

4. Tsitsimpelis I., Taylor C.J., Lennox B., Joyce M.J. A review of ground-based robotic systems for the characterization of nuclear environments // Progress in Nuclear Energy. – vol. 111. – 2019. – 109-124.
5. Banos A., Hayman J., Wallace-Smith T., Bird B., Lennox B., Scott T.B. An assessment of contamination pickup on ground robotic vehicles for nuclear surveying application // Journal of Radiological Protection. – vol. 41(2). – 2021. – p. 179-186.
6. Робототехнические системы и комплексы . И.И. Мачульский, В.П. Запятой, Ю.П. Майоров; под ред. И.И. Мачульского. – Москва: Транспорт, 1999. – 446 с.
7. Mamalis A.G., Nevliudov I., Romashov Yu. An approach for numerical simulating and processing of measured electrical signals from board sensors installed on wheeled electro-mechanical platforms // Journal of Instrumentation. – vol. 16 (10). – 2021. – P10006. doi: 10.1088/1748-0221/16/10/P10006.
8. Конструирование роботов: Пер. с франц. / Андре П., Кофман Ж.-М., Лот Ф., Тайар Ж.-П. – Москва: Мир, 1986. – 360 с.
9. Аш Ж. Датчики измерительных систем: в 2-х кн. / Ж. Аш, П. Андре, Ж. Бофрон и др. – Кн. 1. – Москва: Мир, 1992. – 480 с.
10. Гантмахер Ф.Р. Лекции по аналитической механике. – Москва: Наука, 1966. – 300 с.

Науковий керівник: Ромашов Юрій Володимирович, д.т.н., професор кафедри КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки.

УДК 338.2

ПРОБЛЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ КОЛІСНОЇ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ ІЗ ЗОВНІШНІМ СЕРЕДОВИЩЕМ

Алешко К. А.

Харківський національний університет радіоелектроніки
Україна, 61166, Харків, пр. Науки, 14
Email: kyryl.aleshko@nure.ua

Анотація: У даній статті було розглянуто принципові обмеженості традиційних підходів щодо автоматизації управління рухом мобільних роботизованих платформ, що є необхідним для розуміння значущості проблеми автоматизованого визначення механічної взаємодії колісної роботизованої платформи із навколишнім середовищем, та механічна взаємодія із зовнішнім середовищем та її характеристики.

Ключові слова: автоматизація, управління, середовище, мобільна платформа.

PROBLEM OF AUTOMATED DETERMINATION OF MECHANICAL INTERACTION OF WHEEL ROBOTIC TECHNICAL PLATFORM WITH EXTERNAL ENVIRONMENT

K. Aleshko

Kharkiv National University of Radioelectronics
Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av., 14
Email: kyryl.aleshko@nure.ua

Abstract: This article discusses fundamental limitations of traditional approaches to automate the control of mobile robotic platforms, which is necessary to understand the importance of the problem of automated determination of mechanical interaction of a wheeled robotic platform with environment, and mechanical interaction with environment and its characteristics.

Key words: automation, management, environment, mobile platform.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Робототехніка і автоматизація систем контролю управління виробництвом активно розвивається в останні роки завдяки розвитку технологічного

процесу мініатюризації інтегральних схем, що дозволяє створювати малогабаритні пристрої, а також розвитку стандартизації процесу виробництва.

Особливий інтерес викликає застосування роботизованих пристроїв в умовах, небезпечних і шкідливих для праці людини (атомні станції, підводні роботи на великій глибині, космічні дослідження тощо). Починаючи з 90-х років минулого століття і по наш час активно ведуться розробки алгоритмів і роботизованої техніки, зокрема – мобільних платформ, призначених для збору та аналізу інформації, отриманої в результаті дослідження невідомого або малодослідженого середовища.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Розглянемо принципи обмеженості традиційних підходів щодо автоматизації управління рухом мобільних роботизованих платформ, що є необхідним для розуміння значущості проблеми автоматизованого визначення механічної взаємодії колісної роботизованої платформи із навколишнім середовищем.

Управління будь-якими об'єктами та й мобільними платформами у то-му числі ґрунтується на фундаментальному факті існування залежності (відображення) між управлінням на стан об'єкту (рис. 1)

$$u(t) \rightarrow x(t) \quad (1)$$

де $u(t)$ – вектор, що визначає управління, та $x(t)$ – вектор, що визначає стан мобільної робото-технічної колісної платформи, які у загальному випадку змінюються протягом часу t .

