

Олександр Литвин, Сергій Паньков

## РОБОТИЗОВАНІ МАНІПУЛЯТОРИ ОСОБЛИВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

**Актуальність теми дослідження.** Дослідження дистанційно керованих маніпуляційних роботів особливого призначення є досить актуальним на сьогодні, оскільки вони використовуються для виконання робіт у недоступних або небезпечних для здоров'я людини умовах.

**Постановка проблеми.** Вивченню та дослідженню роботизованих маніпуляторів особливого призначення приділено недостатньої уваги. Тому дослідження роботизованих пристроїв особливого призначення дозволить вдосконалити системи з урахуванням їхніх особливостей, що забезпечить більш швидке їх пристосування до виконання робіт у недоступних або небезпечних для здоров'я людини умовах.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проведений аналіз показав, що науковцями широко досліджуються промислові роботи, водночас вивченню сервісної робототехніки приділено меншої уваги.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Одним з основних недоліків наявних класифікацій є те, що не відокремлюється в окремий підклас робототехніка спеціального призначення, що уможливує розгляду систем за подібними характеристиками, екстремальним середовищем та умов їх використання.

**Постановка завдання.** Основним завданням на початку розробки нових прототипів роботизованих механізмів є конкретизація параметрів майбутнього робота, відповідно, до сфери та умов його застосування. В цьому безсумнівно допомогу надає їх класифікація.

**Виклад основного матеріалу.** Представлення класифікації робототехніки спеціального призначення, де основними параметрами є функція робіт, сфера, умови та середовище застосування, а також спеціальні характеристики маніпулятора дозволить вирішити проблему відсутності єдиного термінологічного апарату, в тому числі забезпечить їх поділ на категорії для подальшої диференціації.

**Висновки відповідно до статті.** За результатами проведеного аналізу, буде поставлена концепція по вдосконаленню існуючих чи створенню нових прототипів роботизованих механізмів. Аналіз та диференціація спільних ознак буде в подальшому використана для створення методики синтезу конструктивних елементів роботизованих маніпуляторів особливого призначення.

**Ключові слова:** класифікація; робототехніка; робот-маніпулятор; сервісна робототехніка; екстремальна робототехніка; військова робототехніка.

Рис.: 12. Бібл.: 12.

**Актуальність теми дослідження.** Протягом останнього десятиліття спостерігається швидкий темп науково-технічного прогресу, що стимулює розвиток усіх сфер життєдіяльності людини. Так, однією з найбільш перспективних сфер є робототехніка – сучасний каталізатор соціально-індустріального розвитку суспільства. Нині дедалі складніше знайти сферу, яка б не зазнала роботизації. Це, насамперед, пов'язано з розвитком технологій, автоматизацією та оптимізацією процесів діяльності людини.

Бурхливий розвиток робототехніки в останні роки дав початок великій кількості нових роботизованих пристроїв, які застосовуються в різних сферах. Дослідження дистанційно керованих маніпуляційних роботів особливого призначення є досить актуальним на сьогодні, оскільки вони використовуються для виконання робіт у недоступних або небезпечних умовах для здоров'я людини. Саме від таких важливих характеристик робота-маніпулятора, як швидкодія, маневреність, точність позиціонування, можливість роботи в обмежених просторах залежить життя людей.

**Постановка проблеми.** На сьогодні широко досліджуються промислові роботи, які призначені для виконання рухових та керуючих функцій у виробничому процесі. Промислові роботи застосовуються, зазвичай, у межах типових проектів промислового виробництва. Вивченню та дослідженню роботизованих маніпуляторів особливого призначення приділено менше уваги. Тому дослідження роботизованих пристроїв особливого призначення дозволить вдосконалити системи з урахуванням їхніх особливостей, що забезпечить більш швидке їх пристосування до виконання робіт у недоступних або небезпечних для здоров'я людини умовах.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У роботах [1; 2] авторами обговорено історію, еволюцію розвитку й новітні технології медичної робототехніки, також представлена її класифікація. У статті [3] представлено огляд робототехніки, яка розроблена для застосування в екстремальних середовищах та умовах. Огляд останніх досягнень у

