



В. Д. Залипка

Національна академія сухопутних військ ім. гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАСОБІВ ВЗАЄМОДІЇ БАГАТОЦІЛЬОВИХ РОБОТИЗОВАНИХ ПЛАТФОРМ ІЗ ЗОВНІШНІМИ ОБ'ЄКТАМИ ТА СЕРЕДОВИЩЕМ У ПРОЦЕСІ ЇХ ТРАНСФОРМАЦІЇ

Встановлено, що передумовою для багатоцільових роботизованих платформ (БРП), яка зумовлює підвищення прохідності та стійкості і як наслідок – потребу у наявності в них багатофункціональних засобів взаємодії із зовнішніми об'єктами та середовищем, є передусім важко прохідні ділянки місцевості. Сьогодні в ході російсько-української війни цілком очевидним є те, що пропозиції нових принципів, технологій та ідей, які ґрунтуються на сучасних підходах у створенні БРП з підвищеними експлуатаційними властивостями, здатні забезпечити істотне їх удосконалення, а також розширити функціональні можливості та перелік виконуваних завдань і як наслідок – забезпечити вагому перевагу на полі бою над противником загалом. Запропоновано підхід (ідею) до застосування багатофункціональних засобів взаємодії БРП із зовнішніми об'єктами та середовищем (ЗВ БРП ЗОС), які здатні трансформуватись та виконувати невласиві їм функції для підвищення експлуатаційних властивостей (прохідності, стійкості) таких платформ. Встановлено, що найбільш перспективною технологією, яка може забезпечити реалізацію трансформації ЗВ БРП ЗОС та необхідну кількість ступенів вільності за мінімальних масогабаритних параметрів є технологія Abenics. З'ясовано, що між ЗВ БРП ЗОС (рушії та маніпулятори) є істотна функціональна різниця, адже перші призначені для забезпечення переміщення БРП у просторі, а другі – для різного роду взаємодій, як з окремими об'єктами зовнішнього середовища, так і з самим середовищем загалом, тому вони можуть мати дуже специфічні і різноманітні конструкції. Проведено аналіз та моделювання в програмному забезпеченні SolidWorks складових технології Abenics, моделювання ланки маніпулятора (рушії) БРП, моделювання кінцевого ефектора маніпулятора БРП, моделювання цілісної конструкції БРП із засобами взаємодії з зовнішніми об'єктами та середовищем, що здатні трансформуватись. Отримані в ході моделювання результати підтверджують можливість реалізації підходу щодо багатофункціональності ЗВ БРП ЗОС шляхом їх трансформації для підвищення прохідності та стійкості таких платформ. Окреслено перспективу подальших досліджень, в основу яких буде покладено розробку відповідних математичних моделей щодо опису процесу трансформації ЗВ БРП ЗОС із застосуванням технології Abenics і не тільки, а також створення математичних моделей кінематики та динаміки руху, оцінювання прохідності та стійкості новітніх БРП та подальше моделювання таких зразків в об'ємному вигляді у програмному середовищі SolidWorks.

Ключові слова: багатоцільові роботизовані платформи; засоби взаємодії із зовнішніми об'єктами та середовищем; трансформація.

Вступ / Introduction

Сьогодні під час російсько-української війни цілком очевидним є розуміння того, що тільки пропозиції нових ідей, принципів і технологій, які ґрунтуються на новітніх підходах у створенні нових зразків багатоцільових роботизованих платформ (БРП) технічного, тилового та медичного забезпечення як виду наземних роботизованих комплексів [6, 10], здатні забезпечити істотне удосконалення їх експлуатаційних властивостей, таких як прохідність та стійкість, а також розширити їх функціональні можливості та перелік виконуваних завдань і як наслідок – забезпечити вагому перевагу на полі бою над противником загалом. Тому особливого значення набувають дослідження пов'язані з вирішенням завдань удосконалення експлуатаційних властивостей БРП. Одним із способів удосконалення експлуатацій-

них властивостей БРП є застосування сучасних технологій для трансформації (зміна, перетворювання виду, форми, властивостей об'єкта) ЗВ БРП ЗОС щодо виконання ними традиційних і взаємозамінних функцій.

