

УДК 621.865:004.896

О. В. Збруцький, Ю. М. Савенко, Д. С. Мішкін

МОБІЛЬНІ РОБОТИ: МОЖЛИВОСТІ, ПЕРСПЕКТИВИ, ПРОБЛЕМИ

Вступ

Роботизація виробничо-технологічних процесів в усіх галузях діяльності людини є провідною і тривалою тенденцією розвитку сучасного суспільства. Чимале розповсюдження здобули промислові роботи, які стали головною технологічною базою машинобудівної, приладобудівної та електронної галузей світової промисловості.

Створення досконалих промислових роботів здійснюється на основі науково-теоретичних досліджень, що проводять вчені багатьох наукових колективів, одним з яких є НТУУ «КПІ». За останні десятиріччя сформувався новий напрям робототехніки – автономні мобільні роботи з бортовою ЕОМ.

Проте розробка цих надзвичайно складних робототехнічних засобів стримується відсутністю відкритої комплексної науково-теоретичної бази для розрахунків і конструювання автономних мобільних комплексів з урахуванням новітніх досягнень в галузях навігаційних систем, систем технічного зору, систем аналізу оточуючих обставин і прийняття рішень без участі оператора.

Зібрана в даній статті узагальнена інформація по мобільним роботам (МР) має допомогти вітчизняним фахівцям визначити сферу застосування набутого досвіду в загальній справі створення українських мобільних робототехнічних комплексів.

Створення мобільних роботів – об'єктивна необхідність сьогодення

Необхідність широкого впровадження мобільних роботів обумовлена підвищенням продуктивності праці та зменшенням небезпеки для життя людини, що зумовлено зростанням кількості та масштабів техногенних катастроф, неминучих в умовах індустріалізації економіки; збільшенням кількості природних катаклізмів й екологічних лих, що викликані глобальним потеплінням та індустріалізацією; зміною характеру сучасних військових дій, в яких стрімко зростає роль робототехнічних засобів; збільшенням масштабів і різновидів тероризму; зростанням обсягів виготовлення та транспортування наркотиків, радіоактивних та інших небезпечних речовин.

Існує низка екстремальних становищ, де єдиними засобами, здатними захистити людину, є мобільні роботи. Тому для багатьох галузей промисловості та державних структур використання МР це єдиний спосіб виключення або зменшення ризику для життя та здоров'я людини. Гостра потреба України в МР зумовлена необхідністю оснащення війська новими зразками інтелектуального точного озброєння, вирішення ряду проблем ЧАЕС, включаючи зону відчуження, та інших атомних електростанцій, а також необхідністю знешкодження мін, інших вибухонебезпечних пристроїв, утилізації великої кількості боєприпасів, ракетного палива, радіоактивних та отруйних речовин.

Активна участь в створенні вітчизняних МР є почесним обов'язком українських фахівців.

Функціональні можливості мобільних роботів

Сфера використання МР в сучасному суспільстві величезна і постійно розширюється.

Нижче наведено перелік функцій і технологічних процесів, які можуть успішно виконуватись мобільними роботами в діяльності силових структур:

1. Відомства надзвичайних ситуацій та екологічної безпеки
 - 1.1. Дослідження небезпечних зон та об'єктів:
 - взяття різних проб, проведення радіаційного, хімічного та інших видів моніторингу в агресивних середовищах;
 - обстеження зруйнованих об'єктів, кількісна оцінка пошкоджень будівель та обладнання.
 - 1.2. Ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій:
 - гасіння пожеж в умовах високих температур;
 - відключення обладнання в умовах радіації та агресивних середовищ;
 - розрізання трубопроводів, металоконструкцій, фідерів тощо;
 - дегазація, дезінфекція, дезактивація приміщень та обладнання.
 - 1.3. Участь у рятувальних роботах:
 - розбирання завалів, розчистка проходів;
 - доставка продуктів життєзабезпечення;
 - відкривання дверей, вікон та люків;
 - евакуація потерпілих.
 - 1.4. Спеціальні роботи в умовах іонізуючого випромінювання:
 - виявлення джерел та усунення причин радіоактивності;
 - послаблення рівнів радіації;
 - дезактивація критичних зон.
 - 1.5. Знешкодження боєприпасів (БП):

- розкриття пошкоджених упаковок та вилучення БП;
- виявлення БП та їх транспортування до пунктів знешкодження;
- ліквідація нетранспортабельних БП.

