УДК 621.521 : 621.318

Герасін О. С.,
аспірант кафедри комп'ютеризованих систем управління,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна
gerasanyok91@mail.ru

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ БАГАТОЦІЛЬОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

У статті наведено результати аналізу основних типів сучасних мобільних роботів (МР) різного функціонального призначення для робіт у вертикальному положенні, які можуть бути застосовані для розробки та дослідження нових типів МР багатоцільового призначення, визначення комплексу завдань, вимог та можливих шляхів удосконалення конструкцій та систем керування такими об'єктами. Розглядаються особливості вакуумних, магнітних та магнітокерованих притискних пристроїв для зчеплення з вертикальними та стельовими поверхнями. Особлива увага приділяється відомим програмним, адаптивно-інтелектуальним системам керування та телеуправлінню МР на базі вбудованих контролерів. На основі аналізу наявних МР надаються практичні рекомендаціїї до створення нових типів таких машин для підвищення продуктивності праці та ефективності виконуваних роботами завдань на феромагнітних поверхнях.

Ключові слова: *мобільний робот; рушій; притискний пристрій; система керування; телекерування; вбудований контролер.*

Постановка проблеми

Підвищення продуктивності праці при виконанні різноманітних робіт в екстремальних умовах і важкодоступних місцях з одночасним зниженням ризиків для життя і здоров'я людини, а також навколишнього середовища сьогодні є актуальною проблемою, викликаною інтенсивним розвитком промисловості в багатьох країнах світу. Існують різні шляхи вирішення цієї проблеми, зокрема використання сучасного високотехнологічного обладнання з програмним керуванням, гнучких виробничих модулів, роботизованих технологічних комплексів. Однак найбільш перспективними виглядають роботи багатоцільового призначення, причому багатоцільовими будемо називати ті роботи, які застосовуються для виконання не однієї задачі, а хоча б двох різних з комплексу завдань: очищення горизонтальних і вертикальних поверхонь великої площі та у важкодоступних місцях; дезактивація приміщень і споруд АЕС в умовах радіоактивних забруднень; підводні операції в умовах радіації; монтаж дюбелів і вибухових пристроїв; протипожежні операції; фарбування; інспекція та діагностика; зварювання, різання, видалення задирок, полірування; опріснення корпусу судна – трудомісткі та небезпечні для життя і здоров'я людини роботи. На основі критичного аналізу останніх досліджень і публікацій доцільно зробити висновки щодо стану проблеми автоматизації виконання різноманітних технологічних операцій обробки поверхонь великої площі за допомогою спеціалізованого інструменту в суднобудуванні та судноремонті, а також окреслити можливі шляхи її вирішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Автори попередніх досліджень класифікують роботів за призначенням, виділяючи: промислові, транспортні, побутові, іграшкові, дослідницькі, сільськогосподарські, будівельні, медичні, аварійно-рятувальні, охоронні та військові [1; 2]. З точки зору розширення функціональних можливостей і широкої сфери застосування найбільш багатообіцяючими виглядають мобільні роботи (МР), серед яких виділяють: наземні (колісні, гусеничні, крокуючі), повітряні, планетарні, морські (надводні та підводні) [1]. Такий поділ зумовлений необхідністю виконання МР завдань у різних умовах.

Останні роки в розвинених країнах світу ведуться інтенсивні дослідження, спрямовані на створення мобільних телекерованих або дистанційно-керованих роботів, які можуть переміщатися по горизонтальних, похилих або вертикальних поверхнях за допомогою різнотипних притискних пристроїв [1; 3-15]. Однак особливості притискних пристроїв обмежують застосування більшості типів таких роботів через неможливість долати складні поверхні.

У сучасних суднових МР не залежно від конструкції та типу системи управління знаходять широке застосування невеликі та універсальні вбудовані контролери [1; 3; 6; 8–11], які кожен робот несе на борту.

