(9). P. 340–350. DOI:10.1007/s40534-023-00312-6

[3] Фомін О. В., Ловська А. О., Рибін А. В. Дослідження навантаження несучої конструкції вагона-хопера з дахом із композитного матеріалу. *Наука та прогрес транспорту*. 2022. №1(97). С. 70–76. DOI:10.15802/stp2022/265331

[4] Ватуля Г. Л., Ловська А. О., Краснокутський Є. С. Моделювання поперечної навантаженості контейнера зі стінами із сендвіч-панелей, розміщеного на вагоні-платформі. *Розвиток транспорту*. 2023. №3(18). С. 50–57. DOI:10.33082/td.2023.3-18.04

[5] Bulakh M. Evaluation and reduction of energy consumption of railway train movement on a straight track section with reduced freight wagon mass. *Energies*. 2025. Vol. 18(2). P. 1–17. DOI:10.3390/en18020280

УДК 621.865.6

СЕМЕНЕНКО Ю.О. к.т.н., доцент,
Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків,
СЕМЕНЕНКО О.Д. асистент, Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут», м. Харків

АНАЛІЗ МОЖЛИВІСТІ КЕРУВАННЯ ДЕЛЬТА-РОБОТОМ ЗА ДОПОМОГОЮ PID- РЕГУЛЯТОРА

Дельта-робот, винайдений Реймондом Клафелем у 80-х роках XX ст., є паралельним маніпулятором з трьома ступенями свободи (3-DOF), що складається з фіксованої бази, трьох рухомих рук та мобільної платформи. Він відомий своєю високою швидкістю та точністю, що робить його ідеальним для автоматизованих виробництв, таких як пакування, сортування та складання. Однак керування Дельта-роботом є складним завданням через нелінійні зв'язки між руками, вплив гравітації та інерційні ефекти. PID-контролер, як класичний метод зворотного зв'язку, застосовується для регулювання позиції, але часто потребує вдосконалення за допомогою нейронних мереж або fuzzy-логіки для адаптації до змінних умов.

PID-керування часто використовується для управління роботами в промисловості, його перевагою є простота закономірності управління та легкість реалізації алгоритму [3].

PID-регулятор керує керованим об'єктом шляхом лінійної комбінації пропорції (P), інтеграла (I) та диференціала (D) відхилення для формування керованої величини. Принцип управління PID-регулятором полягає в обчисленні відхилення між даними, отриманими від датчика, та заданим очікуваним значенням, а також перерахунку отриманого відхилення як нового вхідного значення системи. Керуючи новим вхідним значенням, регулятор може підтримувати системні дані близькими до очікуваного значення. Принципова блок-схема системи показана на рис. 1, серед них $r(t)$ – бажаний вхідний сигнал, $y(t)$ – вихідний сигнал системи, а $u(t)$ – величина керування системою.

Рис. 1. Принципова блок-схема системи PID-регулятора

Відхилення $e(t)$ складається з бажаного вхідного сигналу $r(t)$ та вихідного сигналу системи $y(t)$:

(1)

Закон управління PID такий :

(2)

де K_p , K_I , K_D , пропорційна, інтегральна і диференціальна константи відповідно.

PID-керування Дельта-роботом забезпечує достатню точність і стабільність руху при високих швидкостях. Основними проблемами залишаються взаємний вплив приводів та необхідність точного налаштування параметрів регулятора. У

майбутньому перспективним напрямом є поєднання PID-контролю з адаптивними та робастними алгоритмами.

Список використаних джерел

1. Костюк В. І., Спину Г. О., Ямпольський Л. С., Ткач М. М. Робототехніка: підручник. – Тернопіль : ТНТУ, 2015. – 420 с.
2. Максим М., Міщук Д. Маніпуляторне обладнання для виконання вантажопідіймальних робіт // Зб. наук. праць КНУБА. – Київ : КНУБА, 2020. – С. 92–97.
3. Krakhmalev O.N. Mathematical model manipulator robots // International Journal of Advanced Studies (IJAS). St. Louis, USA: Publishing House Science and Innovation Center, Ltd. 2015. V. 5. № 4. P. 31–35.
4. Wang X., Zhang D., Zhao C. The inverse kinematics of a 7R 6-degree-of-freedom robot with non-spherical wrist. *Advances in Mechanical Engineering*, 2017, 9(8), 168781401771 4985.
5. Momani S., Abo-Hammour Z.S., Alsmadi O.M. K. Solution of inverse kinematics problem using genetic algorithms // *Applied Mathematics & Information Sciences*. 2016. V. 10. № 1. P. 225.

УДК 621.865.6

СЕМЕНЕНКО. О.Д. асистент,

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут» м. Харків

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ З ПІДВИЩЕННЯ РОБОТОЗДАТНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

Робота різального інструменту (PI) пов'язана з впливом низки руйнівних факторів, обумовлених впливом високих контактних навантажень і температур, активізації фізико-хімічних процесів. Внаслідок цього посилюється зношування інструмента через абразивний та адгезійний вплив оброблюваного матеріалу, прискорюються дифузійні й окисні процеси, а також відбувається розм'якшення поверхневих шарів інструментального матеріалу. [1]. Продовження працездатності PI може відбуватися за рахунок поліпшення властивостей інструментальних матеріалів, що призводить до найбільш ефективного опору контактних майданчиків різального інструменту впливу термомеханічних навантажень та різних видів зношування [3].