2. Відомства поліції:

2.1. Виявлення та ліквідація джерел небезпеки та контрабанди:

- обстеження транспортних засобів, приміщень та обладнання;
- рентгенівське просвічування вантажів та контейнерів.

2.2. Антитерористичні заходи та операції:

- ідентифікація, вилучення та знешкодження вибухових пристроїв, вибухонебезпечних предметів;
- транспортування вказаних об'єктів в безпечне місце або завантаження в спеціальні контейнери;
- підрив вибухонебезпечних об'єктів без участі людини;
- прослуховування радіотелефонних каналів;
- охорона об'єктів та патрулювання територій.

2.3. Пожежогасіння:

- виявлення джерел запалення та задимлення;
- транспортування та позиціонування пожежних насадок та інших засобів пожежогасіння.

3. Відомства збройних сил і оборони

3.1. Розвідувальні операції:

- розвідка наземних цілей та ціле вказування;
- розвідка місцевості, маршрутів та нанесення їх на карту;
- коректування артилерійської стрільби;
- радіорозвідка і пеленгація радіостанцій;
- спеціальна (газова, хімічна, радіоактивна) розвідка.

3.2. Зв'язок:

- ретрансляція та радіоперехоплення;
- прокладка і руйнування ліній зв'язку;
- постановка радіо завад;
- виконання функцій радіомаяка.

3.3. Бойове забезпечення:

- вогнева підтримка та прикриття атакуючих;
- знищення авто та бронетехніки, радіостанцій, командних пунктів;
- доставка боєприпасів, евакуація поранених.

3.4. Інженерне забезпечення:

- прокладання проходів в мінних полях;
- виявлення та знешкодження мін та інших вибухових пристроїв;
- гасіння техніки, що горить;
- мінування об'єктів та ділянок місцевості.

3.5. Диверсійні операції:

- доставка, встановлення та дистанційне приведення в дію вибухових пристроїв;
- руйнування комунікацій (трубопроводів, електромереж, підстанцій, залізниць, мостів).

Мобільний робот – продукт високих технологій

Сучасний МР, який здатний виконувати перелічені функції – це складний комплекс, де поєднані новітні досягнення багатьох галузей науки і техніки. Проектування та виробництво мобільних роботів пов'язане із застосуванням високих і критичних технологій таких науково-технічних напрямків, як компактні та енергоємні джерела й перетворювачі енергії; високонадійні транспортні засоби високої прохідності; високоточні супутникові та інерційні навігаційні системи; багатоланкові технологічні маніпулятори з прецизійними програмно-виконавчими приводами високої питомої потужності; заводостійкі багатоканальні командно-телеметричні системи радіо- та волоконного зв'язку, системи технічного зору; багаторівневі адаптаційні системи дистанційного керування роботами та спеціальне програмне забезпечення їх систем.

Зарубіжні мобільні роботи

Сучасні мобільні роботи мають значний експортний потенціал, здатний компенсувати витрати на їх створення та одержати прибуток від зарубіжних поставок. Тому в багатьох розвинених країнах фірми, що володіють переліченими вище технологіями, прагнуть створити зразки конкурентоздатних мобільних роботів різного призначення. Найбільш досконалими в своїх класах можна вважати такі моделі:

- SWORDSiMAARS фірми FosterMiller (США) –призначені для розвідки, знищення живої сили і техніки, виявлення та знешкодження вибухових пристроїв;
- AndrosMarks фірми Remotec (США) і CENTATURE 2В фірми LaCalhene (Франція) – призначені для розвідувально-технологічних операцій на промислових та ядерних об'єктах, впливу на елементи пультів керування (кнопки, тумблери, регулятори) і трубопроводів (клапани, вентилі тощо);
- Pioneer фірми RedsonRobotics (США) –призначений для радіаційної й фізичної розвідки, картографування небезпечної зони, взяття проб ґрунту, бетону;
- TEODor фірми Telerob Gesellschaft fur Fernhantierungstechnik mbH (Німеччина) –призначений для виявлення та знешкодження вибухових

- пристроїв, ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, антитерористичних операцій;
- РТС-РР інституту ГНУ ЦНИИ РТК (Росія) –призначений для ліквідації наслідків аварій техногенного характеру в умовах підвищеного радіаційного фону;
 - MULE фірми LockheedMartin(США) –багатофункціональний важкий військовий робот.