Для управління робототехнічними об'єктами та системами використовуються ті самі принципи, як і для іншого обладнання. При цьому програмне управління та телеуправління найбільш поширені [1; 3–7; 9] і передбачають виконання наступних задач: подолання та обхід перешкод; переміщення по заданій траєкторії

з урахуванням нахилу поверхні; дотримування зазначеної позиції без проковзування; вихід у необхідну початкову позицію.

Особливості об'єкта управління у вигляді МР багатоцільового призначення додають специфічні завдання для вирішення, тому найбільш перспективними виглядають саме адаптивні та інтелектуальні системи [6; 8; 10–11; 14–15]. Адаптивно-інтелектуальне управління передбачає виконання наступних задач: обробка сенсорної інформації; формування моделей зовнішнього середовища; прийняття рішень і планування подальших дій; управління рухом; створення інтелектуального інтерфейсу між оператором і роботом. Однак такі способи управління досить малопоширені через складність розробки подібних систем. Крім того, в літературі майже не приділяється увага принципам загального функціонування систем управління різнотипними мобільними роботами.

Формулювання цілей статті

Метою статті є визначення найбільш доцільних з точки зору підвищення продуктивності праці та ефективності виконуваних завдань підходів до створення силових елементів, які забезпечують утримання та переміщення суднових мобільних роботів багатоцільового призначення по похилих феромагнітних поверхнях, та систем керування такими об'єктами на основі критичного аналізу особливостей систем керування рушіями та притискними пристроями суднових мобільних роботів різного функціонального призначення.

Виклад основного матеріалу

Створення нового типу притискного пристрою, рушія та системи управління для суднового МР є дуже складним завданням, яке пов'язане з необхідністю забезпечення подальшого виконання робіт у неструктурованих середовищах, розв'язанням проблем (як технічних, так і нетехнічних), які розглядаються для успішного розширення області застосування таких машин. Спочатку розглянемо класифікацію притискних пристроїв, які забезпечують утримання та переміщення по похилій поверхні корпусу судна.

А. Пневматичні притискні пристрої

У роботів, що застосовуються для робіт у вертикальному положенні, в якості притискних пристроїв для зчеплення з вертикальними та стельовими поверхнями найчастіше використовуються пневматичні пристрої універсального застосування (які не залежать від матеріалу поверхні) [3-5]. На рис. 1 зображено очисні МР: *а* – з колісними рушіями та страховкою [3], *б* – на базі мобільного колісного комплексу з телескопічним важелем [4], *в* – крокуючий з пневмоциліндровими рушіями [5]. Для зменшення масогабаритних показників у таких роботах застосовуються багатоцільові притискні пристрої, які дозволяють не тільки утримуватися в заданій позиції, а ще й очищувати робочу поверхню [3-5]. В такому разі зусилля для кріплення вакуумного зачисно-притискного пристрою має бути достатньо, щоб утримувати машину в заданому положенні на вертикальній поверхні і забезпечують нормальну силу, необхідну для переміщення [3]. МР такого типу поганокеровані, рухаються повільно, ривками, що часто призводить до необхідного повторного очищення пропущених областей. Крім того, вакуумні притискні пристрої ненадійні при проходженні неоднорідних поверхонь (наприклад, зварних швів), які деформують вакуумне ущільнення і можуть призвести до падіння, вимагають значних витрат на часте обслуговування та заміну. Майже неможливий рух таких роботів на високих швидкостях, необхідних для підвищення продуктивності виконання очисних операцій.

а) б) в)

Рис. 1. Мобільні роботи для очищення похилих та вертикальних поверхонь з вакуумними притискними пристроями: а – з колісними рушіями та страховкою; б – на базі мобільного колісного комплексу з телескопічним важелем; в – з пневмоциліндровими рушіями

