

Розробка автономної робототехнічної системи для реагування на надзвичайні ситуації високого ризику у кризових зонах

Віталій Протівень, студент ¹ (ORCID: 0009-0006-4226-9499),
Дмитро Міщук, доц., канд. техн. наук ¹ (ORCID: 0000-0002-8263-9400)

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

АНОТАЦІЯ

Триваючі конфлікти та складні кризові середовища створюють потреби в розробці передових автономних систем, які здатні реагувати на масштабні та багатомірні катастрофи. В даній роботі розглядається мобільна гусенична платформа зі встановленим дволанковим маніпулятором. Дане дослідження містить наукові основи та обґрунтування до створення системи керування, яка може бути адаптованою до викликів, спричинених конфліктами. Так як проблема керування дволанковим маніпулятором залежить від рівня складності системи, тому в даному дослідженні запропоновано розглянути прямий метод розробки динамічної моделі маніпулятора. Пропонується застосовувати математичну модель, яка побудована на принципах теоретичної механіки із застосування рівнянь Лагранжа другого роду. Для створення динамічної моделі дволанкового маніпулятора було визначено кінетичну та потенціальні енергії складових систем маніпулятора, а на основі рівняння Лагранжа другого роду отримано динамічні рівняння руху.

Ключові слова: маніпулятор, рівняння Лагранжа, кінетичні енергія, динамічна модель, рівняння руху.

1. ВСТУП

Катастрофи, що загострюються геополітичними конфліктами, спричиняють серйозні пошкодження інфраструктури та створюють безпосередню загрозу безпеці, як цивільного населення, так і рятувальників. З огляду на триваючі конфлікти та складні кризові середовища, які створюються, виникає потреба в розробці передових автономних систем, які здатні будуть реагувати на масштабні та багатомірні катастрофи. Такі системи мають бути адаптованими до викликів, спричинених конфліктами та містити інноваційні стійкі рішення.

Однією з перспективних роботизованих систем є гусенична платформа, що обладнана гідрофікованим маніпулятором. Гусенична платформа має високу прохідність, що дозволяє долати різні перешкоди, а гідрофікованим маніпулятором є універсальним рішенням для вирішення задач у важкодоступних та небезпечних середовищах. Гідравлічний маніпулятор може забезпечити високу точність робіт та створювати значні зусилля, які необхідні для розбирання завалів, евакуації постраждалих та доставки критично важливих вантажів. Такі платформи також можуть бути оснащені додатковими модулями, наприклад, системами дистанційного керування, автономного управління, що дозволить їм діяти в умовах обмеженого доступу до комунікаційних мереж.

Автономність та стійкість до зовнішніх впливів – це ключові вимоги до таких систем. Такі системи повинні бути здатними функціонувати в умовах електромагнітних перешкод, кіберзагроз та фізичних ушкоджень, що характерні для зон конфлікту. Інтеграція штучного інтелекту дозволяє оптимізувати маршрути, аналізувати ризики та адаптуватися до динамічно змінюваних умов, що значно підвищує ефективність рятувальних робіт.

Важливим аспектом є також модульність конструкції, яка дає змогу швидко переоснащувати платформу під конкретні завдання – від розмінування до медичної евакуації. Це особливо актуально в умовах обмежених ресурсів та необхідності швидкого реагування на різноманітні виклики.

2. МЕТА

Розробка та дослідження автономної робототехнічної системи на базі гусеничної платформи з гідрофікованим маніпулятором, призначеної для ефективного реагування на надзвичайні ситуації високого ризику в кризових регіонах.

3. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

На сьогоднішній день існують конструкції гусеничних платформ з високою прохідністю та стійкістю до зовнішніх впливів, які здатні функціонувати в умовах руйнувань, обмеженого доступу та електромагнітних перешкод. Такі системи можуть містити гідрофікований маніпулятор з можливістю швидкої заміни робочих органів для виконання різноманітних завдань, таких, як розбирання завалів, евакуація постраждалих, доставка вантажів (рис. 1).



Рисунок 1. Роботизована система для рятувальних робіт

Для розробки таких систем потрібно мати точну математичну модель механічної системи, яку можна буде застосувати в системах керування.

Для розробки математичної моделі маніпулятора розглянемо кінематичну систему стрілового переміщення

крана-маніпулятора, що складається з двох незалежно рухомих ланок 1, 2 з виконавчими механізмами та захопленням K (див. рис. 2). Рух ланок маніпулятора здійснюється виконавчими механізмами A та B , які не показані на розглянутій схемі.

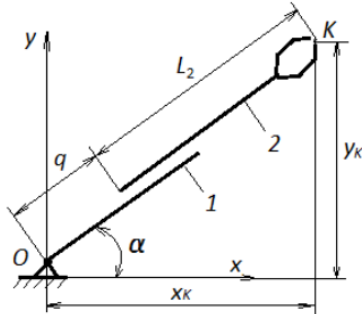


Рисунок 2. Динамічна модель системи підйому стріли дволанкового крана-маніпулятора

В даній динамічній схемі динамічної моделі маніпулятора прийнято такі припущення:

- m_1 – маса першої ланки, яка зосереджена в центрі цієї ланки на відстані $1/2L_1$ від її точки повороту;
- m_2 – маса другої ланки та рухомого об'єкта, яка зосереджена в точці K .

