



Р. В. Зінко, В. М. Теслюк, І. Я. Казимира, Д. В. Островка

Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

МОДЕЛЬ ПОКРАЩЕННЯ МІЦНІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПРИВОДУ МОБІЛЬНОГО РОБОТА

Розроблено модель підвищення техніко-експлуатаційних показників електромеханічного приводу мобільних роботів шляхом вибору вхідних параметрів у поєднанні з відповідними методами та методиками проектування та математичного моделювання. З'ясовано, що мобільні роботи все ширше використовують у найрізноманітніших сферах діяльності людей, відповідно, важливим є забезпечення їх надійного функціонування, яке, водночас, визначає їх ефективність. Використовуючи відповідні розрахунки при проектуванні мобільних роботів, можна підвищити їх надійність, зменшити металомісткість створюваних зразків машин. При таких розрахунках потрібно враховувати навантажувальні режими, в яких задіяний транспортний засіб. Їзня мета полягає в підвищенні техніко-експлуатаційних показників електромеханічного приводу мобільних роботів шляхом вибору вхідних параметрів у поєднанні з відповідними методами та методиками проектування та математичного моделювання. Встановлено, що забезпечення необхідного запасу міцності із одночасним зменшенням металомісткості є необхідним для вдосконалення електромеханічного приводу мобільного робота і покращення його характеристик загалом. Наведено модель і розроблено алгоритм підвищення надійності та зменшення металомісткості механічних складових мобільних роботів. Модель містить геометричні, кінематичні, динамічні, енергетичні, техніко-економічні розрахунки, розрахунки на міцність та жорсткість. Проведено розрахунки для малого мобільного робота з електромеханічною трансмісією та представлено результати дослідження надійності та міцнісних характеристик вала мобільної робототехнічної платформи. Розглянуто випадок повороту мобільного робота з реалізацією максимального крутного моменту, який передається на одну з гусениць. На підставі кінематичної схеми електротрансмісії розроблена твердотільна модель одного з її елементів (вала тягової зірки гусеничного рушія), для якого, на підставі схематизованої діаграми Серенсена-Кінасашвілі, був визначений запас міцності. Пропонована модель пройшла апробацію й буде використана при створенні експериментальних зразків мобільних роботів.

Ключові слова: автоматизована механічна трансмісія; оцінювання параметрів; перемикач швидкостей; мобільний робот; електромеханічний привод.

Вступ / Introduction

При теперішньому розвитку суспільства техногенні аварії та катастрофи, стають практично неминучими через збільшення складності виробництва, у тому числі із застосуванням енергомістких технологій, радіоактивних і токсичних речовин. Зростання ймовірності виникнення аварійних ситуацій на об'єктах хімічної та атомної промисловості створюють екстремальні умови для виживання не тільки потерпілих під час аварій, але й рятувальників, які ліквідують їхні наслідки. В умовах сучасного індустріалізованого суспільства мобільний механізм стає єдиним засобом зменшення ризику та уникнення небезпеки для життя і здоров'я людей при виконанні низки моніторингових операцій та технологічних процесів. Застосування мобільних роботів (МР) у таких випадках підвищує ефективність і безпечність операцій з усунення наслідків небезпечних ситуацій. Покращення характеристик окремих складових мобільних роботів, відповідно, є одним з напрямів вдосконалення їхніх механізмів.

Забезпечення необхідного запасу міцності із одночасним зменшенням металомісткості є необхідним для вдосконалення електромеханічного приводу мобільного робота і покращення його характеристик загалом. Величину запасу міцності визначають режими його експлуатації. Для гусеничних машин одним з таких режимів є поворот, для здійснення якого необхідно використати

90 % можливого тягового зусилля від повної ваги транспортного засобу на привід одного борта.

Об'єкт дослідження – забезпечення надійності та металомісткості механічних складових мобільних роботів.

Предмет дослідження – моделі та засоби підвищення надійності та зменшення металомісткості механічних складових мобільних роботів, які ґрунтуються на використанні діаграми Серенсена-Кінасашвілі.

