

УДК 621.1

Р.В. Зінько¹, к.т.н., доц.**П.І. Ванкевич²**, д.т.н., с.н.с.**А.Д. Черненко²****О.В. Федін²**, к.т.н.**Є.Г. Іваник²**, к.ф.-м.н., с.н.с.¹Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна²Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, м. Львів, Україна

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МОБІЛЬНИХ РОБОТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ В ШИРОКОМУ СПЕКТРІ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ МІЛІТАРНОГО СПРЯМУВАННЯ

Виконано аналіз шляхів підвищення оперативності роботизованих систем в широкому спектрі ведення специфічних дій, пов'язаних з військовою діяльністю, а також ефективності застосування керованих автоматизованих систем завдяки новим сучасним модулям в комплексі з впровадженням мереж передачі команд, ієрархічної структури мережевих систем при їх впровадженні в тактичну ланку управління. За функціональним призначенням виділено основні напрямки застосування мобільних роботизованих комплексів. Викладено методику формування рівнянь динаміки руху виконавчого маніпулятора на основі рівнянь Лагранжа другого роду. Відповідно до особливостей застосування і конструктивних схем визначено класифікацію роботизованих комплексів.

Ключові слова: мобільні роботизовані комплекси, автоматизовані системи, рівняння динаміки, базові мобільні роботизовані платформи.

Постановка проблеми

Скорочення мобілізаційних ресурсів, різке зростання вартості підготовки військовослужбовців і їх забезпечення в сукупності з технічним прогресом в країнах Заходу неминуче обумовлюють необхідність розвитку безекіпажних бойових систем. Поки що найбільші успіхи в цьому напрямі досягнуті при розробці безпілотних літальних апаратів. Однак найбільш потребують значно ширшого використання роботів сухопутні війська, як найбільш «контактні» (перебувають у постійному взаємозв'язку з військовими підрозділами противника) і при цьому зазнають найбільших втрат у військових діях будь-якого типу. На практиці вони відстають в цьому від авіації, проте, розробки безекіпажних бойових систем набувають все більшого поширення.

Аналіз останніх досягнень і публікацій

В публікаціях [1-6] проводиться огляд сучасних розробок дистанційно керованих військових машин, принципів їх побудови та перспективних напрямків розвитку робототехнічних комплексів в збройних силах, розглядаються питання роботизації існуючої військової техніки.

Так, в статтях [2-4] розглядаються питання підвищення ефективності бойових дій сухопутних військ в умовах дій вражаючих факторів балістичної і фугасної зброї за рахунок застосування багатоцільових роботизованих систем, оснащених захистом, що перевищує захист військовослужбовців.

Практичний досвід застосування комплексів «Мобот-ЧХВ», СТР-1 і «Клин-1» (на базі дистанційно керованої ІМР-2) при виконанні інженерних робіт на радіоактивно-забруднених територіях Чорнобильської АЕС [6] показав їх високу ефективність, звільнив військовослужбовців від робіт в небезпечних для життя умовах.

Але в цілому, а особливо що стосується військових потреб, залишається не цілком з'ясованою концепція застосування безекіпажних роботизованих комплексів.

Постановка задачі та її розв'язання

Хоча розвиток сучасних військових технологій зумовлює стрімке просування в практику ведення бойових дій широкого спектру (від допоміжних та інженерних робіт до безпосереднього зіткнення з ворогом) дистанційно керованих машин різноманітного призначення, однак недостатньою мірою висвітлено проблеми автоматизації робіт шляхом функціонування мобільних роботів на рівнях управління нижчих тактичних ланок. Вирішення поставленої задачі передбачається вирішувати шляхом широкого аналізу перспектив використання мобільних роботизованих комплексів (РТК) та обґрунтування теоретичних засад їх функціонування.

Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття

Для з'ясування ефективності шляхів підвищення оперативності роботизованих систем в широкому спектрі ведення специфічних дій, пов'язаних з військовою діяльністю, а також ефективності застосування керованих автоматизованих систем, якими по суті є роботи, завдяки новим сучасним модулям в комплексі з впровадженням мереж передачі команд, ієрархічної структури мережевих систем при їх впровадженні в тактичну ланку управління необхідно проведення відповідних розрахунків, які дозволять їх активне просування в процесі створення експериментальних прототипів мобільних роботизованих платформ різного призначення.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

До останнього часу проведення військових операцій базувалося на використанні танків як основної бойової одиниці.