Б. Вакуумні притискні пристрої на базі гвинтів-пропелерів

Альтернативою пневматичним пристроям можуть виступати притискні пристрої на базі гвинтів-пропелерів (див. рис. 2, *а*), поміщених у замкнену всмоктуючу камеру, що не залежать від матеріалу робочої поверхні [6]. Завдяки своїй багатофункціональності вони можуть коректувати напрямок та швидкість руху мобільного робота під водою, дозволяють йому виходити на поверхню у випадку втрати адгезії з корпусом судна. Однак такі притискно-рушійні пристрої мають великі масогабаритні показники через наявність редукторного двигуна постійного струму та потребують ретельної герметизації валів для підводних робіт. Система управління МР ієрархічна, містить три рівні [6]. В основному модулі верхнього рівня обчислюється шлях, за яким робот повинен слідувати вздовж корпусу, щоб адекватно його очистити. Реактивна система середнього рівня відповідає за автономне подолання перешкод та виконання місцевих маневрів (на базі сенсорної інформації). Контролер низького рівня реалізований з використанням Simatic S7-300 PLC, і

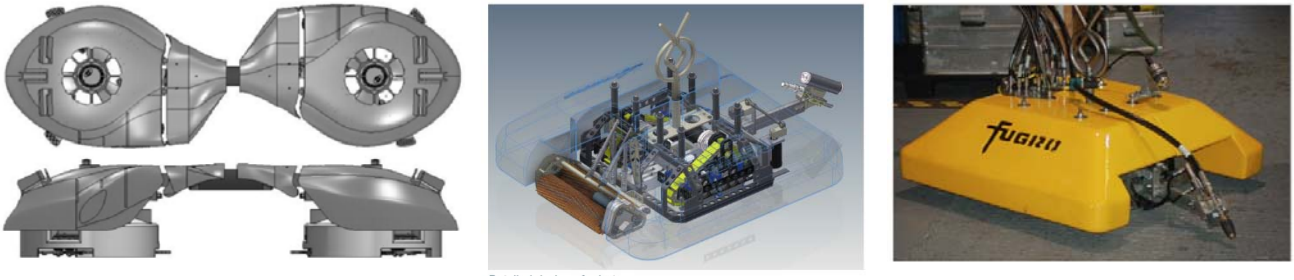
для якого розроблений оператор GUI, який відповідає за роботу двигунів. Цей контролер низького рівня може бути доступний безпосередньо для оперативного контролю людиною-оператором.

В. Магнітні притискні пристрої

Підводний очисно-інспекційний МР гусеничного типу з постійними магнітами на траках («Fugro», Aberdeen, GB [7]) зображений на рис. 2, *б*, *в*. Такий робот містить гідравлічний привод та управляється дистанційно з поверхні за допомогою ноутбука. Якість управління процесами очищення та діагностики підвищується за допомогою різних методів контролю: камер HD стерео, вимірювання ультразвуковим товщиноміром, моніторингу катодного захисту, вимірювання товщини покриття, виявлення тріщин, 3D візуалізації Sonar, лазерного сканування. Перевагою такого МР є високі швидкодія, мобільність та прохідність завдяки великій площі зчеплення з робочою поверхнею. Недоліками такого МР є: невисока надійність та невеликий термін експлуатації через те, що під час руху гусениць переміщення постійно відбуваються ударні механічні зіткнення (або співудари) постійних магнітів з робочою поверхнею, що призводять до розмагнічування та поступового руйнування магнітів.