Мета роботи – підвищення техніко-експлуатаційних показників електромеханічного приводу мобільних роботів шляхом вибору вхідних параметрів у поєднанні з відповідними методами та методиками проектування й математичного моделювання.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження:

- 1) вдосконалити моделі підвищення надійності та зменшення металомісткості механічних складових мобільних роботів;
- 2) провести розрахунки механічних складових мобільних роботів з використанням запропонованого методу.

У даній роботі розглянуто випадок повороту мобільного робота з реалізацією максимального крутного моменту, який передається на одну з гусениць. Якщо трансмісія не зможе зробити цього на певній швидкості, то машина не виконає відповідний поворот.

Як тільки починається поворот, зовнішню частину гусениці треба забезпечити дуже високою потужністю, яка пришвидшується і рухається швидше, ніж центр тя-

жіння машини. У високодинамічному повороті зростання потужності, яка має забезпечити зовнішню частину гусениці, може досягати в два або більше разів. Якщо трансмісія не зможе передати таку потужність на зовнішню частину гусениці, то машина втрачатиме швидкість руху.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У всіх сферах застосування мобільних транспортних засобів існує тенденція до зміни двигунів внутрішнього згорання на електродвигуни. Особливо це проявляється в мобільних робототехнічних системах автономного керування [6], [22], [23], [24]. Компактні та енергомисткі електромеханічні трансмісії стають альтернативним способом забезпечення руху, але при цьому потрібно враховувати особливості їх функціонування [12], [15].

Роботи [28], [29] демонструють, що використання електромеханічних трансмісій дає змогу її використовувати без коробки передач. Це, водночас, знижує собівартість механізму, підвищує його маневреність та надійність. Окрім цього, в роботі [29] досліджено, що момент швидкості на валу двигуна при забезпеченні машиною технологічних процесів відрізняється нестабільністю і змінюється в часі на 40-50 %. Але, при цьому, спостерігається коливання моменту опору з амплітудою $\pm 20\%$ від середнього значення. Дані дослідження вказують на актуальність проблеми забезпечення міцності елементів трансмісії.

В літературі [17], [18], [21] наведено типовий алгоритм розрахунку деталей на міцність, в якому параметри деталі перевіряють за допустимими значеннями. У випадку невиконання умови потрібно проводити наступний цикл розрахунків. Це збільшує трудовитрати процесу розрахунку. До того ж не завжди зрозуміло, на скільки збільшиться запас міцності деталі.

Матеріали й методи дослідження. При створенні електротрансмісії мобільних роботів, як і інших транспортних засобів спеціального призначення, потрібно враховувати тетраду – взаємовплив між алгоритмом їх застосування, в якому вони задіяні, умовами експлуатації, конструкцією та рівнем економічної доцільності (рис. 1).

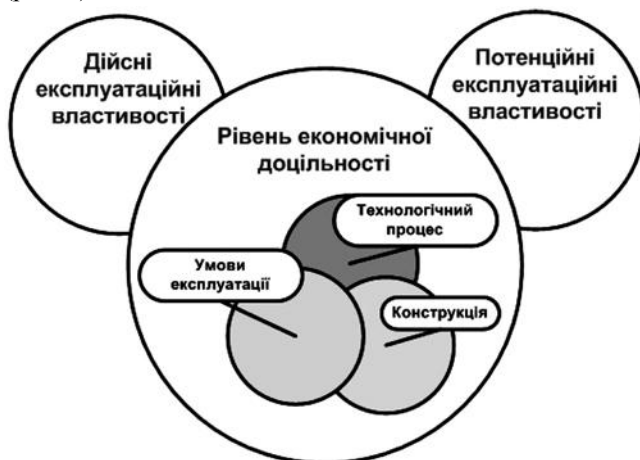


Рис. 1. Тетрада взаємовпливів під час формування концепції та синтезу МР / Tetrad of mutual influences in conceptualising and synthesising MRs

Тетрада взаємовпливів формує систему загальнотехнічних вимог, яка деталізується (системи, комплекси, зразки, їх складові частини) за напрямками:

- функціонально-технічні вимоги;
- експлуатаційно-технічні вимоги;
- конструктивні та виробничо-технічні вимоги.