Основний бойовий танк (ОБТ) є основою сучасної танкової армії будь-якої країни. Основне призначення: посилення піхоти і техніки при всіх видах загальновійськового бою, прорив укріплених позицій, знищення вогневих точок, техніки і живої сили супротивника, швидка організація оборонних рубежів [7].

В оперативно-тактичному сенсі основний танк – це бойова машина, призначена для вирішення основних бойових завдань в різних видах бою, передусім в наступі і обороні.

У наступі призначення основних танків полягає в тому, щоб просуватися до переду під вогнем супротивника, уражати своїм вогнем найбільш важливі його цілі, що перешкоджають просуванню, вести за собою інші бойові засоби, що доповнюють вогневу дію танків, забезпечують його остаточний розгром і оволодіння територією, а також прикривають бойові порядки від нападу з повітря. Застосування основних танків в обороні дозволяє зробити її стійкою і активною, наносити різкі і сильні контратаки, швидко переходити в наступ, перетворювати локальний успіх на загальний, тактичний в оперативний.

Щоб вирішувати подібні завдання, основні танки повинні мати потужне і універсальне озброєння, надійний захист від звичайних протитанкових засобів і зброї масового ураження, високу рухливість на полі бою, здатність здійснювати переходи по дорогах на великі відстані. Тобто, основний танк – це наземний рухливий вогневий засіб ближнього бою, що реалізовує принцип «бачу – стріляю», водночас перебуваючи під впливом практично усіх вогневих і інших засобів ураження, наявних у супротивника.

Сучасні ОБТ мають потужні кулемети і гармати, мають ракетне озброєння, добре захищені динамічною і активною бронею. Однак навіть важкоброньовані сучасні танки дуже уразливі перед сучасними протитанковими засобами (ракетна зброя, міни, ручні гранатомети), що неодноразово показували локальні конфлікти.

Основні танки в силу свого призначення мають бути, можливо, більше універсальними, проте їх вдосконалення має природні обмеження. У танку розміщений дуже невеликий екіпаж, функціонально «прив'язаний» до машини, потужна зброя танка є одноканальною (вона не може вести вогонь одночасно по декількох цілях) і має обмежений боєкомплект, на танку важко встановити і використати ефективне зенітне озброєння. Тому для успішного вирішення таких завдань як оволодіння територією і її утримання, боротьба з численною живою силою, оснащеною масовими протитанковими засобами, надійне прикриття від літаків, що летять низько, і вертольотів основні танки потребують тісної і безперервної взаємодії з іншими бойовими машинами (бойовими машинами піхоти, зенітними, артилерійськими та ін.). Оскільки таке розділення функцій неминуче, основні танки не мають бути переобтяжені зайвими бойовими завданнями і відповідним їм властивостям.

Однак танки були абсолютно непридатні для дії в лісистій, болотистій та гірській місцевості, а також були вкрай вразливі в міських боях. Крім того, очищати зайняту територію від залишків відступаючого противника і партизан, а також контролювати цю територію танкові частини виявилися не здатні. Таким чином, постало питання про супроводження танків рухливими частинами піхоти, яку забезпечували спочатку автомобільним транспортом, а потім і спеціальними бойовими машинами: бронетранспортерами та бойовими машинами піхоти.

Однак через те, що перед машинами, які забезпечують піхоті співмірну з танками рухливість, стояло складне завдання перевозити близько 10 осіб (7 – 8 чоловік десанту та 2 – 3 людини екіпажу) і при цьому не відставати від танків, бойові машини піхоти (особливо перших серій) отримали вкрай слабку броню і дуже слабе власне озброєння.

Природно, що БМП, які діють в одному бойовому порядку з танками, але не володіють танковою бронєю, є набагато простішою мішенню для супротивника. А знищення супроводу позбавляє танки необхідної підтримки. Крім того, поява на полі бою ручних протитанкових гранатометів і переносних протитанкових ракетних комплексів перетворили практично кожного піхотинця противника в край небезпечну для танків бойову одиницю. В таких умовах необхідно або радикально підвищити захист бойових машин піхоти, або замінити піхоту на якийсь інше ефективний засіб підтримки танків. Зараз пробують створювати БМП на базі танків. Реалізацією другої концепції і стала бойова машина підтримки танків (БМПТ).

Бойова машина підтримки танків (БМПТ) – бойова машина, призначена для ведення бойових дій в бойовому порядку бронетанкових військ і вогневої підтримки танків на полі бою. Машина покликана боротися з піхотою, вертольотами і легкоброньованою технікою, що становлять загрозу для танків на полі бою [7].