галузі військової робототехніки та їх класифікація наведені в роботах [4; 5]. У роботі [6] наведено огляд технічних досягнень космічних робототехнічних систем та орбітальних роботів. Наочно представлена космічна робототехніка та їх математичні моделі. У статті [7] розглянуто історію розвитку підводної робототехніки, прогрес підводних навігаційних роботів та методів зондування.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Одним з основних недоліків наявних класифікацій є те, що не відокремлюється в окремий підклас робототехніки спеціального призначення, що унеможливує розгляд систем за подібними характеристиками, екстремальним середовищем та умовами їх використання. Також відсутній єдиний термінологічний апарат у робототехніці спеціального призначення, оскільки їх вивчають поодиноко за сферою використання або в комплексі як промислову або сервісну робототехніку.

**Постановка завдання.** Основним завданням на початку розробки нових прототипів роботизованих механізмів є конкретизація параметрів майбутнього робота, відповідно, до сфери та умов його застосування. У цьому безсумнівну допомогу надає їх класифікація. Представлення класифікації робототехніки спеціального призначення, де основними параметрами є функція роботів, сфера, умови та середовище застосування, а також спеціальні характеристики маніпулятора, дозволить вирішити проблему відсутності єдиного термінологічного апарату, у тому числі забезпечить їх поділ на категорії для подальшої диференціації.

**Виклад основного матеріалу.** Протягом останніх років спостерігається стрімкий розвиток робототехніки, який дав початок великій кількості нових роботизованих пристроїв, яким знайшли застосування в різних сферах (машинобудування, будівництва, побуту, логістична, авіаційна, космічна, медична, військова, екстремальна тощо).

Одним із початкових етапів у складанні класифікації є конкретизація основних термінів (робот, робототехніка), оскільки нині немає основного загальноприйнятого визначення. Основною причиною цього, слугує те, що розуміння робототехніки змінюється в міру розвитку технологій, обростаючи все новим сенсом.

Так, одним із компромісним визначенням терміна «робот» можна вважати його трактування Міжнародної федерації робототехніки (International Federation of Robotics, далі - IFR): «Робот – це робочий механізм, програмований по декількох осях із деяким ступенем автономності (варіюється від часткової автономії – включаючи взаємодію «людина-оператор – робот», до повної автономії – без активного втручання людини) та здатний пересуватися в межах певного середовища, виконуючи поставлені завдання» [8].

У цьому визначенні враховуються особливості роботів, що відрізняють їх від інших механічних пристроїв, – автономність і самостійне виконання поставленого завдання. Робот здатний самостійно рухатися в середовищі й адаптуватися під поставлені завдання.

Проаналізувавши різні підходи, запропонуємо власне трактування цієї термінології: робототехніка – напрям науки та техніки, який пов'язаний із розробкою і експлуатацією автоматизованих технічних систем (роботів). Основним об'єктом вивчення є робот – автоматичний пристрій, що призначений для виконання спеціалізованих операцій та відтворення рухових та інтелектуальних функцій людини.

Традиційний підхід IFR поділяє робототехніку на два класи: промислова робототехніка (використовується з метою промислової автоматизації) та сервісна (використовується для виконання необхідної для людини (обладнання) роботи). Оскільки об'єктом нашого дослідження є робототехніка спеціального призначення, яка відноситься безпосередньо до сервісної робототехніки, то детальніше зупинимось на класифікації саме неї.

Можна використовувати декілька підходів до класифікації роботів (за класом, сферою та середовищем використання, видом, призначенням, способом пересування тощо). Перші відмінності можна зробити на основі механічної будови роботів. Їх можна поділи-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

ти на нерухомих роботів, тобто маніпуляторів, мобільних та комбінованих. Останні два класи використовують для пересування рухоме шасі з автоматично керованими приводами. За способом пересування їх розрізняють: колісні, крокуючі, гусеничні, летючі, повзучі та плавучі. За видом поділяють на автоматичні, біотехнічні, інтерактивні.