Рис. 2. Зв'язок тетради взаємовпливів і вимог до МР / Linking the tetrad of mutual influences and MR requirements

На підставі перерахованих вище вимог розробляють технічне завдання, а також визначають основні параметри проєктованого МР.

Кожен зразок МР повинен володіти одночасно усіма функціональними властивостями за оптимального співвідношення між ними, що забезпечують максимальну його ефективність. Нехтування будь-якою з властивостей або нарощування однієї властивості за рахунок інших врешті рещт не дасть змоги повністю реалізувати можливості МР.

Проєктування та конструювання машин нерозривно пов'язані з розрахунками, за допомогою яких встановлюють технічні характеристики, кінематичні параметри, розміри деталей, що несуть навантаження, запас міцності, довговічність для всіх умов експлуатації та для всіх навантажень [4], [10], [11]. Розрахунки й конструювання поєднані між собою, ці процеси завжди взаємодоповнюють один одного. Розрахунки вказують шлях, за яким треба рухатися для отримання найоптимальнішого технічного результату.

У проєктуванні використовують такі види розрахунків (рис. 3):

- *геометричний* – розрахунок розмірних ланцюгів, координат, зазорів;
- *кінематичний* – розрахунок переміщень, швидкостей, пришвидшень, передавальних чисел кінематичних ланцюгів та ін.;
- *динамічний* – розрахунок навантажень деталей машин та їхніх змін у часі;
- *розрахунки на міцність та жорсткість* – визначення напружень та деформацій деталей машини при навантаженнях у робочих режимах;
- *енергетичні* – розрахунки затрат енергії, параметрів енергетичного балансу;
- *техніко-економічні* – розрахунки продуктивності, вартості, ефективності використання.

У роботі також використано: методи навігації, методи попереднього опрацювання та розпізнавання зображень; сучасні методи та алгоритми інтелектуального аналізу даних, штучні нейронні мережі та нечітку логіку; нейроподібні криптографічні методи захисту й пе-

редачі даних; сучасні компоненти МР, елементну базу для реалізації апаратних комп'ютерних засобів; методи інтелектуального опрацювання та оцінювання даних із

давачів в умовах завдань і неповної інформації; методи та засоби автоматизованого проектування апаратних і програмних засобів мобільних роботів.



Рис. 3. Види розрахунків при проектуванні / Types of design calculations

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

Викладені вище підходи до розроблення нових зразків мобільних роботів були використані при створенні малого мобільного робота з електромеханічною трансмісією й гусеничним рушієм (рис. 4).

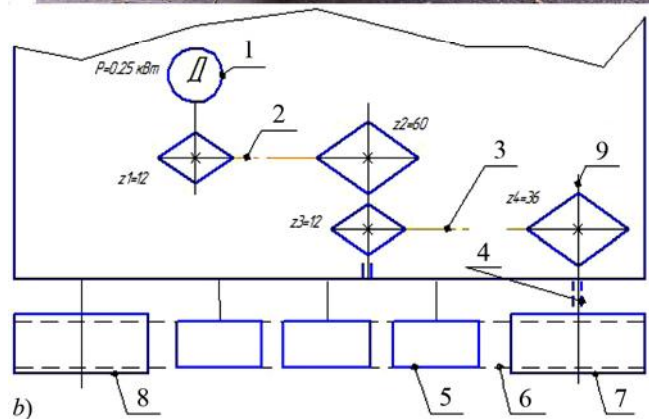


Рис. 4. Малий мобільний робот з електромеханічною трансмісією та її розрахункова схема / Small mobile robot with electromechanical transmission and its calculation scheme: 1 – електродвигун / electric motor; 2, 3 – ланцюгова передача / gears; 4 – підшипники / bearings; 5 – катки / rollers; 6 – гусениця / caterpillar; 7 – ведуча зірочка / driven sprocket; 8 – ведена зірочка / slave sprocket; 9 – вал / shaft

Запропоновану модель реалізують з використанням таких кроків:

- Крок 1. Введення вхідних даних.
- Крок 2. Обчислення розподілів напружень.
- Крок 3. Визначення граничних напружень з використанням діаграми Серенсена-Кінасошвілі.
- Крок 4. Якщо граничні напруження задовольняють вимогам, то здійснюють перехід на крок 5. В іншому випадку проходить корекція вхідних даних і перехід на крок 2.
- Крок 5. Проведення міцнісного розрахунку.
- Крок 6. Визначення розподілу напружень та деформації.