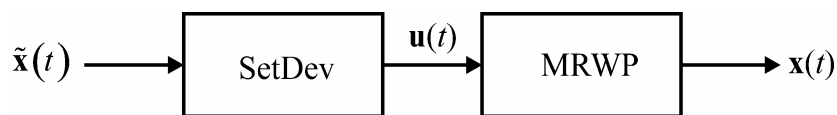


Рисунок 1 – Управління станом мобільної робото-технічної колісної платформи (MRWP) за допомогою задатчику (SetDev)

Щоб забезпечити бажаний стан руху мобільної колісної платформи за умов наявності неконтрольованих випадкових впливів з боку зовнішнього середовища слід виправляти управління відповідно до різниці між її бажаним та фактичним станами. Це може здійснювати оператор шляхом візуальної оцінки фактичного стану керованої колісної платформи та впливу на бажаний стан для корегування управління, що формується задатчиком. Такий підхід вимагає від оператора неперервного контролювання поточного стану платформи та вдалого корегування управління, а саме такий підхід є сутністю ручного управління, в якому зворотній зв'язок здійснюється оператором.

Для позбавлення недоліків ручного управління передбачають системи автоматизації із зворотнім зв'язком (рис.2) для забезпечення бажаного стану мобільної платформи протягом її руху. Для цього визначають різницю між заданим бажаним станом та вимірним фактичним станом і спеціальний пристрій – автоматичний регулятор стану AGS формує корегування управління для компенсації неконтрольованих впливів на мобільну колісну платформу з боку зовнішнього середовища.

платформи має передбачати автоматизацію вибору режиму руху, тобто автоматизоване формування вектору, що визначає бажаний стан руху. Для цього (рис. 3) слід передбачити бортову вимірювальну систему BMS, яка на основі вимірюваних даних про поточний стан рухомої колісної платформи визначає деякі характеристики стану, у тому числі і характеристики взаємодії із навколишнім середовищем, які представлені вектором, та, крім цього, слід передбачити також автоматичний регулятор режиму AGM, який має для заданого вектору формувати відповідний бажаний режим руху у вигляді вектору.

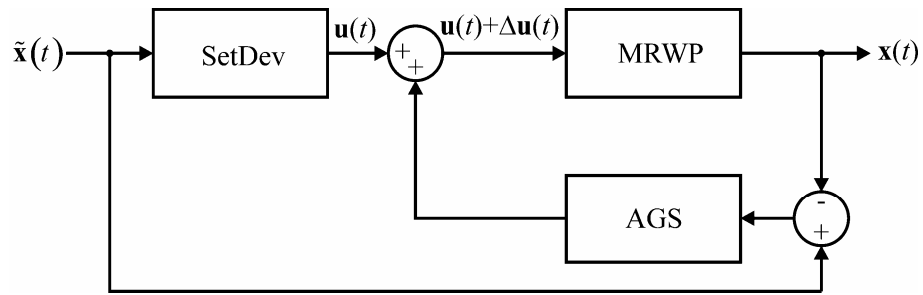


Рисунок 2 – Автоматичне регулювання стану мобільної робото-технічної колісної платформи за допомогою автоматичного регулятора (AGS)

Для забезпечення повної автоматизації управління рухом колісної роботизованої такої системи автоматизації дозволить максимально виключити людину оператора з контуру управління рухом мобільної колісної платформи та звести функції оператора до формування простих команд типу "рухатись"–"зупинитись".

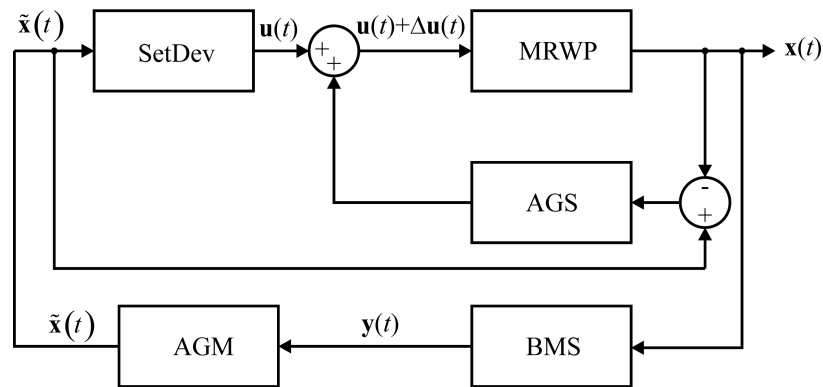


Рисунок 3 – Автоматичне управління рухом мобільної робото-технічної платформи за допомогою бортової виміральної системи BMS та регулятора режиму руху AGM

Оцінка механічної взаємодії мобільної роботизованої колісної платформи із зовнішнім середовищем дозволяє певним чином характеризувати це зовнішнє середовище, що є необхідним для раціонального вибору режиму руху колісної платформи.