За робочим середовищем поділяють на виробничу та вдосконалену. Виробнича робототехніка розташована в структурованому середовищі, геометричні чи фізичні характеристики якого здебільшого відомі, вдосконалена – розташована в неструктурованому середовищі, характеристики якого невідомі. Вона, у свою чергу, поділяється на природну (середовище не є безпечним) та службову (застосовується для покращення якості життя). Детальніша класифікація представлена на рис. 1.

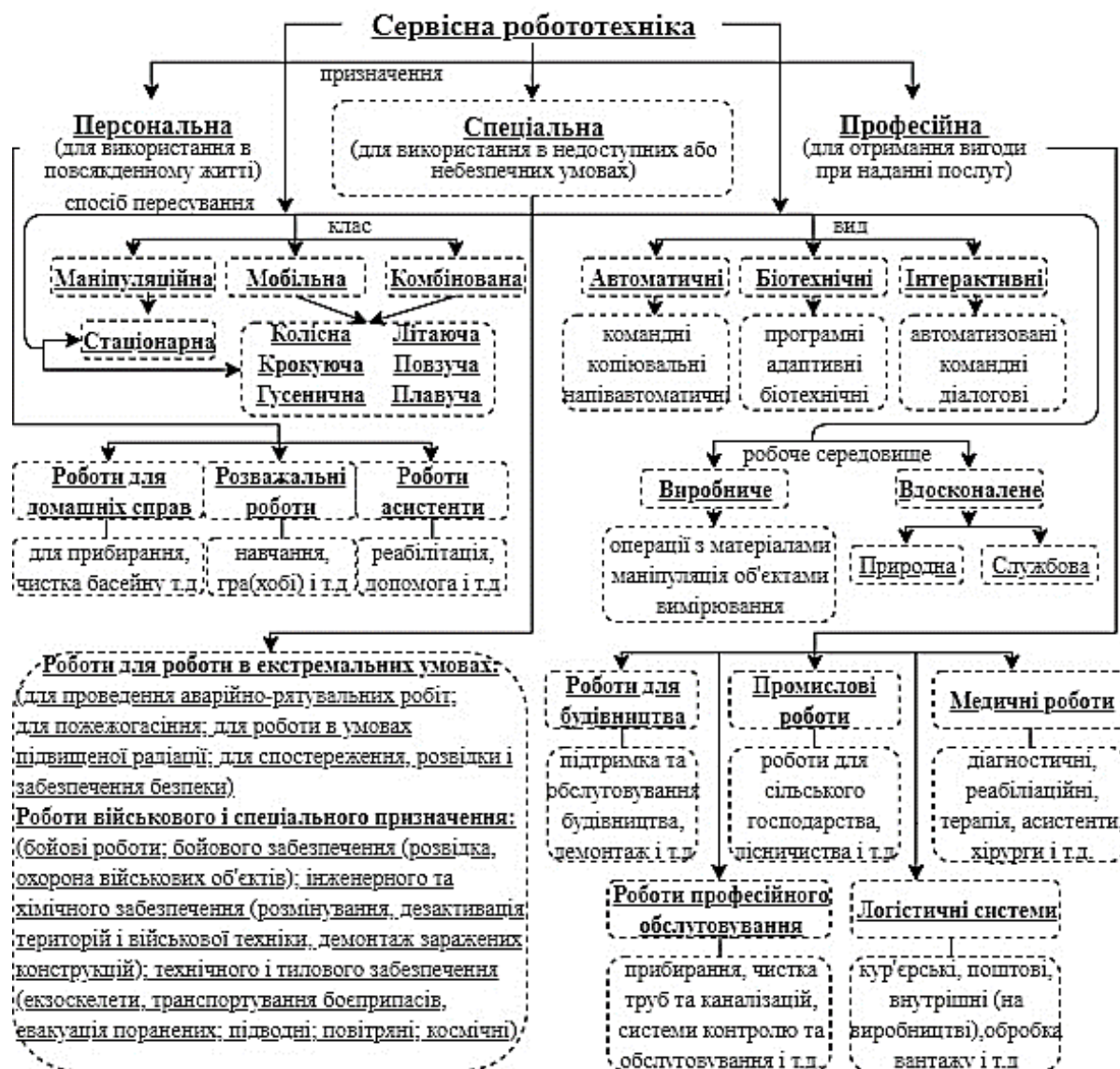


Рис. 1. Класифікація сервісної робототехніки

Більш детально представимо спеціальні роботизовані маніпулятори, які призначені для виконання своїх функцій у небезпечних умовах та середовищах.