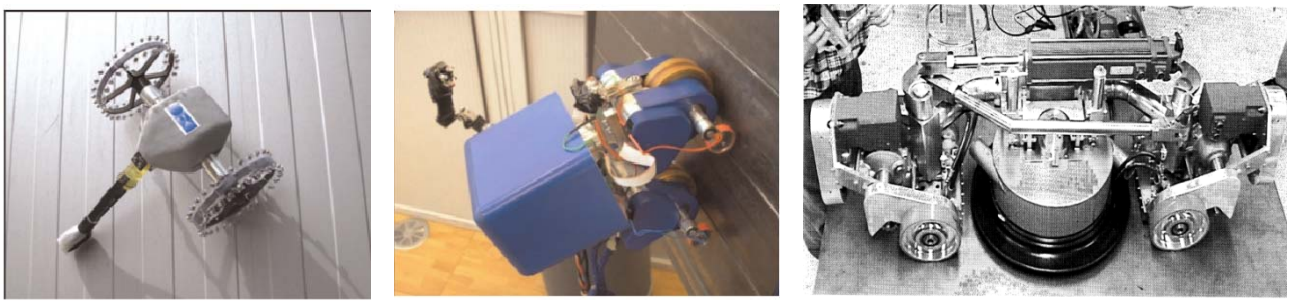
Для задач діагностики та інспекції широко використовуються колісні МР з постійними магнітами для робіт у важкодоступних місцях (MINOAS Crawler, рис. 3, *а*, Magnetbike, рис. 3, *б* [8]). В таких МР застосовуються датчики шорсткості, товщини та інструментальні засоби вимірювання концентрації кисню і ширококутні CCD камери високої роздільної здатності. Для забезпечення орієнтації інспекційного робота в нього інтегровані мініатюрний гіроскоп ІРУ XSENS MTi і направлена система координат (AHRS). Такі роботи високопрохідні, можуть працювати автономно, але вони мають обмежену область застосування через низьку вантажопідйомність.

На рис. 3, *в* [3] зображений колісний очисний МР M2000 вагою 216 кг з постійними магнітами. M2000 містить два великих магніти, які закріплені під передньою і задньою осями машини.



а) б) в)

Рис. 2. Підводні мобільні роботи: а – крокуючий очисний; б, в – гусеничний очисно-інспекційний



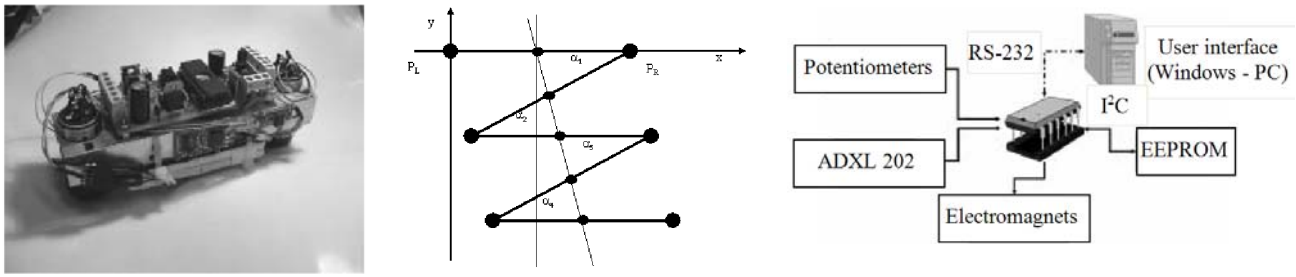
а) б) в)

Рис. 3. Колісні МР з постійними магнітами: а, б – інспекційні; в – очисний

Робот керується за допомогою блоку радіоуправління в промисловому виконанні. Сигнали від блоку радіоуправління опрацьовуються за допомогою вбудованого мікроконтролера, який перетворює сигнали джойстика і кнопок входів у відповідні сигнали для виконавчих механізмів МР і повітряних клапанів. Підсистема низького рівня на базі мікроконтролера також забезпечує функції безпеки. Швидкість очищення поверхні визначається за допомогою комп'ютерної системи технічного зору, яка фотографує вже очищену поверхню за допомогою камери та порівнює отриману фотографію зі статичними зображеннями сталевої поверхні, які знаходяться в пам'яті. Після цього система приймає рішення щодо збільшення або зменшення швидкості переміщення МР.

Г. Магнітокеровані притискні пристрої

Цікава концепція запропонована в роботі [11], згідно з якою інспекційний мобільний робот SCID (Catania, Italy, рис. 4, *а*) з електромагнітними утримувачами у вигляді двох потужних електромагнітів не містить привода, а пересувається під дією сили тяжіння по будь-якій траєкторії (рис. 4, *б*). Стратегія управління полягає в модуляції сили тертя між електромагнітом і поверхнею для отримання заданої траєкторії. В МР використані два види датчиків: два потенціометри (стандартні однообертні лінійні) для вимірювання кутового положення та акселерометр ADXL 202 для визначення абсолютного кута відхилення робота.