Об'єкт дослідження – процес трансформації ЗВ БРП ЗОС.

Предмет дослідження – засоби процесу трансформації у програмному середовищі SolidWorks.

Мета роботи – моделювання об'ємних складових частин ЗВ БРП ЗОС, що здатні трансформуватись, як перспективного концепту для Збройних Сил України.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі *основні завдання дослідження*:

- аналіз та моделювання складових технології Abenics;
- моделювання ланки маніпулятора БРП;
- моделювання кінцевого ефектора маніпулятора БРП;
- моделювання цілісної конструкції БРП із засобами взаємодії

Інформація про автора:

Залипка Василь Дарійович, канд. техн. наук, доцент, кафедра автомобілів та автомобільного господарства.

Email: zalyпка_w@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-5189-8370>

Цитування за ДСТУ: Залипка В. Д. Моделювання засобів взаємодії багатоцільових роботизованих платформ із зовнішніми об'єктами та середовищем у процесі їх трансформації. Науковий вісник НЛТУ України. 2023, т. 33, № 4. С. 65–70.

Citation APA: Zalyпка, V. D. (2023). Simulation of the means of interaction of multipurpose robotic platforms with external objects and the environment in the process of their transformation. *Scientific Bulletin of UNFU*, 33(4), 65–70.

<https://doi.org/10.36930/40330409>

дії з зовнішніми об'єктами та середовищем, що здатні трансформуватись.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У попередніх роботах [3, 4] запропоновано підхід (ідею) щодо надання подвійної функції ЗВ БРП ЗОС завдяки їх трансформації. Встановлено, що трансформація ЗВ БРП ЗОС відбувається внаслідок переміщення їх складових частин для набуття відповідної форми, яка передбачена для виконання визначеного завдання без втрати первинної кількості матеріалу (за винятком окремих випадків). Для набуття найоптимальнішої форми ЗВ БРП ЗОС можуть виготовлятися у комбінуванні різних матеріалів (твердих, гнучких, пластичних) та поєднувати у собі сучасні технології щодо використання новітніх матеріалів. Проаналізовано класифікаційні ознаки ЗВ БРП ЗОС та наведено відповідні класифікації, що дасть змогу належно продовжувати дослідження щодо їх трансформації для удосконалення експлуатаційних властивостей БРП. Однак у попередніх роботах не проводилось моделювання таких засобів та не було представлено їх в об'ємному вигляді.

Матеріали та методи дослідження. Як вихідні для моделювання об'ємних складових частин ЗВ БРП ЗОС використовуються положення технології Abenics, методи теорії диференціальних рівнянь та теоретичної механіки. Об'ємне представлення складових частин засобів взаємодії БРП із зовнішніми об'єктами та середовищем, а також етапи їх трансформації проведено у програмно забезпеченні SolidWorks.

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

Під ЗВ БРП ЗОС будемо розуміти їх рушії та різного роду маніпулятори. Між зазначеними засобами є істотна функціональна різниця, адже перші призначені для забезпечення переміщення БРП у просторі, а другі – для різного роду взаємодій, як з окремими об'єктами зовнішнього середовища, так і з самим середовищем загалом, тому вони можуть мати дуже специфічні і різноманітні конструкції. Водночас, незважаючи на велику кількість прогресивних технологій трансформації рушіїв, як засобів призначених для пересування БРП, сьогодні у відкритих джерелах інформації немає відомостей про технології трансформації маніпуляторів, які могли б створювати нові можливості як для забезпечення пересування БРП, так і для їх взаємодії з об'єктами і зовнішнім середовищем.