Умовно їх поділимо за специфікою роботи на такі групи:

1. Роботизовані маніпулятори для використання під час проведення операцій у зоні дії рентгенівського випромінювання (при комп'ютерній томографії, ангіографії і т. ін.) (рис. 2) та/або які потребують високоточних маніпуляцій із наймовірною точністю (рис. 3).



*Рис. 2. Роботизована система для внутрішньошкірного коронарного втручання «CorPath GRX»*



*Рис. 3. Роботизована хірургічна система-маніпулятор «Da Vinci»*

2. Роботизовані маніпулятори для використання під час пошуку мін та розмінування (рис. 4-5), підводно-технічних операцій на великих глибинах (рис. 6) та у космосі (рис. 7).



*Рис. 4. Робот для пошуку мін та розмінування «Talon GEN IV»*



*Рис. 5. Робот для пошуку мін та розмінування «Caliber MK3»*



*Рис. 6. Робот для підводно-технічних операцій «Ageotec Sirio»*



*Рис. 7. Гнучкий маніпулятор спеціального призначення «Dextre»*

3. При роботі з радіоактивними речовинами великої активності, у тому числі й операцій з обслуговування та ремонту атомних енергетичних установок застосовують автоматизоване роботизоване устаткування із системою дистанційного керування (рис. 8-9).



Рис. 8. Робот-наук для видалення та сортування радіоактивних матеріалів «Latro»



Рис. 9. Робот спеціального призначення для роботи на атомних станціях «МНІ-МЕІSTeR»

4. Роботизовані комплекси пожежогасіння використовуються для гасіння пожеж у небезпечних для життя умовах та важкодоступних районах (рис. 10-11).



Рис. 10. Багатофункціональний пожежний робот «MVF-5»



Рис. 11. Пожежний робот «COLOSSUS»

У разі виникнення техногенних аварій у зонах підвищеного ризику, зумовлених наявністю радіації, хімічної або біологічної зараженості місцевості, необхідно максимально скоротити безпосереднє знаходження людей у небезпечних зонах, виключивши при цьому можливість їх ураження. Для цього використовують роботизовані маніпулятори.

Саме екстремальні середовища, з їх недетермінованими умовами роботи та різноманітністю операцій, зумовлюють проведення інтенсивних дій зі створення і вдосконалення маніпуляційних пристроїв, керованих людиною-оператором. Це пояснюється тим, що в подібних середовищах здебільшого виконуються складні нетипові операції дослідного, монтажно-складального або ремонтного характеру. Використання сучасних засобів автоматичного управління маніпуляційними механізмами, в умовах підвищеного ризику, вимагає стійких характеристик апаратури спостереження, аналізу ситуації, прийняття рішення і формування керуючих впливів.

На цьому етапі розвитку сервісної робототехніки на ринку представлена велика кількість їх різновидів. Швидкий розвиток та поширення сфер застосування викликає великий інтерес, що породжує попит на цей клас робототехніки.

Так, за даними IFR, темп зростання професійної сервісної робототехніки в 2017 році збільшився на 85 %, що кратно перевищило темпи зростання промислової робототехніки (31 %) і світового ВВП (3,7 %). Таким чином, за результатами 2017 року в усьому світі було продано 109 500 сервісних роботів. За оцінками експертів, у 2018 році було продано на 50 % роботів більше, ніж у 2017 році. У результаті обсяг

ринку до 2018 року вже досяг 8,7 млрд дол. За прогнозами експертів, з 2019 по 2021 рр. продажу професійних сервісних роботів щорічно будуть збільшуватися в середньому на 21 % (рис. 12) [10].