а) б) в)

Рис. 4. Інспекційний мобільний робот: а – зовнішній вигляд; б – траєкторія переміщення; в – архітектура системи керування

На рис. 4, *в* показана архітектура системи керування МР SCID. Користувальницький інтерфейс, який працює на класичному ПК, використовується тільки для регулювання параметрів управління і перепрограмування даних для відпрацювання траєкторії. МР оснащений гібридним нечітко-цифровим мікроконтролером ST52E420 (ST Microelectronics). Програмне забезпечення контролера складається з процедури низького рівня для зв'язку, користувальницького інтерфейсу, виконавчого блоку та алгоритму управління.

Перевагами такого МР є висока енергоефективність та невелика маса, а недоліками є обмеженість застосування через можливість пересування лише зверху вниз, що відповідно не дозволяє працювати на стельових поверхнях, невисока надійність системи через появу неконтрольованого ковзання в процесі переміщення по складних вертикальних поверхнях.

Морський колісний МР Octopus (French, рис. 5, *а*) [9] здатний пересуватися по вертикальних, горизонтальних або похилих сталевих поверхнях за допомогою потужних магнітів. Система «Hie» може бути попередньо запрограмована слідувати за заздалегідь визначеним шляхом або управлятися дистанційно в режимі реального часу за допомогою джойстика. Такий робот має низьку швидкість та прохідність через невелику площу зчеплення з робочою поверхнею.

Очисний МР крокуючого типу з ручним, напівавтоматичним та автоматичним управлінням зображений на рис. 5, *б* [10]. Притискні пристрої виконані на базі постійних магнітів NdFeB здатні уникнути накопичення феромагнітного пилу під час роботи очисного обладнання за рахунок додаткових електромагнітів. Архітектура робота заснована на двох-чотирьох нижніх рамах або модулях, пов'язаних між собою комплексом суглобів, які переміщуються один відносно одного за допомогою пневматичного привода, чим забезпечується процес пересування робота по корпусу судна (рис. 5, *в*).

а) б) в)

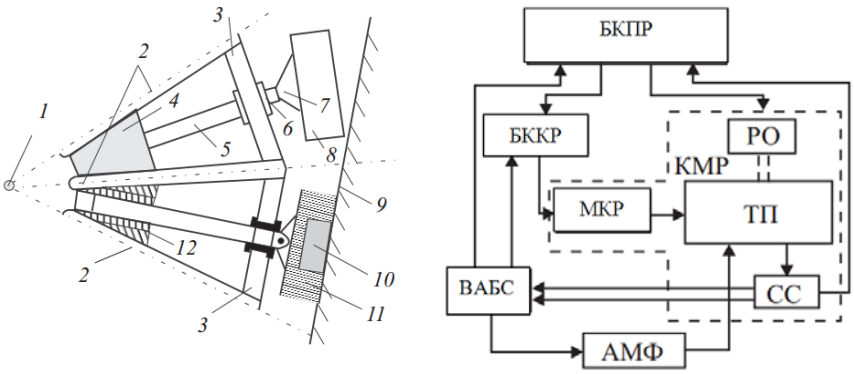
Рис. 5. Очисні мобільні роботи: а – МР з електромагнітними утримувачами; б – автономний МР з комбінованими утримувачами; в – траєкторія переміщення автономного МР

Структура системи управління складається з двох основних частин: бортова система управління, яка контролює датчики і приймає рішення в режимі реального часу, що стосуються стану виконавчих механізмів; і система управління переміщенням МР, розташована на базовій станції на землі. У функції системи управління переміщенням входять: дозвіл взаємодії з операторами, планування шляху, щоб покрити площу, яка має бути очищена, і контроль якості обробки поверхні за допомогою інформації, отриманої з двох інтелектуальних камер. Перевагами такого МР є його висока прохідність та надійність зчеплення з феромагнітною поверхнею завдяки додатковим електромагнітам, а недоліком – обмеженість областей застосування, тому що через велику кількість дротів він може опрацьовувати лише зовнішні поверхні корпусу судна.