Крок 7. Проведення частотного (модального) аналізу деталей.

Алгоритм реалізації моделі дає змогу з меншою кількістю ітерацій визначити межі механічних характеристик матеріалу, а також у першому наближенні проаналізувати відповідність використання пропонованого матеріалу залежно від умов експлуатації.

Окрім цього, відповідна модель дає змогу провести модальний аналіз, який корисний для випадку дії на деталь динамічних навантажень. Нагадаємо, що функцію коливальних системи в часі можна розкласти на ряди, кожен з яких характеризується своєю формою та частотою коливальних. Такий вид аналізу називають модальним.

Для забезпечення міцнісних характеристик деталей електромеханічної трансмісії використовують діаграму граничних напружень. Ліанеризований варіант діаграми Серенсена-Кінасошвілі дає змогу визначити границю витривалості для проектованої деталі в довільному циклі [21]. За відомими значеннями напружень σ_{max} та σ_{min} відповідно до формули

$$R = \sigma_{min} / \sigma_{max} \quad (1)$$

встановлюють коефіцієнт асиметрії циклу R , а завдяки співвідношенню

$$ctg a_k = \frac{\alpha_{mk}}{\alpha_{ak}} = \frac{\frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}}{\frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}} = \frac{1 + R_k}{1 - R_k} \quad (2)$$

визначають кут нахилу a_k прямої відповідного циклу.

Безпечна робота матеріалу відповідного механізму завершується, коли напруження у ньому перевищують межу витривалості σ_B на шкалі міцності σ_M (рис. 5). Згідно з цим рисунком, простір безпечних напружень ОАДС додатково звужують лінією текучості KL.

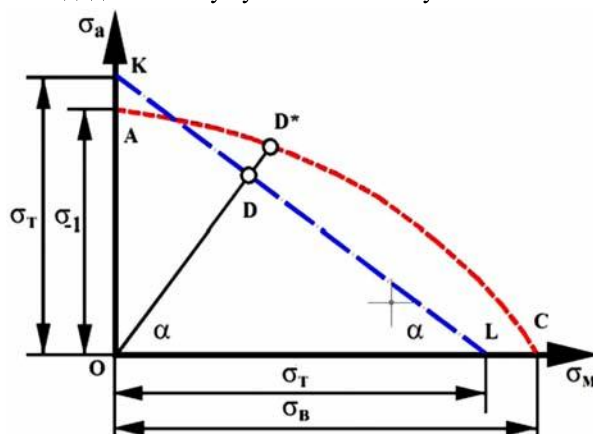


Рис. 5. Схематизована діаграма за Серенсеном-Кінасошвілі / Sørensen-Kinasovili schematised diagram

При знаходженні границі витривалості для заданого коефіцієнта асиметрії R на діаграмі граничних амплітуд необхідно через початок координат провести пряму OD під кутом α , тангенс якого становить

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sigma_a}{\sigma_m} = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}} = \frac{1 - R}{1 + R}, \quad \sigma_{\max} = \sigma_a^B + \sigma_m^B = \sigma_B.$$

Сума абсциси та ординати точки D* – перетину прямої OD з кривою AC – дає шукану величину границі витривалості σ_R , а запас за умовою текучості визначає точка D – перетин прямої OD* і KL.

З метою перевірки прийнятого розрахункового допущення про жорсткість валу трансмісії було розраховано його деформації з урахуванням дії на нього відповідних сил R_x , R_y і R_z за умови жорсткого закріплення одного з його боків. Твердотільна модель була поділена на окремі компоненти, які розмішувалися так, щоб їх орієнтація в просторі тривимірної моделі відповідала місцю розташування у самому валі (рис. 6). У розрахунку враховувалася дія поля навантажувальних сил і крутного моменту (рис. 7).