Проектують та виготовляють МР також в Японії, Канаді, Ізраїлі, Великобританії, Польщі, Китаї.

Українські мобільні роботи

В Україні протягом останніх п'ятнадцяти років також створено кілька типів мобільних технологічних агрегатів, призначених для виконання різноманітних операцій на ЧАЕС та в сховищах радіоактивних відходів. Науковцями та інженерами МНДІ ПМ «Ритм» Національного технічного університету «КПІ» розроблено такі мобільні дистанційно-керовані комплекси, як робототехнічний комплекс «РТК-300» для гідроабразивного різання труб та металоконструкцій; радіокерований робот-маніпулятор «МП-711М» для робіт з радіоактивними відходами; робототехнічний комплекс «РТК-100Р» для відбору проб радіоактивного пилу, аерозолів і відео-розвідки на ЧАЕС; розвідувально-технологічний комплекс «РТК-100М» для обстеження приміщень та обладнання в об'єкті «Укриття» ЧАЕС; трубно-свердловинний робот-маніпулятор для відео-обстеження та фізичного моніторингу приміщень об'єкта «Укриття».

Екземпляри двох останніх роботів знаходяться у виставковому залі технопарку НТУУ «КПІ». Загальна особливість перелічених агрегатів полягає у їх високій радіаційній стійкості. Вони зберігають працездатність при потужності експозиційної дози іонізуючого випромінювання до 2500 Р/год.

Загальна структура мобільного робототехнічного комплексу (РТК)

Порівняльний аналіз структурних схем існуючих МР різного призначення показує, що всі вони є складними комплексами, які складаються з трьох основних частин: рухомий виконавчий агрегат (власне робот), пульт дистанційного керування роботом і агрегат живлення комплексу.

За функціональними ознаками будь-який РТК можна умовно розділити на дві основні складові: загальна базова модель робота і додаткова спеціалізована система-комплекс.

Базова модель містить такі загальні для всіх модифікацій елементи та системи, склад яких мало залежить від призначення комплексу:

- мобільне шасі та система керування його рухом;
- багатоланковий маніпулятор та система керування його положенням;
- кабельний барабан, що забезпечує зв'язок між роботом та пультом керування;
- обзорно-вимірювальна телевізійна система технічного зору;
- бортовий обчислювально-керуючий пристрій для загального управління роботою всіх систем та елементів робота.

Автономні виконавчі агрегати містять бортовий приймально-передавальний пристрій загальної системи радіозв'язку між роботом та пультом керування.

Структура додаткової спеціалізованої системи мобільного комплексу визначається його призначенням і вимогами до його основних технічних характеристик й складається з двох основних частин: виконавчі органи та вимірювальні прилади, розміщені на мобільному шасі основної моделі; підсистеми керування виконавчими органами або індикації сигналів вимірювальних пристроїв, що входять до складу пульта керування комплексом.

Спеціалізовані функціональні системи мобільних роботів

Базова модель може бути оснащена будь-якими із наведених нижче спеціалізованих функціональних систем або пристроїв:

- супутникова навігаційна система;
- інерціальна навігаційна система;
- радіаційно-дозиметрична система;
- система гідродинамічного руйнування;
- система рентгеноскопічного контролю;
- система аналізу газових середовищ;
- система криогенного охолодження;
- система виявлення мін;
- система інфрачервоного спостереження;
- система звукової і ультразвукової локації;
- радіосистеми ретрансляції, пеленгування, постановки завад тощо;
- підсистема компенсації вітрових навантажень на антену;
- магнітометрична система виявлення руху транспортних засобів;
- сейсмометрична система виявлення руху техніки;
- лазерно-телевізійна система розвідки та картографування місцевості;
- зброя (кулемети, ракети, гранатомети) та системи прицілювання;
- гідроніжці для різання колючого дроту, кабелів тощо;

- газові, дискові або гідроабразивні різачки для різання металофон-струкцій.
- вібробури для закладення зарядів;
- грейфери, схвати для розчищення завалів, взяття проб, вилучення вибухових речовин.