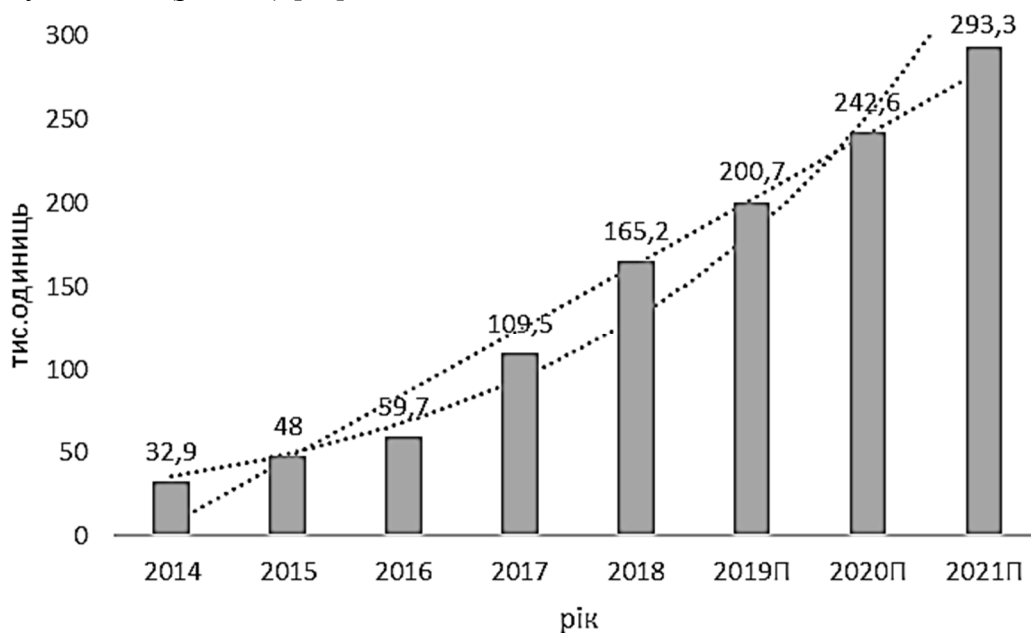


Рис. 12. Динаміка продажу професійної сервісної робототехніки в 2014–2017 рр. та прогноз (П) на 2019–2021 рр.

**Висновки відповідно до статті.** Представлений аналіз роботизованих маніпуляторів спеціального призначення та класифікація сервісної робототехніки дозволять узагальнити сучасні уявлення про можливості та сфери їх застосування в наші дні. З проведеного аналізу можемо спостерігати як робототехніка проникла й успішно використовується в різних сферах життєдіяльності людини. При всьому цьому, робототехніка все ще залишається дуже перспективною та швидкорозвиваючою наукою.

За результатами проведеного аналізу та згідно з розробленою класифікацією буде поставлена концепція щодо вдосконалення наявних чи створення нових прототипів роботизованих механізмів. Аналіз та диференціація спільних ознак буде в подальшому використана для створення методики синтезу конструктивних елементів роботизованих маніпуляторів особливого призначення або оптимізації існуючих [11] на основі нових технологій із використанням машинного навчання [12].