БМПТ використовується для ефективного придушення живої сили противника, оснащеної гранатометами, протитанковими комплексами, стрілецькою зброєю; є також можливість вражати з ходу і з місця танки, БМП, ДОТи, ДЗОТи та інші високозахищені цілі, а також подолання водних перешкод, у тому числі шляхом переміщення по дну (повне занурення).

Одна БМПТ по своїй вогневій потужності перевершує два мотострілецьких взводи – 6 БМП і близько 40 чоловік особового складу. За розрахунками фахівців, така машина повинна бути одна на три танки (взвод).

БМПТ є реалізацією альтернативної концепції організації бойового порядку бронетанкових військ. БМПТ покликана замінити на полі бою механізований десант, який забезпечує захист танків від ураження протитанковими засобами противника.

Застосування БМПТ вимагає перебудови всієї концепції ведення сучасної війни, а значить і кардинальної зміни організаційно-штатної структури збройних сил, що в свою чергу вимагає великих фінансових і організаційних зусиль.

На основі аналізу повідомлень про реорганізацію в передових арміях світу, крім вище згаданих напрямків (модернізація засобів транспортування військовослужбовців (БМП і БТР), розробка БМПТ), намітилася тенденція використання роботизованих систем і комплексів, які повністю або частково замінюють військовослужбовців в недетермінованих агресивних середовищах якими є бойові конфлікти.

При використанні військових роботів можна виділити три основних принципи [8]:

1. Заміна військовослужбовців у випадках небезпеки для їх життя або здоров'я.
2. Здійснення контрольованого бойового зіткнення, в якому забезпечується ефективний вогневий вплив на противника при високій інформаційній забезпеченості.
3. Забезпечення більшої надійності і визначеності виконання поставлених завдань, оскільки зменшується вплив людського чинника.

Військові наземні роботи використовуються як з вузькою спеціалізацією так з універсальністю в певних межах. Але в основному вони виконують допоміжні завдання – патрулювання, охорона об'єктів, транспортування вантажів, розмінування, розвідка.

За функціональним призначенням можна виділити основні напрямки застосування мобільних роботизованих комплексів (РТК).

Загальновійськовий робот – наземний дистанційно керований вогневий мобільний засіб ближнього і середнього бою, що реалізує принцип заміни військовослужбовця в недетермінованому агресивному середовищі, водночас перебуваючи під впливом практично усіх вогневих і інших засобів ураження, наявних у супротивника. Він призначений для вирішення бойових завдань в різних видах бою в наступі, обороні, в умовах міських забудов.

Роботизована вогнева точка – наземний дистанційно керований вогневий стаціонарний або переносний засіб ближнього і середнього бою розташований з оборонною метою на тактично вигідній вогневій позиції з прив'язкою до захисних властивостей навколишньої місцевості.

Робот авангарду – наземний дистанційно керований мобільний засіб, що висилається попереду військового підрозділу для його охорони з метою прийняття на себе першого удару, унеможливлення противником нападу на головні сили підрозділу зненацька і створення підрозділу сприятливих умов для вступу в бій.

Робот розвідки і спостереження – наземний дистанційно керований мобільний засіб, що висилається:

- а) від підрозділів на відстань, що забезпечує спостереження за його діями і підтримку вогнем;
- б) для своєчасного виявлення противника і розвідки місцевості;
- в) з використанням способів ведення військової розвідки: спостереження, підслуховування, пошук, засідки, розвідки боєм;
- г) з застосуванням технічних засобів радіолокаційної, оптико-електронної, оптичної, звукової, сейсмоакустичної, геофізичної, магнітоелектричної розвідки.

Робот-вогнететник (гранатометник) – наземний дистанційно керований вогневий мобільний засіб призначений для руйнування прихованих вогневих точок (ДВТ, ДВЗТ, укріплені споруди, скриті вогневі точки, бліндажі і т. п.), рухомих мішеней та для знищення живої сили противника в таких об'єктах як: окопи, траншеї, ходи сполучень і на відкритій місцевості в довільних погодних умовах за допомогою вогнететника (гранатометника) як основної зброї.

Робот-снайпер – наземний дистанційно-керований вогневий мобільний або стаціонарний засіб, що уражає важливі цілі з першого пострілу, як правило із замаскованої засідки.