Основне завдання моделювання – це усунення можливих помилок і неточностей у процесі розроблення конструкторської документації якого-небудь виробу. Досягти цього можна комп'ютерним моделюванням окремих деталей і їх взаємодії у складальні одиниці. Забезпечити належний аналіз процесу моделювання, інженерний аналіз та підготувати процес виготовлення складових частин ЗВ БРП ЗОС у своїх дослідженнях пропонуємо виконувати за допомогою програмного середовища SolidWorks [1]. Адже цей софт є інтегрованим середовищем тривимірного моделювання, який використовує графічний інтерфейс Microsoft Windows. Він дає змогу здійснити повний цикл моделювання: проектування тривимірних деталей, складання із окремих деталей, складальних креслень і деталювань, а також уявлення моделей в реалістичному (візуалізація) і динамічному (анімація) вигляді.

Традиційні кінематичні пари забезпечують від однієї до п'яти ступенів вільності [5], що вимагає ускладнення конструкції маніпулятора при використанні традиційних кінематичних пар унаслідок збільшення кількості таких ланок та негативно впливає на компоновання БРП загалом. Конструктори-механіки розглядали різноманітні приводи та механізми, за допомогою яких в одному механізмі можна було б забезпечити рух кінематичних пар у двох і більше напрямках, тобто забезпечити декілька ступенів вільності, але на одній контактній поверхні. Враховуючи усе зазначене вище, на наш погляд, найбільш перспективною технологією, яка могла б забезпечити реалізацію трансформації ЗВ БРП ЗОС та необхідну кількість ступенів вільності за мінімальних масогабаритних параметрів, є технологія Abenics [4] (активний кульовий шарнірний механізм). Цей проєкт є надбанням університету міста Ямагату в Японії. Може застосовуватись для перспективних сервоприводів з кульовим шарніром, є спеціальною сферичною механічною конструкцією, в якій використовується нетрадиційна (об'ємна) форма зубчастого колеса (шестерні). На підставі передач шарнірні приводи забезпечують три ступені вільності обертання без ковзання. Можливості були отримані унікальними взаємодіями між двома різними інноваційними передачами (рис. 1): хрестовинна сферична (CS) і монополь (MP) і накладанням цих взаємодій за допомогою сферичної квадратури CS-передачі будови зуба.

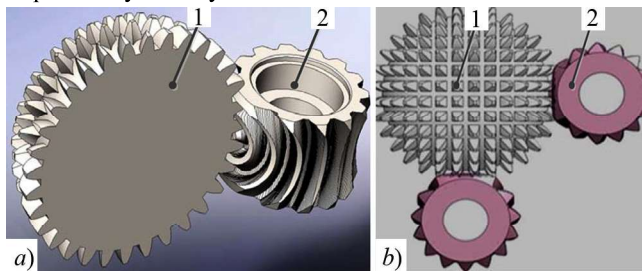


Рис. 1. 3D зображення шестерень технології Abenics / 3D image of ABENICS technology gears: 1 – сферична шестерня / spherical gear; 2 – шестерня-монополь / monopole gear

Одна MP-передача обмежує два з трьох ступенів вільності CS-передачі. Керуючий модуль, який приводить в дію MP-передачу, перетворює це "обмеження" в "привід" і керує CS-передачею з двома ступенями вільності (рис. 2). CS-передача ортогонально накладає взаємодії викликані двома MP-передачами для досягнення трьох рушійних сил. Принцип було виявлено шляхом аналізу еквівалентного зв'язку за зразком механізму Abenics. Теорія і фізичні характеристики Abenics були перевірені в комплексному експерименті позиціонування на виготовлених прототипах. Гнучкість розміщення приводу також була перевірена різними способами конфігурації керуючих модулів. Активний кульовий шарнір Abenics може передавати високий крутний момент і надійне позиціонування з трьома ступенями вільності без давача орієнтації. У такий спосіб технологія Abenics завдяки реалізації механізму активного шарніру, який побудований на взаємодії сферичних шестерень, дає змогу запобігти втратам на зайвому терті, забезпечує достатню міцність та належну точність рухів. Також цей механізм, завдяки нековзному зубчастому зачепленню, забезпечує надійне позиціонування без використання тривимірних давачів та передачу великого обертового моменту. Варто також зазначити, що цей механізм може

працювати у різних конфігураціях, оскільки його вихідна ланка і привід можуть бути розташовані як завгодно. Його система керування виконана конструкційно точно, тому не потрібно залучати до процесу керування надмірні обчислювальні ресурси.