#### Список використаних джерел

1. Kasina H., Bahubalendruni M. R., & Botcha R. Robots in medicine: past, present and future. *International Journal of Manufacturing, Materials, and Mechanical Engineering (IJMME)*. 2017. Vol. 7(4). P. 44-64. DOI: 10.4018/IJMME.2017100104.
2. Краевский С. В., Рогаткин Д. А. Медицинская робототехника: первые шаги медицинских роботов. *Технологии живых систем*. 2010. Т. 7, № 4. С. 3-14.
3. Wong C., Yang E., Yan X., & Gu D. Autonomous robots for harsh environments: a holistic overview of current solutions and ongoing challenges. *Syst. Sci. Control Eng.* 2018. Vol. 6. P. 213–219. DOI: 10.1080/21642583.2018.1477634.
4. Sapaty P. Military robotics: latest trends and spatial grasp solutions. *International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence*. 2015. Vol. 4(4). P. 9-18. DOI: 10.14569/IJARAI.2015.040402.
5. Кучеров Д. П., Копилова З. М., Мякухін Ю. В. Перспективи розвитку роботизованих систем військового призначення. *Системи озброєння і військова техніка*. 2007. № 1. С. 44-46.
6. Yoshida K., Wilcox B., Hirzinger G., & Lampariello R. Space Robotics. *Springer Handbook of Robotics*. 2016. P. 1423–1462. DOI: 10.1007/978-3-319-32552-1\_55.

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

7. Chutia S., Kakoty N. M., & Deka D. A Review of Underwater Robotics, Navigation, Sensing Techniques and Applications. *Proceedings of the Advances in Robotics on – AIR '17*. 2017. DOI: 10.1145/3132446.3134872.

8. Service Robots. *International Federation of Robotics*. URL: <https://www.ifr.org/service-robots>.

9. *World Robotics 2017*. *International Federation of Robotics*. URL: [https://ifr.org/downloads/press/WR\\_Industrial\\_Robots\\_2017\\_Chapter\\_1.pdf](https://ifr.org/downloads/press/WR_Industrial_Robots_2017_Chapter_1.pdf).

10. World Robotics. *International Federation of Robotics*. URL: <https://ifr.org/worldrobotics>.

11. Литвин О. В., Ящук І. Р., Паньков С. Б. Аналіз передумов застосування нейронних мереж при синтезі конструкцій в машинобудуванні. *Наукові нотатки*. 2018. № 64. С. 92-98.

12. Ящук І. Р., Паньков С. Б. Оптимизация процесса синтеза новых технических решений в машиностроении. *Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: материалы XIX Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 25–26 апреля 2019 г. Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. С. 65-68.*

### References

1. Kasina, H., Bahubalendruni, M. R., & Botcha, R. (2017). Robots in medicine: past, present and future. *International Journal of Manufacturing, Materials, and Mechanical Engineering (IJMMME)*, 7(4), 44-64. DOI: 10.4018/IJMMME.2017100104.

2. Kraevskij, S. V., & Rogatkin, D. A. (2010). Mediczinskaya robototekhnika: pervy`e shagi mediczinskikh robotov [Medical robotics: the first steps of medical robots]. *Tekhnologii zhivy`kh system - Journal Technologies of Living Systems*, 7(4), 3-14 [in Russian].

3. Wong, C., Yang, E., Yan, X., & Gu, D. (2018). Autonomous robots for harsh environments: a holistic overview of current solutions and ongoing challenges. *Syst. Sci. Control Eng.* 6, 213–219. DOI: 10.1080/21642583.2018.1477634.

4. Sapaty, P. (2015). Military robotics: latest trends and spatial grasp solutions. *International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence*, 4(4), 9-18. doi:10.14569/IJARAI.2015.040402.

5. Kucherov, D. P., Kopylova, Z. M., & Miakukhin, Yu. V. (2007). Perspektyvy rozvytku robotyzovanykh system viiskovoho pryznachennia [Prospects of development of military robotic systems]. *Systemy ozbroiennia i viiskova tekhnika - Systems of Arms and Military Equipment*, (1), 44-46 [in Ukrainian].

6. Yoshida, K., Wilcox, B., Hirzinger, G., & Lampariello, R. (2016). Space Robotics. *Springer Handbook of Robotics*, 1423–1462. DOI: 10.1007/978-3-319-32552-1\_55.

7. Chutia, S., Kakoty, N. M., & Deka, D. (2017). A Review of Underwater Robotics, Navigation, Sensing Techniques and Applications. *Proceedings of the Advances in Robotics on – AIR '17*. DOI: 10.1145/3132446.3134872.