Робот-кесентай (роботи-міни) – наземний рухомий дистанційно керований вогневий мобільний засіб призначений для руйнування прихованих вогневих точок (ДВТ, ДВЗТ, укріплені споруди, скриті вогневі точки, бліндажі і т. п.) та нешвидких рухомих мішеней в довільних погодних умовах за допомогою вибухового заряду як основної зброї.

Роботи розмінування – наземні мобільні дистанційно керовані засоби призначені для: а) знаходження і точного фіксування розміщення мін за допомогою різномірної апаратури: телевізійної, тепловізійної, індукційної, радіолокаційної, оптико-електронної; або б) для дистанційного знищення мін і мінних полів за допомогою мінних перебивачів, мінних тралів та інших засобів.

Робот санітарний – наземний мобільний дистанційно керований засіб призначений для пошуку, збору, евакуації поранених з поля бою або з вогнищ масових санітарних втрат.

Роботи охорони і патрулювання – наземні дистанційно керовані або автономні мобільні або стаціонарні засоби призначені для унеможливлення раптового нападу противника на об'єкти (споруди, вогневі позиції тощо), а також виконання дій з відбиття його ударів.

Робот зв'язку і радіотрансляції – наземний мобільний дистанційно керований засіб призначений для забезпечення зв'язку і радіотрансляції з об'єктами, що пересуваються і знаходяться за межами стійкого радіоконтакту.

Робот-коректувальник – наземний мобільний дистанційно керований засіб для розвідки та обслуговування стрільби, призначений для дистанційного визначення характеру цілі, її координат або можливого району (квадрату) розташування, також забезпечення дистанційного визначення відхилення розривів (центру групи розривів) від цілі (центру цілі) для розрахунку та введення коректур дальності й напрямку.

Робот інженерний – наземний дистанційно керований мобільний засіб призначений для виконання аварійно-рятувальних, інженерних робіт, зокрема прокладання доріг по пересіченій місцевості, в лісі, в міських завалах.

Робот-евакуатор – наземний дистанційно керований мобільний засіб призначений для навантаження, розвантаження і перевезення мобільних роботизованих платформ та інших рухомих засобів у разі їх пошкодження, поломки, аварії, а також вантажів. Евакуація здійснюється за допомогою повного чи часткового навантаження або буксирування предмету евакуації. Евакуатор обладнаний маніпулятором і додатково спеціальною платформою.

Роботи транспортної групи – наземні дистанційно керовані або автономні мобільні засоби призначені для перевезення людей і вантажів в складі одиночних машин і багатоланкових поїздів.

Роботи-навчальні тренажери – наземні дистанційно керовані або автономні мобільні засоби призначені для освоєння, відновлення та закріплення навичок з використання мобільних роботизованих платформ і комплексів.

Роботи мішені-фігури – наземні дистанційно керовані або автономні мобільні засоби з манекенами у вигляді мішеней-фігур, які призначені для відпрацювання навичок стрільби особового складу. Використання додаткових приводів і програмування рухів дозволяє плоским або тримірним манекенам з муляжами окремих видів зброї здійснювати коливні, падаючі, поворотні рухи, також забезпечувати можливість фронтального руху, «набігання» і віддалення під різними кутами від стрілка з різною швидкістю.

В табл. 1 представлена класифікація наземних РТК за їх основними типовими ознаками.

Таблиця 1

Класифікація військових робототехнічних комплексів

Класифікаційна ознака	Типи РТК	
Функціональне призначення	Бойова група	загальновійськові, роботизовано вогневі точки, роботи авангарду, розвідки і спостереження, вогнеметними (гранатометники), снайпери, роботи-кесентай (роботи-міни)
	Група спеціальних машин	розмінування, санітарні, охорони і патрулювання, зв'язку і радіотрансляції, коректувальники, інженерні, евакуатори
	Транспортна група	транспортування вантажів і боєприпасів
	Навчальна група	навчальні тренажери, манекени-мішені