Механічна взаємодія із зовнішнім середовищем мобільної роботизованої колісної платформи цілком визначається характером руху її складових, тому розглянемо далі схематизацію рухів колісної платформи та введемо до розгляду міри її взаємодії із зовнішнім оточенням.

Мобільна роботизована колісна платформа представляє собою колісний транспортний засіб, призначений для встановлення на ньому спеціального устаткування (рис. 4) для виконання передбачуваних операцій, і основна функція такої мобільної платформи полягає насамперед у перенесенні встановленого на ній устаткування до необхідного місця проведення робіт.

Зрозуміло, що конструювання та конструкція мобільної колісної роботизованої платформи можуть бути досить різними у залежності від призначення та бажаних характеристик, але в той же час, обов'язковими елементами завжди є корпус-шасі та колісний рушій, який може складатися із різної кількості ведучих та ведених коліс. Характерним для мобільних роботизованих платформ є використання електроприводу рушія від акумуляторних батарей, або зовнішнього джерела живлення за допомогою спеціального дроту.

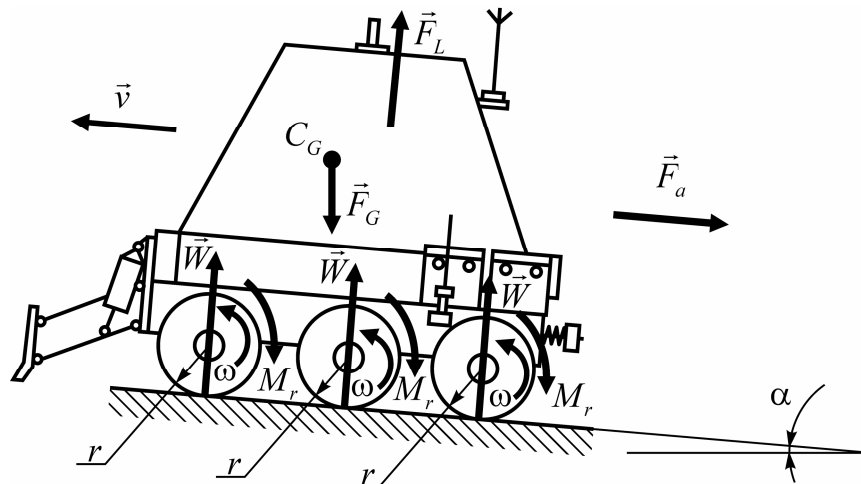


Рисунок 4 – Мобільна колісна роботизована платформа, її рух та взаємодія із зовнішнім середовищем

Природно, що характер взаємодії мобільної роботизованої колісної платформи із зовнішнім середовищем визначається характером руху складових платформи. Зрозуміло, що різним режимам руху платформи, наприклад при її розвороті, при криволінійному, або при прямолінійному русі характер взаємодії платформи із зовнішнім середовищем будуть відповідати різні взаємодії із навколишнім середовищем.

Зрозуміло, що оцінка взаємодії мобільної роботизовано колісної платформи із зовнішнім середовищем заснована на обробці з використанням математичних моделей результатів прямих вимірювань. Обробка вимірюваних сигналів від бортових датчиків, встановлених на досліджуваній колісній платформі, полягає у визначенні залежного від часу t вектора $x(t)$ стану та вектора $a^{(wp)}$ параметрів колісної платформи для точно заданого вектора $u(t)$ керування, вектора вимірюваного сигналу та вектора $a^{(wp)}$ параметрів вимірювальної системи. Таким чином, задачу обробки вимірюваних сигналів від бортових датчиків, встановлених на колісній платформі