8. International Federation of Robotics (2015). *Service Robots*. Retrieved from <https://www.ifr.org/service-robots/>.

9. International Federation of Robotics (2017). *World Robotics 2017*. Retrieved from [https://ifr.org/downloads/press/WR\\_Industrial\\_Robots\\_2017\\_Chapter\\_1.pdf](https://ifr.org/downloads/press/WR_Industrial_Robots_2017_Chapter_1.pdf).

10. International Federation of Robotics (2018). *World Robotics 2018*. Retrieved from <https://ifr.org/worldrobotics/>.

11. Lytvyn, O. V., Yashchuk, I. R., & Pankov, S. B. (2018). Analiz peredumov zastosuvannia neuronnykh merezh pry syntezi konstruktssii v mashynobuduvanni [Analysis of the background of the application of neural networks in the design synthesis in mechanical engineering]. *Naukovi notatky – Scientific notes*, (64), 92-98 [in Ukrainian].

12. Yashchuk, I. R., Pankov, S. B. (2019). Optimizatsiia protsessa sinteza novykh tekhnicheskikh reshenii v mashinostroeni [Optimization of the synthesis of new technical solutions in mechanical engineering]. Proceeding from *Issledovaniia i razrabotki v oblasti mashinostroeniia energetiki i upravleniia: materialy XIX Mezhdunar nauch.-tekhn. konf. studentov aspirantov i molodykh uchenykh – Research and development in the field of engineering, energy and management: materials of the XIX Intern. scientific and technical conf. students, graduate students and young scientists* (Gomel, April 25–26) (pp. 65-68). Gomel: GSTU named after P. O. Sukhoi [in Russian].

UDC 621.865.8 (045)

Oleksandr Litvin, Serhii Pankov

**ROBOTIC MANIPULATORS SPECIAL PURPOSE**

**Urgency of the research.** Research on robotic manipulators with remote control is especially important today because they are used to perform work in difficult or dangerous conditions for human health.

**Target setting.** The study and research of robotic manipulators for special purposes are given less attention. Therefore, the study of robotic special-purpose devices will allow them to improve the systems taking into account their features, which will allow them to adapt more quickly to the performance of work in inaccessible or dangerous conditions for human health.

**Actual scientific researches and issues analysis.** The analysis showed that scientists are widely researching industrial robots, at the same time, less attention is paid to the study of service robotics.

**Uninvestigated parts of general matters defining.** One of the main disadvantages of the existing classifications is that it is not separated into a separate subclass of special purpose robotics, which makes it impossible to consider systems by similar characteristics, extreme environment, and conditions of their use.

**The research objective.** The main task at the beginning of the development of new prototypes of robotic mechanisms is to specify the parameters of the future robot, according to the scope and conditions of its application. This is clearly helped by their classification.

**The statement of basic materials.** The introduction of the classification of special-purpose robotics, where the main parameters are the function of the robots, the area, conditions and environment of application, as well as the special characteristics of the manipulator, will solve the problem of the lack of a single terminological apparatus, including ensuring their division into categories for further differentiation.

**Conclusions.** Based on the results of the analysis, a concept will be put forward to improve existing or create new prototypes of robotic mechanisms. Analysis and differentiation of joint features will be further used to create methods for the synthesis of structural elements of robotic manipulators for special purposes.

**Keywords:** classification; robotics; robot manipulator; service robotics; extreme robotics; military robotics.

Fig.:12. References: 12.

**Литвин Олександр Валеріанович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри конструювання верстатів і машин, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна).

**Litvin Oleksandr** – PhD in Technical science, Associate Professor, Associate Professor of Department of Design of Machine Tools and Machines, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» (37 Peremohy Av., 03056 Kyiv, Ukraine).

**E-mail:** litvinkpi@gmail.com

**SCOPUS Author ID:** 57210737943.

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0137-9177>

**Паньков Сергій Борисович** – аспірант кафедри конструювання верстатів і машин, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна).

**Pankov Serhii** – PhD Student of Department of Design of Machine Tools and Machines, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» (37 Peremohy Av., 03056 Kyiv, Ukraine).