Класифікаційна ознака	Типи РТК	
Масогабаритні показники	Надлегкі (мікро-, міні) (масою до 30 кг.)	
	Легкі (масою до 150 кг.)	
	Середні (масою до 1000 кг.)	
	Важкі (масою більше 1000 кг.)	
Ступінь автономності	Екіпажні, з можливістю дистанційного керування	
	Безекіпажні, дистанційно керовані	
	Напівавтономні (автономні, з можливістю керування)	
	Автономні (автоматичні)	
Базове шасі	Колісні	
	Гусеничні	
	Комбіновані	
	Спеціальні (крокуючі, повзучі, стрибаючі)	
Спосіб подачі живлення	Безпосередньо на роботі	
	Дистанційно по кабелю	
Тип силової установки	Акумуляторні: електричні (АКБ), пневматичні	
	Двигуни внутрішнього і зовнішнього згорання	
	Гібридні (двигун і АКБ)	
Швидкість руху	Повільні (до 5 км/год.)	
	Середньошвидкісні (5–15 км/год.)	
	Швидкісні (більше 15 км/год.)	
Час безперервної (автономної) роботи	Короткочасної дії (до 1 год.)	
	Середньотривалої дії (1–4 год.)	
	Довготривалої дії (більше 4 год.)	
Принцип побудови	Каркасні	
	Модульні	
	Комбінація декількох машин (роботів) – секційні	
Принцип організації штучного інтелекту	Програмовані	
	Адаптивні	
	Інтелектуальні	
	Нейроно- та семантично-мережеві	
Радіус дії	До 500 м	
	До 1 км	
	Понад 1 км	
Рівень живучості	Мінімальний	
	Середній	
	Високий	
Спосіб керування	Проводові	
	Безпроводові	
Функціональне призначення	Бойова група	загальновійськові, роботизовано-огневі точки, роботи авангарду, розвідки і спостереження, вогнеметними (гранатометники), снайпери, роботи-кесентай (роботи-міни)
	Група спеціальних машин	розмінування, санітарні, охорони і патрулювання, зв'язку і радіотрансляції, коректувальники, інженерні, евакуатори
	Транспортна група	транспортування вантажів і боєприпасів
	Навчальна група	навчальні тренажери, манекени-мішені
Масогабаритні показники	Надлегкі (мікро-, міні) (масою до 30 кг.)	
	Легкі (масою до 150 кг.)	
	Середні (масою до 1000 кг.)	
	Важкі (масою більше 1000 кг.)	
Ступінь автономності	Екіпажні, з можливістю дистанційного керування	
	Безекіпажні, дистанційно керовані	
	Напівавтономні (автономні, з можливістю керування)	
	Автономні (автоматичні)	

Класифікаційна ознака	Типи РТК
Базове шасі	Колісні
	Гусеничні
	Комбіновані
	Спеціальні (крокуючі, повзучі, стрибаючі)
Спосіб подачі живлення	Безпосередньо на роботі
	Дистанційно по кабелю
Тип силової установки	Акумуляторні: електричні (АКБ), пневматичні
	Двигуни внутрішнього і зовнішнього згорання
	Гібридні (двигун і АКБ)
Швидкість руху	Повільні (до 5 км/год)
	Середньошвидкісні (5–15 км/год)
	Швидкісні (більше 15 км/год)
Час безперервної (автономної) роботи	Короткочасної дії (до 1 год)
	Середньотривалої дії (1–4 год)
	Довготривалої дії (більше 4 год)
Принцип побудови	Каркасні
	Модульні
	Комбінація декількох машин (роботів) – секційні
Принцип організації штучного інтелекту	Програмовані
	Адаптивні
	Інтелектуальні
	Нейроно- та семантично-мережеві
Радіус дії	До 500 м
	До 1 км
	Понад 1 км
Рівень живучості	Мінімальний
	Середній
	Високий
Спосіб керування	Проводові
	Безпроводові

На основі проведених теоретичних досліджень у НУ «Львівська політехніка» в творчій співпраці з фахівцями Національної академії сухопутних військ створено експериментальні прототипи мобільних роботизованих платформ різного призначення (рис. 1), тактико-технічні характеристики яких представлено в табл. 2. При проектуванні прототипів враховувалася функціональна і конструктивна уніфікація роботів.

Для подальшого вдосконалення конструкції та ефективності використання роботизованих систем досліджувалась динаміка руху виконавчого маніпулятора з перпендикулярними або паралельними осями сусідніх шарнірів. При виведенні рівняння динаміки руху маніпулятора використовувався опис кінематики за допомогою матриць поворотів, векторів перенесення і рівняння Лагранжа II роду [9, 10]:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_k} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_k} = Q_k, k = 1, 2, \dots, s, \quad (1)$$

де q_1, \dots, q_s ; $\dot{q}_1, \dots, \dot{q}_s$ – узагальнені координати і швидкості відповідно; Q_1, \dots, Q_s – узагальнені сили системи (в розглядуваному випадку моменти узагальнених сил в k -му шарнірі, обумовлені роботою приводу і дією зовнішніх навантажень); T – кінетична енергія системи.