За кут повороту на цій схемі дволанкового маніпулятора прийнято узагальнені координати α першої ланки відносно горизонтальної поверхні та лінійну координату q , що переміщує другу ланку відносно першої. Кінетична енергія розглянутої кінематичної системи маніпулятора визначається, як функція узагальнених координат та узагальнених швидкостей.

Кінетична енергія ланки 1, яка обертається навколо точки O , становитиме [5]:

$$T_1 = \frac{J_1 \dot{\alpha}^2}{2}, \quad (1)$$

де: J_1 – момент інерції поворотної ланки відносно точки O ; $\dot{\alpha}$ – кутова швидкість поворотної ланки.

Кінетична енергія ланки 2, яка обертається навколо точки O та одночасно рухається вздовж осі ланки 1, становитиме [5]:

$$T_2 = \frac{J_{2c} \dot{\alpha}^2}{2} + \frac{m_2 (\dot{q}^2 + (q + L_2)^2 \dot{\alpha}^2)}{2}, \quad (2)$$

де: J_{2c} – комбінований момент інерції поворотної ланки 2 відносно точки O ; m_2 – маса ланки 2 з вантажем.

Відповідно до вибраних узагальнених координат механічної системи з двома ступенями рухливості маємо наступну систему рівнянь Лагранжа другого порядку

$$\begin{cases} J_2 \ddot{\alpha} + 2m_2 \dot{\alpha} \dot{q} (q + L_2) + 4m_2 \dot{q} \dot{\alpha} (q + L_2) = \\ = M - \frac{m_1 g L_1}{2} \cos \alpha - m_2 g (q + L_2) \cos \alpha; \\ m_2 \ddot{q} - 2m_2 \dot{\alpha}^2 (q + L_2) = P - m_2 g \sin \alpha, \end{cases} \quad (3)$$

де: M, P – рушійний момент приводу ланки 1 та рушійна сила приводу ланки 2;

$J_2 = (\frac{1}{3} m_1 L_1^2 + \frac{1}{12} m_2 L_2^2)$ – зведений момент інерції стрілової системи; L_1, L_2, m_1, m_2 – довжина та маса відповідних компонентів механічної системи маніпулятора.

4. ВИСНОВКИ

При проектуванні та використанні промислових маніпуляторів важливо знати різні параметри, які взаємодіють між собою та впливають на загальну продуктивність і ефективність виробничої лінії в якій працюють промислові маніпулятори. При проектуванні роботизованих процесів будівельного виробництва необхідно точно знати технічні вимоги, які необхідно забезпечувати роботизованими системами. Тому при конструюванні промислових роботів та маніпуляторів необхідно враховувати форму, габаритні розміри та масу будівельних конструкцій з якими буде працювати промисловий робот, а також їхні фізико-механічні властивості. Ці параметри будуть визначати загальну схему та компоновання вузлів робота, конструкцію затискного пристрою та зусилля затискання, тип приводу та принцип його керування.

В даному дослідженні запропоновано розглянути прямий метод розробки динамічної моделі маніпулятора. Пропонується застосовувати математичну модель, яка побудована на принципах теоретичної механіки із застосування рівнянь Лагранжа другого роду. Для створення динамічної моделі дволанкового маніпулятора було визначено кінетичну та потенціальні енергії складових систем маніпулятора, а на основі рівняння Лагранжа другого роду отримано динамічні рівняння руху.

Список літератури

- [1] Loveikin V., Mishchuk D. Analysis of the refined mathematical model of the manipulator boom system with an elastic base. *Girnychi, budivelni, dorozhni ta melioratyvni mashyny* [Mining, construction, road and melioration machines]. 2022. Nr. 99. P. 5-14.
- [2] Mishchuk D. O. Study of the dynamics of the boom manipulator mounted on an elastic support. *Girnychi, budivelni, dorozhni ta melioratyvni mashyny* [Mining, construction, road and melioration machines]. 2017. Nr. 90, P. 11-18.
- [3] Mischuk D. Volianiuk V., Gorbatiuk Eu. Determination of geometric parameters of the manipulator according to the characteristics of the working environment. *Girnychi, budivelni, dorozhni ta meliorativni mashini* [Mining, construction, road and reclamation machines]. 2019. Nr. 94. P. 25-34.
- [4] Коробенко Я., Міщук Д., Санкін І. Дослідження взаємозв'язків між технічними параметрами промислових маніпуляторів. *Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини*. 2023. № 102. С. 65–73.
- [5] Воляннюк В., Міщук Д., Пархоменко М. Розробка динамічної моделі управління дволанковим краном-маніпулятором. *Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини*. 2022. № 99. С. 15–19.