Рис. 6. Створена 3D модель валу / 3D model of the shaft created



Рис. 7. Прикладені навантаження до 3D модель валу / Load applied to the 3D model of the shaft

На рис. 8 наведено результати моделювання напруження валу діаметром 16 мм і завдовжки 500 мм (матеріал – сталь 45, $\sigma_T=360$ МПа) під дією поперечного навантаження 1000 Н і різної товщини відрізків валу, в яких вони розподіляються. Якщо вал повністю (по усьому перерізу) стискається тангенціальною силою, то напруження буде максимальним. При зменшенні діаметрів валу жорсткість валу зменшується, а напруження зростають.

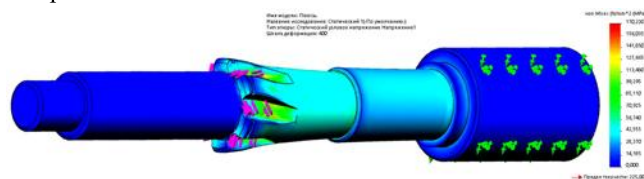


Рис. 8. Епюра напружень, що діють на вал / Stress profile of the shaft

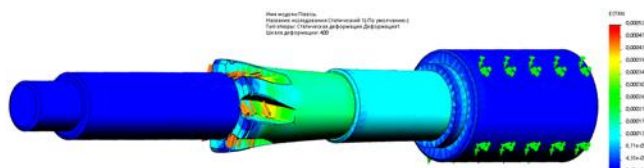


Рис. 9. Епюра деформацій, що діють на вал / Deformation profile of the shaft

Результати розрахунку (рис. 9) показують, що максимальна деформація валу спостерігається в його середній частині та становить $7,2 \cdot 10^{-5}$ м, що на порядок більше від загальної деформації валу. Найбільш заван-

таженим є місце закріплення муфти. Пояснюється це наявністю шліців і великим зусиллям – 1000 Н. Водночас, все ж залишається значний запас міцності.

Якщо врахувати, що в машини є дві ведучих півосі та маса 90 кг, то можна навантажити ще 110 кг, і запас міцності буде ще на 100 кг, що видно з епюри розподілу максимальних напружень, які в межах 170 МПа, а межа текучості найгіршої сталі Ст3 225 МПа.

Обговорення результатів дослідження. У роботах [3], [6], [8], [9], [16] показано, що переважною частиною наявних мобільних роботів управляє людина-оператор, від якої вимагається неперервне спостереження за платформою та оперативне керування її діями. Такий підхід до управління мобільним роботом має низку недоліків: потреба постійного каналу зв'язку між оператором і платформою; швидке стомлення оператора, що веде до збільшення імовірності помилкових дій; складність правильної оцінки зовнішнього середовища та здійснення адекватного управління.

Проведений аналіз робіт [9], [20], [27] показав, що невизначеність зовнішнього середовища, в якому рухається мобільний робот, містить систему технічного зору, набір інтелектуальних датчиків і нейромережіві засоби опрацювання даних, які повинні забезпечити автономне безпечне управління рухом робота.

З аналізу літератури [3], [5], [6], [7], [8], [9], [14], [26], [27] випливає, що основними шляхами покращення техніко-експлуатаційних характеристик мобільних роботів є часте використання сучасної елементної бази, розроблення нових методів, алгоритмів і апаратних структур, орієнтованих на ефективну реалізацію інтелектуальних алгоритмів опрацювання та розпізнавання зображень, моделювання навколишнього середовища, планування дій, прокладення раціональних маршрутів переміщення з використанням нечіткої логіки, нейроподібного криптографічного шифрування та дешифрування даних [1], [2], [8], [16], [19], [20].

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

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – отримала подальший розвиток модель підвищення надійності та зменшення металоміцності механічних складових малих мобільних роботів, яка ґрунтується на використанні діаграми Серенсена-Кінасошвілі.

Практична значущість результатів дослідження – розроблений алгоритм моделі підвищення надійності та зменшення металоміцності механічних складових малих мобільних роботів та отримано результати дослідження надійності і міцнісних характеристик валу мобільної робототехнічної платформи.