Особливий інтерес представляють колісні магнітні роботи (КМР) з магнітокерованими рушіями (МКР), які забезпечують утримання та переміщення МР по похилій феромагнітній поверхні корпусу судна, запропоновані в роботах [12-15]. МР з МКР складаються з наступних основних конструктивних вузлів: транспортної платформи (ТП), на якій закріплюють всі основні пристрої колісного мобільного робота (КМР); сенсорної системи (СС) робота, яка забезпечує формування інформації про поточний стан ТП; МКР колісного, крокуючого або гусеничного типу; робочих органів (РО) з набором інструментів для виконання визначених виробничих операцій (ВО); блоку керування кінематикою МКР робота (БККР); блоку керування переміщенням робота (БКПР) за заданою програмою; блоку керування РО (БКРО) при вико-

нанні виробничо-технологічних операцій; вузла аварійного блокування і сигналізації (ВАБС) [14].

Фрагмент пристрою МКР, що містить два сектори, схематично показаний на рис. 6, *а*, де вісь колеса 1 збігається з точкою взаємного перетину бісектрис внутрішніх кутів багатокутника колеса, і жорсткі спиці 2 разом з секціями шини 3 і маточиною 4 забезпечують конструктивну міцність МКР.



а) б)

Рис. 6. Елементи колісного мобільного робота: а – фрагмент магнітокерованого колеса-рушія; б – структура системи керування

Пересування МР здійснюють опорно-тягові ланки (ОТЛ), які і є рушійним механізмом. Кожна ОТЛ складається з розсувних спиць, нерухомі елементи яких вмонтовані в маточину 4 (або конструктивно з нею поєднані), а рухомі елементи у вигляді стрижнів 5 через напрямні отвори в секціях шини 3 з втулками 6 висунуті до оброблюваної феромагнітної поверхні (ФП) 9. До вільних кінців стрижнів шарнірами 7 прикріплені притискні магніти (ПМ) 8, які під дією сил магнітного поля розгортаються своєї контактної площиною до ФП і притягуються до неї. Притискні, або силові, магніти таких роботів, як правило, виконують комбінованими, що складаються з ПМ 10 і керованих електромагнітів 11.

Розглянемо особливості структурної організації системи керування КМР з МКР (рис. 6, *б*). Блок керування переміщенням робота містить вкладену інформацію або обчислює траєкторію переміщення робота згідно з його виробничо-технологічним призначенням. Командні сигнали про задані точки траєкторії та необхідну швидкість переміщення КМР надходять на БККР, основне призначення якого полягає у формуванні командних сигналів на МКР, зокрема на їх компоненти, що забезпечують надійне утримання і переміщення ТП по робочій феромагнітної поверхні. При цьому БККР вирішує також завдання диспетчеризації командних сигналів згідно черговості підключення магнітокерованих ОТЛ у процесі повороту кожного колеса відповідно до алгоритму управління [14].

Сенсорна система КМР безперервно контролює положення ТП при реалізації заданої траєкторії, а також динамічну ситуацію (відсутність або виникнення перешкод) у зоні руху робота. При досягненні цільової позиції КМР (у кінцевій точці реалізації заданої траєкторії руху) БКПР подає командний сигнал на РО для виконання передбачених виробничо-технологічних операцій. Одночасно СС попереджає виникнення форс-мажорних обставин, формуючи відповідні сигнали на БКПР і ВАБС, у разі: появи перешкоди в зоні руху КМР; виникнення загрози відриву ТП від робочої поверхні.

У випадках, коли величина зазору між елементами МКР і робочою поверхнею перевищує припустиме критичне значення (при різкому ослабленні сили магнітного тяжіння МКР), СС подає відповідну команду на ВАБС, який включає аварійний магнітний фіксатор (АМФ) положення ТП і формує керуючий сигнал для БККР на призупинення всіх МКР і припинення руху КМР. При цьому ВАБС включає сигналізацію, що сповіщає про аварійну зупинку КМР. Згідно з результатами аналізу особливостей управління КМР його базовим конструктивним вузлом є МКР [14].