$$u(t), v(t), a^{(ms)} \rightarrow x(t), a^{(wp)} \quad (2)$$

Для визначення відображення (2) необхідно насамперед побудувати математичну модель вимірювальної системи, що забезпечує непряме вимірювання вектора стану досліджуваної колісної платформи за допомогою безпосередньо вимірюваних сигналів від встановлених бортових датчиків. Ця модель повинна бути представлена в загальному випадку за допомогою наступної початкової задачі

$$\dot{x} = X^{(m)}(t, x, v, a^{(ms)}), x(t_0) = x^{(0)} \quad (3)$$

де $X^{(m)}$ є деякою функцією, яка принципово не може залежати від вектора параметрів невідомої колісної платформи, щоб мати можливість незалежного вимірювання; t_0 – початковий момент часу; $x^{(0)}$ – вектор, що визначає стан колісної платформи у початковий момент часу.

Початкову задачу (3), що представляє математичну модель непрямого вимірювання (ІМ на рис. 5), можна розв'язати будь-яким типовим відомим числовим методом, таким як Рунге-Кутта, що дозволить визначити вектор стану колісної платформи, відповідний відомому вектору вимірюваного сигналу та вектору параметрів вимірювальної системи. Наявність відомого вектора стану колісної платформи та вектора управління дозволяє визначити вектор параметрів колісної платформи шляхом розв'язування задачі ідентифікації відповідних параметрів (PI на рис. 5). Очевидно, що задача ідентифікації є в принципі

складнішою, ніж розв'язання початкової задачі, і ця обставина вимагає звернення до неї. Одним із найбільш загальних підходів до вирішення проблеми ідентифікації є метод найменших квадратів, для використання якого слід мати математичну модель динаміки колісної платформи у вигляді

$$\dot{x} = X^{(s)}(t, x, v, u, a^{(wp)}, a^{(ms)}), x(t_0) = x^{(0)} \quad (4)$$

де $X^{(s)}$ – деяка задана функція, що визначає математичну модель колісної платформи.

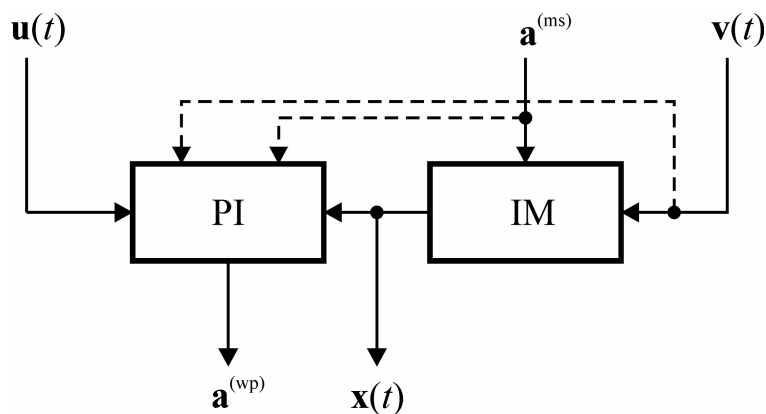


Рисунок 5 – Принципова схема обробки за допомогою математичних моделей вимірюваних сигналів

ВИСНОВКИ. Були розглянуті принципові обмеженості традиційних підходів щодо автоматизації управління рухом мобільних роботизованих платформ, що є необхідним для розуміння значущості проблеми автоматизованого визначення механічної взаємодії колісної роботизованої платформи із навколишнім середовищем, та механічна взаємодія із зовнішнім середовищем та її характеристики.

ЛІТЕРАТУРА

1. Робототехнические системы и комплексы: Учеб. пособие для вузов / И.И. Мачульский, В.П. Запятой, Ю.П. Майоров и др.; под ред. И.И. Мачульского. – Москва: Транспорт, 1999. – 446 с.
2. Динамика планетохода / Е.В. Авотин, И.С. Болховитинов, А.Л. Кемурджиан и др. – Москва: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1979. – 440 с.
3. Вонг Дж. Теория наземных транспортных средств: Пер. с англ. – Москва: Машиностроение, 1982. – 284 с.
4. Ким Д. П. Теория автоматического управления. Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы: Учеб. пособие. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 464 с.
5. Roshanianfard A., Noguchi N., Okamoto H., Ishii K. A review of autonomous agricultural vehicles (The experience of Hokkaido University) // Journal of Terramechanics. – vol. 91. – 2020. – p. 155-183.

Науковий керівник: Ромашов Юрій Володимирович, д.т.н., професор кафедри КІТАМ Харківського університету радіоелектроніки