Висновки / Conclusions

Розроблено модель підвищення техніко-експлуатаційних показників електромеханічного приводу мобільних роботів шляхом вибору вхідних параметрів у поєднанні з відповідними методами та методиками проектування та математичного моделювання. За результатами виконаного дослідження можна зробити такі основні висновки.

1. З'ясовано, що використання мобільних роботів у найрізноманітніших сферах діяльності людей є актуальним завданням. Використовуючи відповідні розрахунки

на міцність під час проектування різних транспортних засобів, а саме – мобільних роботів, можна підвищити їх надійність, а також зменшити металомісткість таких зразків машин.

2. Проведено розрахунки на міцність для малого мобільного робота з електромеханічною трансмісією за пропонуваним алгоритмом. На підставі кінематичної схеми електротрансмісії розроблена твердотільна модель одного з її елементів (вала тягової зірки гусеничного рушія), для якого, на підставі схематизованої діаграми Серенсена-Кінасощвілі, був визначений запас міцності. Встановлено, що із застосуванням діаграми за Серенсеном-Кінасощвілі кількість повторних циклів розрахунків (ітерацій для отримання бажаних значень показників міцності), необхідних для забезпечення роботоздатності деталі, можна значно зменшити.

3. Розроблений алгоритм розрахунків на міцність малого мобільного робота було використано при створенні його експериментального зразка.