Висновки

Проведений аналіз особливостей більшості типів сучасних МР, здатних переміщуватися по похилих та вертикальних поверхнях, відображає комплекс проблем, пов'язаних із розробкою та експлуатацією притискних пристроїв та керуванням приводами таких машин, а також різні шляхи їх вирішення. Розробка мобільних робототехнічних комплексів багатоцільового призначення є найбільш сучасним напрямом, однак досить широко поширеними залишаються однозадачні МР.

Для переміщення по феромагнітним поверхням найбільш ефективні магнітокеровані притискні пристрої. Вони дозволяють забезпечити найбільшу швидкість переміщення і нечутливість до зміни структури і температури поверхні. Наявність постійних магнітів у притискному пристрої підвищує надійність робота у випадку збоїв у роботі системи живлення.

Проведений аналіз підтверджує те, що перспективними діями в окресленому напрямі є створення спеціалізованих систем керування мобільними роботами багатоцільового призначення на базі магнітокерованих силових елементів для виконання робіт на феромагнітній поверхні. Актуальними завданнями в цій галузі є реалізація його механічних переміщень по вертикальних поверхнях різними методами, моделювання руху, дослідження маневрування та прохідності та його інтелектуалізація встановленням відповідних датчиків, організацією зворотних зв'язків, розробкою спеціальних алгоритмів аналізу сцен, накопиченням баз даних про зовнішнє середовище та автоматичним прийняттям рішень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Braunl T. Embedded Robotics. Mobile Robot Design and Applications with Embedded Systems / T. Braunl. – Third Edition, 2003. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
2. Классификация роботов [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://goo.gl/lUyExk.
3. Ross B., Bares J., Fromme C. A Semi-Autonomous Robot for Stripping Paint from Large Vessels / B. Ross, J. Bares, C. Fromme. – The international journal of robotics research, July-August, 2008. – pp. 617–626.
4. Gardit A/S. Environmental paint removal with hydro blasting/ Maritime surface protection. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://goo.gl/EhY99g.
5. Градецкий В., Рачков М. Роботы вертикального перемещения / В. Градецкий, М. Рачков. – М. : Тип. Мин. Образования РФ, 1997. – 223 с.
6. Souto D., Faica A., Lypez-Peca F. and Duro R. J. Lappa: a new type of robot for underwater non-magnetic and complex hull cleaning / D. Souto, A. Faica, F. Lypez-Peca and R. J. Duro // IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Karlsruhe, Germany, May 6-10, 2013. – pp. 3394–3399.
7. Fugro Subsea Services Limited. Case Study. Hull Cleaning and Inspection Robot. 2014. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://goo.gl/XEVRw0.
8. Christensen L., Fischer N., Kroffke S., Lemburg J. and Ahlers R. Cost-Effective Autonomous Robots for Ballast Water Tank Inspection / L. Christensen, N. Fischer, S. Kroffke, J. Lemburg and R. Ahlers. – Journal of Ship Production and Design, Vol. 27, No. 3, August 2011. – pp. 127–136.
9. Robot strips marine growth at sea. JOTUN. Solving the maintenance puzzle. Corrosion Protection Systems for Offshore Structures, Subsea Structures, FPSOs. Number 224. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://goo.gl/U6lXlB.
10. Souto D., Faiña A., Deibe A., Lopez-Peña F. and Duro R. J. A Robot for the Unsupervised Grit-Blasting of Ship Hulls/ D. Souto, A. Faiña, A. Deibe, F. Lopez-Peña and R. J. Duro. – International Journal of Advanced Robotic Systems, 2012, Vol. 9, 82:2012. – pp. 1–16.
11. Longo D. and Muscato G. A small low-cost low-weight inspection robot with passive-type locomotion/ D. Longo and G. Muscato. – Integrated Computer-Aided Engineering, 11 (2004). – pp. 339–348.
12. Кондратенко Ю. П., Запорожець Ю. М. Колесо – рушій мобільного робота // Патент України на корисну модель № 45369. Опубл. 10.11.2009, бюл. № 21, 2009.
13. Кондратенко Ю. П., Запорожець Ю.М. Кондратенко В.Ю. Спосіб магнітокерованого переміщення мобільного робота // Патент України на корисну модель №47369. Опубл. 25.01.2010, бюл. № 2, 2010.
14. Запорожец Ю. М., Кондратенко Ю. П. Задачи и особенности управления магнитными движителями колесного мобильного робота / Ю. М. Запорожец, Ю. П. Кондратенко // Электронное моделирование. Междун. науч.-техн. журнал. – 2013. Том 35, № 5. – С. 109–122.
15. Запорожець Ю. М., Кондратенко Ю. П. Розрахункова модель притискних зусиль мобільних роботів, що пересуваються по феромагнітних поверхнях / Ю. М. Запорожець, Ю. П. Кондратенко // Автоматика / Automatics 2013. XX Міжнарод. конф. з автоматичного управління. Матеріали конференції (25–27 вересня 2013 р.). – Миколаїв. – 2013. – С. 167–168.

