

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАЄКТОРІЇ ЛІТАКА ПО ЗЛІТНІЙ СМУЗІ НА БАЗІ ЯКІСНОГО АНАЛІЗУ РУХУ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ

Кузьмич О.І., Мекуш О.Г.

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки

Протасюк Н.А.

Коледж технологій, бізнесу та права Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки

В II пол. 20 століття активізувався інтерес до досліджень, що стосуються впровадження роботів в процес автоматизованого виробництва.

У даній роботі розглянута модель колісного мобільного робота, яка може бути прийнята за основу для дослідження динаміки літаків при їх злеті та посадці на злітну смугу.

Дана модель дозволяє дослідити одну з актуальних проблем літакобудування, а саме - стійкість літака при його русі по злітній смугі. Ключову роль при цьому відіграє взаємне розміщення коліс і центра мас літака.

В даній роботі виконано моделювання динаміки руху мобільного робота в середовищі MatLab та пояснено виникнення ефекту нестійкості. На основі моделювання встановлено, що описані нетривіальні динамічні ефекти виникають в залежності від конструкції шасі робота, а саме – взаємного розміщення центра мас, ведучих коліс і третього колеса. Це твердження підтверджено експериментально [1-5].

Розглянемо мобільний робот, який має два незалежно керованих моторизованих колеса. Нехай рух робота відбувається в горизонтальній площині, третє колесо робота вважається безінерційним, позбавленим тертя і закріпленим на шасі робота. При прийнятих припущеннях його рух повністю визначається координатами (x, y) , точки A - центру відрізка, що з'єднує провідні колеса шасі, і кутом повороту φ , відлічуваним від осі OX .

Динаміка руху робота описується нелінійною системою диференціальних рівнянь [5]. Модуль V швидкості центра мас та кутова швидкість Ω робота задовольняють динамічним рівнянням:

$$\begin{aligned} \dot{V} &= -\frac{2c_2}{mr^2}V + a\Omega^2 + \frac{c_1}{mr}(U_L + U_R), \\ \dot{\Omega} &= -\frac{2c_2l^2}{I_A r^2}\Omega - \frac{ma}{I_A}V\Omega + \frac{c_1l}{I_A r}(U_R - U_L) \end{aligned} \quad (1)$$

де m - маса корпусу, $I_A = I_C + ma^2$ - його момент інерції. Тут V - лінійна швидкість центра мас, Ω - кутова швидкість робота, $2l$ - відстань між центрами провідних коліс робота. Розглянемо випадок подачі на двигуни ведучих коліс однакових напруг, що відповідатиме прямолінійному руху. Введемо позначення: $\mu = -\frac{2c_2}{mr^2}$ та $p = \frac{c_1}{mr}(U_L + U_R)$, де μ - параметр, пропорційний

коефіцієнту сил в'язкого тертя, p - позитивний параметр, пропорційний сумі напруг, що подаються на провідні колеса робота, a - абсциса центра мас робота в рухомій системі. При позитивних значеннях a центр мас і третє колесо знаходяться попереду ведучих коліс. Величина $\frac{1}{\rho^2} = \frac{m}{I_A}$, де ρ - радіус інерції робота щодо осі, що проходить через центр мас. Тоді у разі однакового розподілу напруг, що подаються на двигуни ведучих коліс, диференціальні рівняння руху мобільного робота мають вигляд:

$$\frac{dV}{dt} = -\mu V + a\Omega^2 + p, \quad \frac{d\Omega}{dt} = -\mu \frac{l^2}{r^2} \Omega - \frac{a}{p^2} V\Omega \quad (2)$$

Схема шасі і її параметри визначають характеристики стійкості і керованості літака при його русі по ґрунту, впливають на навантаження опор. Триколісна схема шасі з передньою опорою характеризується наявністю двох основних опор, розташованих трохи позаду центра мас, і однієї передньої, винесеною на значну відстань вперед від центра мас літака. Така схема прийшла на зміну схемі шасі з хвостовою опорою.

Аналіз показує, що мобільні роботи є надзвичайно зручним об'єктом для аналізу динамічних ефектів, що виникають при русі літака по злітній смузі. Зауважимо, що саме варіант, коли третє колесо знаходиться попереду ведучих коліс, вибирається при конструюванні шасі великих літаків.

Результати даних досліджень є актуальними і вагомими, так як аналіз динаміки мобільного робота дає змогу пояснити ефекти, що призводять до фактів нестійкості при функціонуванні роботоподібних систем та літальних апаратів, які мають подібну конструкцію. Дана модель дозволяє аналізувати та допомагає вирішувати проблему стійкості у сучасному літакобудуванні під час руху літака по злітній смузі. Вдосконалені мобільні роботи можуть також застосовуватись в таких напрямках як поточний моніторинг важкодоступних або небезпечних зон промислових будівель (ракетні шахти, радіоактивні саркофаги).

Список використаних джерел

1. Hirose S. Introduction of "Intelligent Sport" // Robotics and Mechatronics.- 1998.- Vol. 10.- № 1.- P. 2—6.
2. Маркеев А. П. О динамике катящегося тела и некоторых курьезных свойствах вращающегося волчка // Соросовский образовательный журнал.- 1998.- № 9.- С. 96—103.
3. Девянин Е. А. О движении колёсных роботов // Доклады научной школы конференции "Мобильные роботы и мехатронные системы". Москва, 1—3 декабря 1998 года. М.: НИИ механики МГУ.- 1998.- С. 169—200.
4. Белых В. Н. Элементарное введение в качественную теорию и теорию бифуркаций динамических систем // Соросовский образовательный журнал. - 1997.- № 1.- С. 115—121.
5. Мартыненко Ю.Г. Динамика мобильных роботов // Соросовский образовательный журнал.-2000.-Т. 6.- №5.-С.111-116.