References

- [1] Aleksandrov, V., Vetlugin, R., & Makarenko, A. (2018). Vzgliady voennykh spetsialistov SShA na boevoe primeneniye nazemnykh robototekhnicheskikh kompleksov. Zarubezhnoye voennoye obozreniye, 6, 39–43. [In Russian].
- [2] Alves, R. M. F., & Lopes, C. R. (2016). Obstacle avoidance for mobile robots: A hybrid intelligent system based on fuzzy logic and artificial neural network. In Proc. of the 2016 IEEE Intern. Conf. on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE), Vancouver, BC, Canada, 24-29 July 2016, 1038–1043. <https://doi.org/10.1109/FUZZ-IEEE.2016.7737802>
- [3] Bodianskii, Ye. V., et al. (2016). Analiz ta obroblyennia potokiv danikh zasobami obchislivvalnogo intelektu. Monografiia. Lviv: Vid-vo Lviv. politekhniki. [In Ukrainian].
- [4] Buchynskiy, M. Y., Gorik, O. V., Cherniavskiy, A. M., & Yakhin, S. V. (2017). Fundamentals of machine creation. Kharkiv: Publishing house "NTMT". [In Ukrainian].
- [5] Chen, C. L. P., Yu, D., & Liu, L. (2019). Automatic leader-follower persistent formation control for autonomous surface vehicles. IEEE Access, 7, 12146–12155. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2886202>
- [6] Denysyuk, P., Teslyuk, V., & Chorna, I. (2018). Development of mobile robot using LIDAR technology based on Arduino controller, 2018 XIV-th International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), 240–244, <https://doi.org/10.1109/MEMSTECH.2018.8365742>
- [7] Dusan, Glavaski, Volf, Mario, & Bonkovic, Mirjana (2009). Robot motion planning using exact cell decomposition and potential field methods. Proceedings of the 9th WSEAS International conference on Simulation, modelling and optimization, World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS).
- [8] Ignatov, A. V., Bogomolov, S. N., & Fedianin, N. D. (2018). K voprosu o razvitiy boevykh nazemnykh robototekhnicheskikh kompleksov. Tekhnologiya proizvodstva sistem i kompleksov. Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki, 11, 353–358. [In Russian].
- [9] Kellman, M., Rivest, F., Pechacek, A., Sohn, L., & Lustig, M. (2017). Barker-Coded node-pore resistive pulse sensing with built-in coincidence correction. 2017 IEEE Intern. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), New Orleans, LA, 1053–1057. <https://doi.org/10.1109/ICASSP.2017.7952317>
- [10] Kirkach, B. M., Konokhov, V. I., & Pogorilov, S. Y. (2012). Calculations on fatigue resistance. Kharkiv: NTU "KPI".
- [11] Korets, M. S., Tarara, A. M., & Tregub, I. G. (2001). Fundamentals of mechanical engineering. Kyiv, 144.
- [12] Matviichuk, K. V., Teslyuk, V. M., & Zelinskyy, A. Ya. (2016). Programming Model of Control Subsystem for Mobile Robotic Technical System. *Scientific Bulletin of UNFU*, 26(5), 325–333. <https://doi.org/10.15421/40260551>
- [13] Matviichuk, K., Teslyuk, V., & Teslyuk, T. (2016). Vision system model for mobile robotic systems. Proceeding of the KhIIh International Conference "Perspective Technologies and Methods in MEMS Design", MEMSTECH2016, 20-24 April 2016, Polyana, Lviv, Ukraine, 104–106. <https://doi.org/10.1109/MEMSTECH.2016.7507529>
- [14] Medina-Santiago, A., Morales-Rosales, L. A., Hernández-Gracidas, C. A., Algreto-Badillo, I., Pano-Azucena, A. D., & Orozco Torres, J. A. (2021). Reactive Obstacle – Avoidance Systems for Wheeled Mobile Robots Based on Artificial Intelligence. *Applied Sciences*, 11(14), 6468. <https://doi.org/10.3390/app11146468>
- [15] Mischuk, D. (2013). Review and analysis of robot designs for construction works. *Mining, Construction, Road and Land Reclamation Machines*, (82), 28–37. <https://doi.org/10.26884/damu.a13827>
- [16] Palagin, A. V., & Iakovlev, Iu. S. (2017). Osobennosti proektirovaniia kompiuternykh sistem na kristalle PLIS. *Matematicheskie mashiny i sistemy*, 2, 3–14. [In Russian].
- [17] Pavlov, V. M., Kryzhanovskiy, A. S., Borozhenets, H. M. (2008). Machine details. Synopsis of lectures. Kyiv: NAU. [In Ukrainian].
- [18] Pavlyshche, V. T. (1993). Fundamentals of design and calculation of machine parts. Kyiv: High school. [In Ukrainian].
- [19] Pentagon Unmanned Systems Integrated Roadmap 2017-2042 (2018). USNI News. Retrieved from: <https://news.usni.org/2018/08/30/pentagon-unmanned-systems-integrated-roadmap-2017-2042>
- [20] Pilsu, Kim, Eunji, Jung, Sua, Bae, Kangsik, Kim & Taikyong, Song, (2016). Barker-sequence-modulated golay coded excitation technique for ultrasound imaging. 2016 IEEE International Ultrasonics Symposium (IUS), Tours, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ULTSYM.2016.7728737>
- [21] Pysarenko, H. S. (1993). Strength of Materials. Kyiv: H. S. Pysarenko, O. L. Kvitka, U. S. Umanskiy. Kyiv: High school. [In Ukrainian].
- [22] Stasenko, D. V., Ostrovka, D. V., & Teslyuk, V. M. (2021). Development of an autonomous control system for a mobile robotic system using artificial neural network models. *Scientific Bulletin of UNFU*, 31(6), 112–117. <https://doi.org/10.36930/40310617>
- [23] Tsmots, I. G., Teslyuk, V. M., & Vavruk, I. P. (2013). Hardware and software for controlling the movement of a mobile robotic system, in mater. 12th International Conference. The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics, CADSM2013, Lviv-Polyana, Ukraine, 368.
- [24] Tsmots, I. G., Teslyuk, V. M., Opotiak, Yu. V., Parcei, R. V., & Zinko, R. V. (2021). The basic architecture of mobile robotic platform with intelligent motion control system and data transmission protection. *Ukrainian Journal of Information Technology*, 3(2), 74–80. <https://doi.org/10.23939/ujit2021.02.074>
- [25] Tsmots, I., Teslyuk, V., & Vavruk, I. (2013). Hardware and software tools for motion control of mobile robotic system. 12th International Conference "The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics", CADSM 2013, 368 p.
- [26] Yang, L., Qi, J., Song, D., Xiao, J., Han, J., & Xia, Y. (2016). Survey of robot 3D path planning algorithms / *J Control Sci Eng*, 5 p. <https://doi.org/10.1155/2016/7426913>
- [27] Yusof, Y., Mansor, H. M. A. H., & Ahmad, A. (2016). Formulation of a lightweight hybrid ai algorithm towards self-learning autonomous systems. In Proc. of the 2016 IEEE Confer. on Systems, Process and Control (IC-SPC), Melaka, Malaysia, 16-18 December 2016, 142–147. <https://doi.org/10.1109/SPC.2016.7920719>

[28] Zinko, R. V. (2014). Morphological environment for the study of technical systems. Monograph. Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House. 386 p. [In Ukrainian].