Враховуючи можливості технології Abenics пропонуємо використати їх для надання подвійних функцій маніпулятору як такому, що може виконувати функцію крокуючого та колісного рушія, а також рушію, що може виконувати функцію маніпулятора. Варто також зазначити, що БРП буде оснащена основним колісним або гусеничним рушієм. Адже відомо [4, 5], колісно-гусеничний рушій – технологія, що передбачає по чергове використання машиною гусениць для просування бездоріжжям та коліс для швидкої їзди дорогами.

Водночас, маніпулятор (англ. *Manipulator*) – керований пристрій, оснащений робочим органом для вико-

нання рухових функцій, аналогічних до функцій руки людини, під час переміщення об'єктів у просторі [2]. Залежно від виду систем керування розрізняють маніпулятори з ручним і автоматичним керування. У нашому випадку – це механізм з електронним керуванням, що складається з кількох сегментів і виконує завдання, взаємодіючи з навколишнім середовищем [8]. Маніпулятор складається з набору ланок і з'єднань та використовує зазвичай гідравлічний, пневматичний та електричний приводи. Ланки визначаються як жорсткі секції, які утворюють механізм, а з'єднання – як з'єднання між двома ланками. Отже, у нашому випадку вихідна ланка монтується до сферичної шестерні Abenics (рис. 3,а), також доцільно використовувати дволанкове компонування маніпулятора з одним з'єднанням див. (рис. 3,б), що дає змогу забезпечити відповідну жорсткість і міцність.