Виконуючи необхідні алгебраїчні перетворення в процесі обчислення кінетичної і потенціальної енергії і подальшої підстановки отриманих співвідношень і залежностей у систему рівнянь (1) дістаємо рівняння динаміки відносно змінних – $\vec{q}(q_1, \dots, q_s)$; $\dot{\vec{q}}(\dot{q}_1, \dots, \dot{q}_s)$ у матричній формі:

$$\vec{D}(\vec{q})\ddot{\vec{q}} + \vec{h}(\vec{q}, \dot{\vec{q}}) + \vec{p}(\vec{q}) = \vec{\Omega}. \quad (2)$$

В отриманому рівнянні (2) позначено: $\bar{D}(\bar{q})$ – симетрична додатньо визначена матриця інерції маніпулятора; $\bar{h}(\bar{q}, \dot{\bar{q}})$ – вектор коріолісових і відцентрових сил; $\bar{p}(\bar{q})$ – вектор гравітаційних сил; $\bar{\Omega}$ – вектор, що визначає момент узагальнених сил.

Отримані рівняння динаміки руху маніпулятора у формі Лагранжа дозволяють вирішувати пряму і обернену задачі динаміки. Система динамічних рівнянь виду (2) замкнута, причому її розв'язок допускає подання в аналітичному вигляді. З врахуванням параметрів мобільного робота (маса, габаритні розміри, енергозабезпеченість) рівняння динаміки руху дозволяють підібрати найоптимальніші параметри маніпулятора.

На даному етапі проходить відлагодження їх основних систем та агрегатів.



а)



б)



в)



г)



д)



е)



е)



ж)



з)



и)

*а, б, в, г – роботи-розміновувачі; д, е – загальновійськові; е – патрульний робот; ж – авангарду;
з – транспортно-санітарний робот; и – малий розвідувальний робот.*

Рис. 1. Експериментальні прототипи мобільних роботизованих платформ різного призначення

Таблиця 2

Тактико-технічні характеристики базових мобільних роботизованих платформ

	а)	б)	в)	г)	е)	ж)	з)	и)
Рік виготовлення	2007	2006	2015	2014	2016	2015	2015	2016
Мінімальні габаритні розміри, м:								
- довжина	0,950	1,10	1,1	1,1	1,2	0,8	1,1	0,87
- ширина	0,660	0,650	0,690	0,690	0,600	0,600	0,690	0,56
- висота	0,700	0,800	0,500	0,500	0,520	0,520	0,500	0,45
Максимальна швидкість переміщення, км/год	1,3	1,1	1,4	1,4	2,2	2,2	1,4	2,0
Радіус дії, м	100	70	200	120	200	200	150	200
Маса, кг	15	16	60	60	56	50	70	26
Тривалість безперервної роботи (орієнтовно), год	1,3	1	1,5	1,3	1,5	1,5	1,3	1,4
Корисне навантаження, кг	5		7		15	10	200	6

Структура створених наземних робототехнічних комплексів представлена на рис. 2.

Самохідне шасі призначене для монтування на ньому усіх елементів РТК (рис. 1). В порівнянні з гусеничним типом, колісний має меншу вартість і більший ресурс. Джерела енергії вибираються залежно від необхідних енерговитрат на шасі, електроніку, привод робочого обладнання та необхідної тривалості часу автономної роботи. Система моніторингу довкілля призначена для отримання інформації про навколишнє середовище та стан (положення) робочого обладнання і відтворення цієї

інформації на робочому місці оператора. Система зв'язку забезпечує передачу інформації від систем керування і моніторингу довкілля на пульт керування оператора. Системи керування забезпечують функціонування приводів шасі і робочого обладнання РТК в різних режимах експлуатації. На пульт керування оператора видається необхідна інформація про режими роботи приводів шасі, робочого обладнання і про довкілля, в якому перебуває РТК, а також забезпечується керування рухом РТК і робочим обладнанням.

Висновки

Спостерігається зміна в побудові і композиції РТК; каркасні використовуються у випадку дослідних або простих конструкцій, коли немає потреби в універсалізації. Їм на зміну приходить модульна компоновка, коли на базовій платформі встановлюють спеціалізовані модулі. У випадку, коли ресурс одного модуля для реалізації поставленої задачі є недостатнім, використовують багатосекційні машини. Це може бути стосовно забезпечення достатньої вантажності, геометричних розмірів (площадка для квадрокоптера), використання кількох спеціалізованих модулів тощо.