Герасин А. С., *Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, г. Николаев, Украина*

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В статье приведены результаты анализа основных типов современных мобильных роботов (МР) различного функционального назначения для работ в вертикальном положении, которые могут быть применены для разработки и исследования новых типов МР многоцелевого назначения, определения комплекса задач, требований и возможных путей усовершенствования конструкций и систем управления такими объектами. Рассматриваются особенности вакуумных, магнитных и магнитоуправляемых прижимных устройств для сцепления с вертикальными и потолочными поверхностями. Особое внимание уделяется известным программным, адаптивно-интеллектуальным системам управления и телеуправлению МР на базе встроенных контроллеров. На основе анализа существующих МР даются практические рекомендации к созданию новых типов таких машин для повышения производительности труда и эффективности выполняемых роботами задач на ферромагнитных поверхностях.

Ключевые слова: *мобильный робот; движитель; прижимное устройство; система управления; телеуправление; встроенный контроллер.*

Gerasin O. S., *Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolayiv, Ukraine*

THE ANALYSIS OF FEATURES MULTI-PURPOSE MOBILE ROBOTS

The article presents an analysis of major types of modern mobile robots (MR) for different functions to work in an upright position. The aim of this paper is to define the most appropriate approaches to power components creating in productivity terms and tasks efficiency increasing, which provide ship multi-purpose mobile robots retention and moving on inclined ferromagnetic surfaces based on mover control systems and clamping devices features critical analysis of different function ship mobile robots. Analysis results can be used for research and development of multi-purpose MR new types, determination of complex problems and possible ways to improve structures and control systems such objects. The concept of robot multifunctionality and allocated the main areas of these machines application are defined with detailed description of the specific examples. The analysis of most types of modern MR, which can move on sloping and vertical surfaces, shows the complex of problems related to the development and maintenance of clamping devices and control actuators of these machines as well as various solutions to these problems. Ship MR inventive solutions for hull cleaning, stripping and inspection are reviewed. The features pneumatic, vacuum-propeller, magnetic and magnetically operated clamping devices to grip with vertical and ceiling surfaces are

defined; advantages and disadvantages of each are highlighted. of The control object features in the form of multi-purpose MR add specific problems to solve, so special attention is paid to adaptive and intelligent systems. In applying these approaches the productivity and efficiency of the work tasks increase by reducing the time for decision making under uncertainty based on sensory information. Also, the well-known program, adaptive-intelligent control systems and telecontrol for MR, which are based on embedded controllers, are reviewed. MR with magnetically operated drivers control systems are preferred, that perform technological operations on ferromagnetic surfaces, located in space with an arbitrary angle of inclination. The most appropriate approaches in terms of increased productivity and efficiency of tasks on ferromagnetic surfaces are identified to the development of the control systems for multi-purpose mobile robots.

Key words: *mobile robot; mover; clamping device; control system; telecontrol; embedded controller.*

© Герасін О. С., 2014

Дата надходження статті до редколегії 17.12.2014 р.