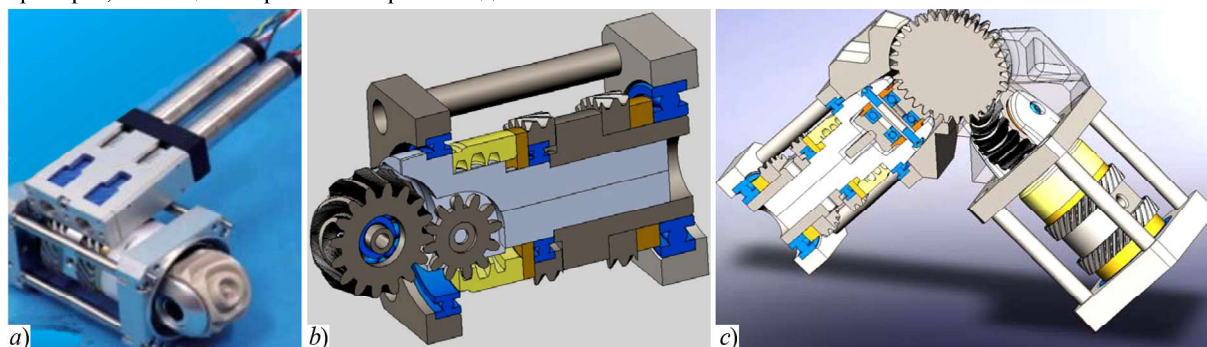


Рис. 2. Керуючий модуль шестерень Abenics / ABENICS gear control modul

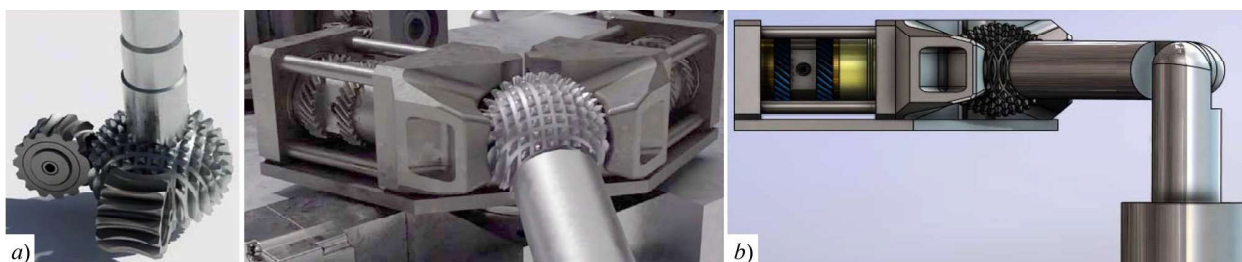


Рис. 3. Результати моделювання ланки маніпулятора (рушія) БРП / Results of modeling of the manipulator link (driver) MRP

Наступним етапом було моделювання кінцевого ефектора (захвату) – пристрою, приєднаного до маніпулятора, який взаємодіє з навколишнім середовищем для виконання завдань. Щоб забезпечити реалізацію ідеї щодо багатифункціональності ЗВ БРП ЗОС, конструкція кінцевого ефектора повинна забезпечувати можливість взаємодії як з об'єктами щодо впливу (захвату) на них, так і належний контакт з опорною поверхнею для переміщення БРП, як крокуючий та колісний рушій. На рис. 4 наведено розроблені конструкції таких ефекторів. Перший варіант (див. рис. 4,а) – це п'ятипальцевий кінцевий ефектор із здатністю забезпечити надійний контакт з опорною поверхнею в режимі крокуючого рушія, а також і колісного при складанні пальців в одній точці утворенням конструкції ("кулак"), що забезпечує кочення. Зміна положення пальців відбувається внаслідок переміщення їх у секторах барабана по напрямних при взаємодії між собою зубчастих скоб. Однак під час аналізу руху БРП встановлено, що при контакті кінцевого ефектора з опорними поверхнями, які не є відносно плоскими (вибоїни, каміння та ін.) пальці, які є жорсткими і не мають ніяких гасильних і пружних елементів, сприймаючи реакції з цих поверхонь під різними кутами, передають на БРП навантаження, які негативно впливають на стійкість таких БРП.

Для підвищення стійкості при русі БРП по пересіченій місцевості, запропоновано другий варіант реалізації кінцевого ефектора із здатністю трансформуватись (див. рис. 4,б). У цій конструкції передбачено вісім пальців, з кінцями ключової форми, які оснащені демпферними пристроями, що при контакті з різними нерівностями в режимі крокуючого рушія, гасить нерівномірні реакції та забезпечує належний контакт з рівномірним розподілом навантаження. Режим колісного рушія досягається зміною положення кінцевого ефектора з вертикального у горизонтальне шляхом випрямлення відповідних ланок. За такого компонування немає потреби зводити пальці в одній точці (за винятком захвату об'єкта в режимі маніпулятора), адже їх кількість та спеціальні майданчики для контакту із опорною поверхнею при зовнішньому розташуванні, забезпечують відповідне кочення. Безпосередньо рух самих пальців забезпечується шляхом переміщенням пружинних штоків, до яких вони закріплені у барабані.

Отже, враховуючи поетапні отримані результати в ході моделювання, пропонується цілісна конструкція БРП з засобами взаємодії із зовнішніми об'єктами та середовищем, які здатні трансформуватись та виконувати як функції маніпулятора (рис. 5,а), так і функції крокуючого (див. рис. 5,б) та колісного (див. рис. 5,с) рушіїв.