Економічна доцільність створення вітчизняних мобільних роботів

Головним критерієм економічної ефективності створення вітчизняних МР є співвідношення між затратами на їх придбання та собівартістю власного виробництва.

Крім того, до вартості покупних роботів додаються затрати на їх експлуатацію: регламентні роботи, ремонт, модернізацію та навчання персоналу. Такі затрати вдвічі перевищують покупну вартість самих роботів.

Якщо вартість зарубіжного МР середнього класу складає 150 тисяч доларів США, то витрати на його експлуатацію – 300 тис. доларів, а загальна вартість утримання одного комплекту – 450 тис. доларів. Ефективність використання МР визначається масовістю їх застосування. За умови, що МР повинні споряджатись підрозділи збройних сил, поліції, митників, прикордонників, рятувальників, потреба в них сягає щонайменше п'ятисот комплектів, а витрати на придбання та утримання – 225 млн. доларів.

Виділення таких коштів з державного бюджету для більшості країн, включаючи Україну, є нереальним. Тому проблема спорядження державних структур сучасними МР може бути вирішена чи шляхом розробки вітчизняних МР світового рівня за допомогою об'єднання науково-технічних, виробничих і фінансових ресурсів держави та залучення інвесторів, чи організацією масового виробництва конкурентоздатних МРі збуту їх за кордон.

Конкурентоздатність вітчизняних МР гарантована тим, що витрати на їх проектування й серійне виробництво будуть суттєво нижчими, ніж в інших розвинених країнах-постачальниках за рахунок високого науково-технічного потенціалу українських проектних організацій; низької вартості проектних робіт, порівняно зі світовим рівнем, і виробництва на високотехнологічних конверсійних підприємствах, а також низьких витрат на обслуговування роботів і навчання персоналу в військових частинах і воєнізованих підрозділах.

Завдяки наведеним чинникам, продажна ціна серійного українського робота може бути на 20% меншою від вартості зарубіжного комплекту, тобто 120 тис. доларів, що забезпечить надійний та стабільний збут вітчизняних роботів за кордон.

Прибуток від продажу одного комплекту визначатиметься різницею між його продажною ціною та собівартістю і може становити 10 - 20 тис. доларів в залежності від загальної кількості виготовлених комплектів.

Технічна реальність створення в Україні сучасних конкурентоздатних мобільних роботів може бути підтверджена досвідом проектування і виготовлення цілого ряду описаних вище радіаційно-стійких агрегатів.

Проблеми та перспективи розвитку

Незважаючи на те, що МР використовуються у багатьох сферах діяльності, їх дійсно широкому використанню заважають декілька не вирішених проблем. Перерахуємо їх та вкажемо можливі шляхи їх розв'язання.

Першою проблемою є недостатня автономність. Дійсно, найкращі моделі вже можуть самостійно пересуватись, визначаючи та оминаючи перешкоди. Проте автономне виконання операцій наразі обмежується картографуванням і патрулюванням (те ж саме переміщення) або транспортуванням певних стандартних вантажів по заданій програмі. Майже всі інші операції потребують участі оператора не тільки у вигляді контролера, але й як особи, що приймає рішення або безпосередньо керує виконанням операції.