[29] Zinko, R., Korendiy, V. (2018). Modelling the motion of the drive motor-wheel of an electric vehicle, XVII International Scientific and Technical Conference "Vibrations in Engineering and Technology", Lviv, Ukraine, 56–57.

R. V. Zinko, V. M. Teslyuk, I. Ya. Kazymyra, D. V. Ostrovka

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

A MODEL FOR IMPROVING THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF THE ELECTROMECHANICAL DRIVE OF A MOBILE ROBOT

Mobile robots are increasingly used in the most diverse spheres of human activities; accordingly, it is essential to ensure their reliable functioning, which in turn determines efficiency. Using appropriate calculations during design, it is possible to increase reliability and reduce the metal consumption of the machine samples being created. It is crucial that such calculations consider the loading modes in which the vehicle is used. The purpose of the presented work is to increase the technical and operational indicators of the electromechanical drive of mobile robots by selecting the input parameters in combination with the appropriate methods and techniques of design and mathematical modelling. In order to achieve the specified goal, the following main tasks of the research are defined: firstly, to improve the model of increasing reliability and reducing the metal consumption of mechanical components of mobile robots; and secondly, to calculate the mechanical components of mobile robots using the proposed model. Providing the necessary margin of strength with a simultaneous reduction in metal density is necessary for improving the electromechanical drive of a mobile robot and improving its characteristics in general. The paper presents a model and developed an algorithm for increasing the reliability and reducing the metal consumption of mechanical components of mobile robots. The method includes geometric, kinematic, dynamic, energy, technical and economic indicators calculations, as well as strength and stiffness calculations. The calculations were performed for a small mobile robot with an electromechanical transmission, and the results of a study of the reliability and strength characteristics of the shaft of the mobile robotics platform were presented. The case of turning a mobile robot with the realization of the maximum torque, which is transmitted to one of the tracks, is considered. Based on the kinematic scheme of the electric transmission, a solid-state model of one of its elements (the traction star shaft of the crawler motor) was developed, for which, based on the schematized Serensen-Kinasoshvili diagram, the margin of safety was determined. The proposed model has been examined and successfully used to construct the experimental samples of mobile robots.

Keywords: automated mechanical transmission; parameter estimation; shift gear; mobile robot; electromechanical drive.

Інформація про авторів:

Зінько Роман Володимирович, д-р техн. наук, доцент, кафедра автомобілебудування.

Email: roman.v.zinko@lpnu.ua; <https://orcid.org/0000-0002-3275-8188>

Теслюк Василь Миколайович, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри автоматизованих систем управління.

Email: vasyi.m.teslyuk@lpnu.ua; <https://orcid.org/0000-0002-5974-9310>

Казимира Ірина Ярославівна, канд. техн. наук, доцент, кафедра автоматизованих систем управління.

Email: iryna.y.kazymyra@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-1597-5647>

Островка Дмитро Васильович, аспірант, кафедра автоматизованих систем управління.

Email: ostrovedi@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-4818-3822>

Цитування за ДСТУ: Зінько Р. В., Теслюк В. М., Казимира І. Я., Островка Д. В. Модель покращення міцнісних характеристик електромеханічного приводу мобільного робота. *Український журнал інформаційних технологій*. 2022, т. 4, № 2. С. 80–85.

Citation APA: Zinko, R. V., Teslyuk, V. M., Kazymyra, I. Ya., & Ostrovka, D. V. (2022). A model for improving the strength characteristics of the electromechanical drive of a mobile robot. *Ukrainian Journal of Information Technology*, 4(2), 80–85.

<https://doi.org/10.23939/ujit2022.02.080>