Рис. 4. Результати моделювання кінцевого ефектора маніпулятора БРП / Results of simulation of the end effector of MRP manipulator

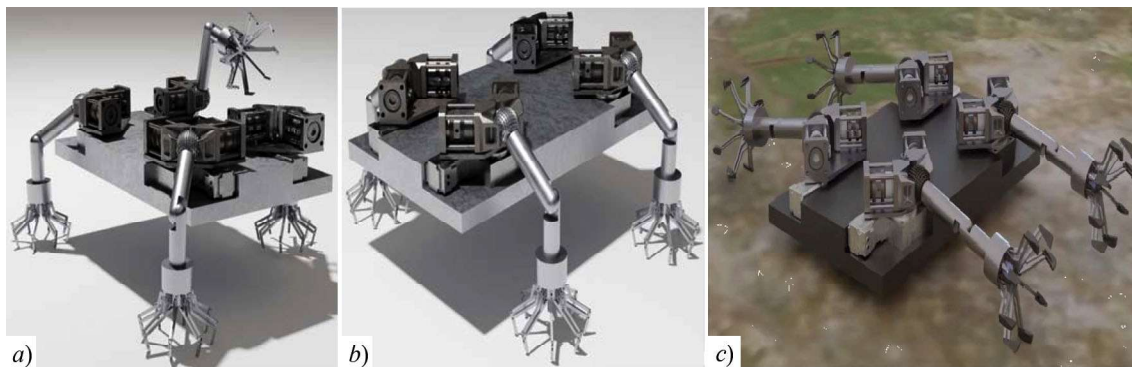


Рис. 5. Цілісна конструкція БРП із засобами взаємодії із зовнішніми об'єктами та середовищем, які здатні трансформуватись / Integrated construction of MRP with means of interaction with external objects and the environment, which are capable of transformation: a) маніпулятор / manipulator; b) крокуючий рушій / pacing mover; c) колісний рушій / wheel drive

В основу подальших досліджень буде покладено розробку відповідних математичних моделей щодо опису процесу трансформації ЗВ БРП ЗОС із застосуванням технології Abenics і не тільки, а також створення математичних моделей кінематики та динаміки руху, оцінювання прохідності та стійкості новітніх БРП та подальше моделювання таких зразків в об'ємному вигляді у програмному середовищі SolidWorks. Зазначимо, що в процесі моделювання створювались не деталі, а алгоритми (послідовність операцій) їх створення. Задавалися відповідні розміри і геометричні взаємозв'язки між елементами, адже розміри та взаємозв'язки визначають форму конкретної деталі. При зміні розмірів змінюється форма і розміри деталі, але зберігається каркас проекту. Для набуття найоптимальнішої форми ЗВ БРП ЗОС можуть виготовлятися у комбінуванні різних матеріалів (твердих, гнучких, пластичних) та поєднувати у собі новітні технології.

Обговорення результатів дослідження. Передумовою для БРП, яка зумовлює потребу у наявності в них багатофункціональних засобів взаємодії із зовнішніми об'єктами та середовищем, які здатні трансформуватись та виконувати як функції маніпулятора, так і функції крокуючого і колісного рушіїв, є передусім дорожні умови (місцевість), які істотно впливають на прохідність та стійкість БРП, адже в умовах бездоріжжя, чи

внаслідок ракетних і артилерійських руйнувань, настають такі граничні умови, коли рух на основному колісному (гусеничному) рушії стає неможливим і тому доцільно використовувати крокуючий, або у разі виходу з ладу основного рушія є можливість від маніпулятора перейти на крокуючий або колісний рушій, тобто можливості трансформації дають змогу взаємно перетворювати маніпулятор на рушій і навпаки, загалом можливі різні комбінації.

Очевидним є те, що людська думка генерує багато креативних ідей, які відображаються у роботах [2, 3, 7]. Проте, в цих публікаціях автори не запропонували підходів до надання ЗВ БРП ЗОС чи іншим системам подвійних функцій (багатофункціональності), зокрема щодо маніпуляторів та рушіїв, які можуть взаємозамінити одні одних використовуючи можливості трансформації та сучасні технології, такі як Abenics.