Обсяг використання роботизованих комплексів військового призначення постійно зростає. Ефективність їх використання цілком визначається урахуванням основних принципів і тенденцій розвитку конструкцій. Відповідно до особливостей застосування і конструктивних схем розроблено класифікацію РТК.

Перспективи подальших досліджень

Ще один аспект поставленої в статті проблеми лежить в площині структурно-параметричного синтезу металоконструкцій модуля лінійного переміщення, розвинутого в працях [12–14]. Це пов'язано з тим, що у модулях лінійного переміщення, якими по суті є руки маніпулятора з пневмо-чи гідроприводом застосовують просторові металоконструкції, структура і розміри яких істотно впливають на основні параметри: жорсткість, габарити, масу, динамічні характеристики тощо; в процесі конструювання модулів переважно використовують досвід експлуатації, однак такий однобокий підхід не дає змоги комплексно оцінювати альтернативні варіанти металоконструкції і обирати кращу для подальшого розрахунку, внаслідок чого в подальшому слід активніше використовувати розвинуті підходи для забезпечення якості проектно-конструкторських робіт.

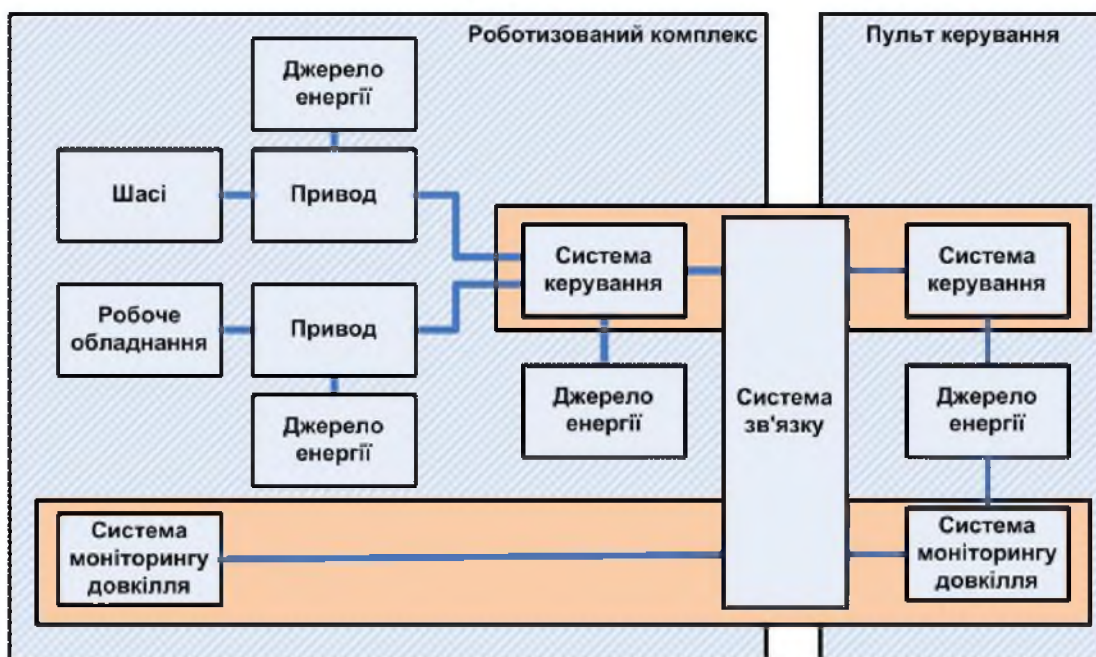


Рис. 2. Структура наземних робототехнічних комплексів

Список використаних джерел

1. *Зубов В. Тяжелые и средние дистанционно управляемые машины военного назначения // Зарубежное военное обозрение. – 2010. – №8. – С. 49–53.*
2. *Наумов В.Н. Современные гусеничные машины как объект роботизации / В.Н. Наумов, К.Ю. Машков, И.В. Рубцов // Оборонная техника. – М : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – №1–2. – С. 43–48.*
3. *Машков К.Ю. Роботы боевого обеспечения / К.Ю. Машков, В.Н. Наумов, С.Ю. Шакрыл // Оборонная техника. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – №1–2. – С. 62–65.*
4. *Баитанов А.Ф. Комплексный подход к решению проблемы повышения эффективности боевых действий пехотных подразделений за счет применения роботизированных систем / А.Ф. Баитанов, А.Г. Полушин // Оборонная техника. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – №1–2. – С. 59–61.*
5. *Буренок В.М. Развитие военных технологий XXI века: проблемы планирование, реализация / В.М. Буренок, А.А. Ивлев, В.Ю. Корчак. – Тверь: Изд-во «КУПОЛ», 2000. – 624 с.*
6. *Корольов О.С. Особливості застосування інженерних військ при ліквідації наслідків аварії на атомних електростанціях : Навчальний посібник / О.С. Корольов, В.В. Лісневський, С.О. Корнілов. – К.: НАОУ, 2004 – 47 с.*
7. *Танк. <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B0%D0%BD%D0%BA>*
8. *Зінко Р.В. Принципи використання мобільних роботів військового призначення / Р.В. Зінко, П.І. Ванкевич // В-во Національної Академії сухопутних військ, Збірка тез доповідей Міжнародної науково-технічної конференції «Перспективи розвитку озброєння і військової техніки сухопутних військ». – Львів, 11–12 травня 2017 р. – С. 8.*
9. *Юрєвич Е.И. Основы робототехники / Е.И. Юрєвич. – 2-е изд. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.*
10. *Механика промышленных роботов: Учеб. пособие для вузов: В 3 кн. / Под ред. К.В. Фролова, Е.И. Воробьева. Кн. 1: Кинематика и динамика. Е.И. Воробьев, С.А. Попов, Г.И. Шевелева. – М : Высш. шк., 1988. – 304 с.*