Оскільки коренів проблеми є декілька, то і для її вирішення, потрібно розв'язати задачі, що пов'язані з розширенням технічних можливостей бортових комп'ютерних систем управління роботами; зі створенням нової системи прийняття рішень, що дозволить виконувати поставлені задачі цілком автономно, а також при певних умовах відмовлятися від їх виконання без участі оператора; зі створенням системи технічного зору нового покоління. Вона повинна бути здатна не лише визначати перешкоди, але й об'єкти, над якими потрібно виконати операцію, оцінювати відстані та розміри об'єктів. Враховуючи те, що зараз відповідальність за виконання операцій лежить на операторі робота, а у разі використання цілком автономних моделей, правильність прийняття рішень буде залежати тільки від самого МР, потрібно розробити систему тестування й сертифікації для систем прийняття рішень.

Другою проблемою є висока (десятки і сотні тисяч доларів США) вартість багатьох моделей. Це не в останню чергу пов'язано з високою вартістю окремих частин, наприклад, лазерного сканера для побудови трьохвимірної моделі оточення, високоточних інерціальних навігаційних систем для точного визначення місцеположення тощо. Зважаючи на все більшу доступність обчислювальних засобів, доцільним методом вирішення буде використання систем технічного зору, що не містять

дальномірних приладів, а оцінюють відстані та визначають місцеположення робота, користуючись стереоскопічним зображенням оточуючого середовища.

Зменшення вартості мобільних роботів може бути досягнуто за рахунок заходів по скороченню витрат на розробку окремих модифікацій шляхом використання типових програм для розрахунків і машинного проектування та збільшенню обсягів серійного виробництва роботів, а також уніфікації таких основних структурних елементів роботів, як мобільне шасі, багатоланковий маніпулятор, кабельний барабан, тощо і комплексне використання стандартизованих пакетів електронних компонентів (наприклад “MicroPC”, “PC/104”, тощо) при розробці підсистем управління роботами.

Існує також проблема достовірного визначення приналежності об’єктів спостереження бойовими роботами, що обумовлює високі вимоги до якості графічного аналізу та розпізнавання образів системою керування. Ця проблема може бути вирішена за допомогою спеціальної підсистеми розпізнавання та селекції цілей за ознакою «свій-чужий».

Вдале вирішення перелічених проблем вітчизняними науковцями суттєво наблизить їх до створення роботів нового покоління – українських мобільних роботів зі штучним інтелектом.

Висновки

В умовах сучасного індустріалізованого суспільства мобільний робот є єдиним засобом виключення або зменшення ризику та небезпеки для життя і здоров’я людини при виконанні широкого кола моніторингових операцій та технологічних процесів.

Нагальна потреба створення в Україні мобільних роботів різного призначення обумовлена необхідністю вирішення проблем ЧАЕС; потребою оснащення війська інтелектуальним точним озброєнням; необхідністю знешкодження та утилізації великої кількості боєприпасів, ракетного палива, радіоактивних і отруйних речовин.

Для створення сучасного мобільного робота необхідне комплексне використання найновіших досягнень цілого ряду галузей світової науки та техніки. Витрати на розробку сучасних мобільних роботів в Україні можуть бути перекриті доходами від крупносерійного виробництва й продажу за кордон найбільш вдалих моделей МР.

Науковий рівень вітчизняних вчених та інженерів спільно з виробничими можливостями конверсійних підприємств України є основною науково-технічною базою для створення роботів нового покоління – українських мобільних роботів зі штучним інтелектом.

Список використаної літератури

1. *Спыну Г. А.* Промышленные роботы. Конструирование и применение. [Текст] / Г. А. Спыну // Киев. Высшая школа. 1991.
2. *Савенко Ю. Н.* Мобильные роботы: экспортный потенциал и перспективы [Текст] / Ю. Н. Савенко, С. А. Сарапулов // Інформаційний вісник «Інновації та промисловість». Київ. №2, 2007.
3. *СофджЭ.*Бесчеловечная война [Текст] / Эрик Софдж //Популярная механика. апрель 2008 г.
4. *Кемуржиан Г. А.*Планетоходы[Текст] / Г. А. Кемуржиан, // Москва. Машиностроение. 1982 г.
5. *Павловский М. А.*Создание радиационно-стойкого робототехнического комплекса для гидроабразивного резания металлоконструкций. [Текст] //М. А. Павловский, Ю. А. Карпачев, Ю. Н. Савенко /Журнал НТУУ «КПИ», № 2., 1998 г.