За результатами наших досліджень, передусім є можливість наочно переконатися у реалізації ідеї автора, проаналізувати всі переваги та відповідні недоліки, деталізувати подальші дослідження та окреслити пріоритетні напрями їх розвитку. Адже основним чинником розвитку сучасних будь-яких роботизованих систем провідних країн світу є активне впровадження інноваційних технологій, зокрема штучного інтелекту [10]. Водночас, США сьогодні в авангарді щодо розробок і впровадження наземних роботизованих комплексів, про що

свідчать такі керівні документи, як: Стратегія роботизованих і автономних систем армії США до 2035 р., Операційна концепція армії США до 2040 р. та Інтегрована дорожня карта безпілотних систем на 2017-2042 роки.

Отже, за результатами виконаної роботи можна сформулювати такі наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – набули подальшого розвитку дослідження щодо особливостей розроблення та застосування БРП та удосконалено підходи до вирішення проблемних питань з підвищення прохідності та стійкості таких платформ.

Практична значущість результатів дослідження – отримані результати дають змогу вітчизняним виробникам наземних роботизованих комплексів створювати БРП з підвищеною прохідністю та стійкістю.

Висновки / Conclusion

Очевидним є те, що перевагу над противником на полі бою у сфері застосування роботизованих систем для збереження здоров'я та життя військовослужбовців, будуть мати ті системи, а зокрема і БРП, в яких будуть застосовуватися сучасні технології і які матимуть підвищені експлуатаційні властивості, такі як прохідність та стійкість.

Встановлено, що передумовою для БРП, яка зумовлює підвищення прохідності та стійкості і як наслідок потребу у наявності в них багатофункціональних засобів взаємодії із зовнішніми об'єктами та середовищем, є передусім, важко прохідні ділянки місцевості.

Запропоновано підхід (ідею), що полягає у застосуванні багатофункціональних ЗВ БРП ЗОС, які здатні трансформуватися та виконувати невласиві їм функції для підвищення експлуатаційних властивостей таких платформ.

Встановлено, що найбільш перспективною технологією, яка могла б забезпечити реалізацію трансформації ЗВ БРП ЗОС та необхідну кількість ступенів вільності за мінімальних масогабаритних параметрів є технологія Abenics.

Проведено аналіз та моделювання в програмному забезпеченні Solid Works складових технології Abenics, моделювання ланки маніпулятора БРП, моделювання кінцевого ефектора маніпулятора БРП, моделювання цілісної конструкції БРП із засобами взаємодії з зовнішніми об'єктами та середовищем, що здатні трансформуватися. Отримані в ході моделювання результати підтверджують можливість реалізації підходу щодо багатофункціональності ЗВ БРП ЗОС шляхом їх тран-

сформації для підвищення експлуатаційних властивостей (прохідність, стійкість) таких платформ.