11. *Li C.G. A new method for dynamic analysis robot manipulators / C.G. Li // IEEE Trans. on Syst., Man and Cybern. – 1988. – V. 18, N 1. – P.105–114.*
12. *Кіндрацький Б.І. Концепція і алгоритм багатокритеріального структурно-параметричного синтезу машинобудівних конструкцій / Б.І. Кіндрацький // Вісн. Терноп. держ. техн. ун-ту ім. І. Пулюя. – 2003. – Т. 8, № 1. – С. 73–82.*
13. *Кіндрацький Б.І. Про параметричний синтез пневмопривідного модуля за критерієм сумарної корисності / Б.І. Кіндрацький // Вісн. держ. ун-ту «Львівська політехніка». Сер. Динаміка, міцність та проектування машин і приладів. – 1999. – № 376. – С. 17–20.*
14. *Кіндрацький Б.І. Структурно-параметричний синтез металоконструкції модуля лінійного переміщення / Б.І. Кіндрацький, Г.Т. Сулим // Мат. методи та фіз.-мех. поля. – 2003. – Т. 46, № 4. – С. 162–169.*

Рецензент: Б.Д. Дробенко, д.ф.-м.н., с.н.с., Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, м. Львів

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ КОМПЛЕКСОВ В ШИРОКОМ СПЕКТРЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МИЛИТАРНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

Р.В. Зинько, П.И. Ванкевич, А.В. Федин, Е.Г. Иваник

Выполнен анализ путей повышения оперативности роботизированных систем в широком спектре выполнения специфических действий, связанных с военной деятельностью, а также эффективности применения управляемых автоматизированных систем благодаря новым современным модулям в комплексе с внедрением сети передачи команд, иерархической структуры сетевых систем в процессе их внедрения в тактическое звено управления. По функциональному назначению выделены основные направления применения мобильных роботизированных комплексов. Изложено методика формирования уравнений динамики движения исполнительного манипулятора на основе уравнений Лагранжа второго рода. В соответствии с особенностями применения и конструктивных схем определена классификация роботизированных комплексов.

Ключові слова: *мобильные роботизированные комплексы, автоматизированные системы, уравнения динамики, базовые мобильные роботизированные платформы.*

THE PERSPECTIVE OF THE UTILIZE OF THE MOBILE ROBOTICS COMPLEX TO GENERAL SPECTRUM SOLVED OF THE PROBLEM OF MILITARY DIRECTIONS

R. Sinko, P. Vankevch, O. Fedin, E. Ivanyk

The analysis of ways to increase the efficiency of robotic systems in a wide range of specific actions related to military activities, as well as the effectiveness of the application of managed automated systems, thanks to new modern modules in conjunction with the implementation of the command transmission network, the hierarchical structure of network systems in the process of their implementation in tactical control . According to the functional purpose, the main directions of the use of mobile robotic complexes have been singled out. The technique of formation of equations of motion dynamics of an executive manipulator is described on the basis of Lagrange equations of the second kind. In accordance with the features of application and design schemes, the classification of robotic complexes is defined.

Keywords: *mobile robotic complexes, automated systems, equations of dynamics, basic mobile robotic platforms.*