References

1. Comm, I. T. (2023). Management information systems. Solid Works Simulation (Cosmosworks). URL: <http://commit.name/index.php?MainShowID=105>
2. He Wang, Jiadong Shi, Jianzhong Wang, Hongfeng Wang, Yiming Feng, & Yu You. (2019). Design and Modeling of a Novel Transformable Land/Air Robot. International Journal of Aerospace Engineering, 10. <https://doi.org/10.1155/2019/2064131>
3. İrem, Mertüzy, Alper, K. Tanyıldızı, Beyda, Taşar, Ahmet, B. Tatar, & Oğuz Yakut. (2020). Fuhar: A Transformable Wheel-Legged Hybrid Mobile Robot. Robotics and Autonomous Systems, 133, 21. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2020.103627>
4. Kazuki, Abe, Kenjiro, Tadakuma, & Riichiro, Tadakuma. (2023). Abenics: Active Ball Joint Mechanism With Three-DoF Based on Spherical Gear Meshings. April 2021IEEE Transactions on Robotics, 99. <https://doi.org/10.1109/TRO.2021.3070124>
5. Kinytskyi, Ya. T. (2002). Theory of mechanisms and machines: a textbook. Kyiv: Scientific Opinion, 662 p.
6. Kuprinenko, O. M. (2021). Problems of creating ground robotic complexes for the needs of the Armed Forces of Ukraine. Armament and military equipment. 26–34. [https://doi.org/1034169/2414-0651.2021.4\(32\)](https://doi.org/1034169/2414-0651.2021.4(32))
7. Satwik, Tholapu, Sudheer, A. P., & Joy, M. L. (2021). International Conference on Innovations in Mechanical Sciences (ICIMS21). IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. Kinematic Modelling and Structural Analysis of a Spherical Robot: Ball-E. IOP Publishing, 1132, 12. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1132/1/012034>
8. Sooyoung Cho, Ho Joon Lee, & Ju Lee. (2019). Study on Multi-DOF Actuator for Improving Power Density. Energies, 12(21). <https://doi.org/10.3390/en12214204>
9. Zalyпка, V. (2022). Theoretical principles and practical aspects of the theory of transformation of interaction measures with external objects and the environment for ground robot complexes. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 1277, International Scientific and Theoretical Conference "Modeling and Computer Engineering in Mechanical Engineering: Theory, Practice, and Innovation" (MCEME-2022) 28/09/2022-21/10/2022 Lviv, Ukraine, 1–10. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1277/1/012002>
10. Zalyпка, V. D. (2022). Peculiarities of the creation and use of ground robotic complexes in the leading countries of the world and Ukraine. Scientific Bulletin of UNFU, 32(4), 60–65. <https://doi.org/10.36930/40320410>
11. Zalyпка, V. D. (2023). Analysis and synthesis of classification features of means of interaction with external objects and the environment of multi-purpose robotic platforms for their further transformation. International Science Journal of Engineering & Agriculture, 2(2), 21–33. <https://doi.org/10.46299/j.is-jea.20230202.03>

V. D. Zalyпка

Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, Lviv, Ukraine

SIMULATION OF THE MEANS OF INTERACTION OF MULTIPURPOSE ROBOTIC PLATFORMS WITH EXTERNAL OBJECTS AND THE ENVIRONMENT IN THE PROCESS OF THEIR TRANSFORMATION

Today, in the course of the Russian-Ukrainian war, it is quite obvious that the proposals of new principles, technologies and ideas, which are based on modern approaches in the creation of multi-purpose robotic platforms (MRP) with increased operational properties, are able to ensure their significant improvement, as well as expand their functional capabilities and a list of performed tasks and, as a result, ensure a significant advantage on the battlefield over the enemy as a whole. An approach is proposed, which consists in the application of multifunctional means of interaction of MRP with external objects and the environment (MI MRP EOE), which are able to transform and perform non-specific functions to improve operational properties. It was established that the prerequisite for MRP, which determines the increase in patency and stability and, as a result, the need for them to have multifunctional means of interaction with external objects and the environment, is primarily difficult to pass areas of the terrain. It was found out that there is a sig-

nificant functional difference between MI MRP EOE (movers and manipulators): the first are designed to ensure the movement of the MRP in space, and the second – for various types of interactions, both with individual objects and the environment. It has been established that the most promising technology that can ensure the implementation of the transformation of the MI MRP EOE and ensure the required number of degrees of freedom with minimal mass and dimensional parameters is ABENICS technology. The analysis and modeling in SolidWorks software of components of ABENICS technology, modeling of the link of the manipulator (driver) of the MRP, modeling of the end effector of the MRP manipulator, modeling of the integral structure of the MRP with means of interaction with external objects and the environment capable of transformation were carried out. The perspective of further research is outlined, which will be based on the development of appropriate mathematical models for the description of the process of transformation of MI MRP EOE using ABENICS technology and not only, as well as the creation of mathematical models of kinematics and dynamics of movement, assessment of the patency and stability of the latest MRPs, and further modeling of such samples in three-dimensional form in the SolidWorks software environment. The results obtained in the course of modeling confirm the possibility of implementing the approach regarding the multi-functionality of MI MRP EOE by transforming them to increase the passability and stability of such platforms.

Keywords: multipurpose robotic platforms; means of interaction with external objects and the environment; transformation.