

УДК 621.3.078.4

О.К. Каганюк, П.С. Шолом

Луцький національний технічний університет

## ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ

*Каганюк А.К., Шолом П.С. Использование алгоритмов для исследования движущихся объектов. В данной статье изложена методика синтеза алгоритмов управления подвижным объектом. Структура алгоритмов синтезируется из условия перевода управляемого объекта по заданной траектории в назначенное состояние за строго фиксированный интервал времени. Исследования выполнены применительно к трехколесной системе, движитель которой установлен на рулевом колесе. Приведены результаты математического моделирования процессов управления движением транспортной системы*

*Ключевые слова: движущийся объект, трехколесная система, переходной процесс  
Форм. 6, Рис. 5, Лит. 4*

**Актуальність** даної проблеми полягає в тому, що з впровадженням нових інноваційних технологій в останні часи все частіше впроваджуються мобільні робототехнічні комплекси для автоматизації технологічних процесів.

Сучасне виробництво вимагає дуже жорстких умов щодо функціонування сучасних приладів. Ефективне використання інноваційних технологій на виробництві в значній мірі відображає рівень автоматизованого процесу. Останнім часом у пошуках реальної альтернативи напівпровідниковим технологіям для створення нових комп'ютерних систем вчені схиляються все більше на біотехнології, або біокомп'ютіngu, який передбачає собою гібрид інформаційних та молекулярних технологій, а також біохімії.

В даній статті розглядається алгоритм розв'язання поставленої задачі рухомого об'єкта.

В якості експериментального дослідження було прийнято модель рухомого об'єкта, який має три точки опори, як найбільш оптимальну з точки зору стійкості. Аналогічні дослідження були проведені автором статті, але для об'єктів, що мають чотири точки опори.

**Для розв'язання даної проблеми** розглянуто рухому платформу, яка має три точки опори.

На рисунку 1 зображено кінематичну схему рухомого об'єкта, де вказані геометричні параметри  $b$ ,  $d$  і  $R$  – радіус колісної пари.

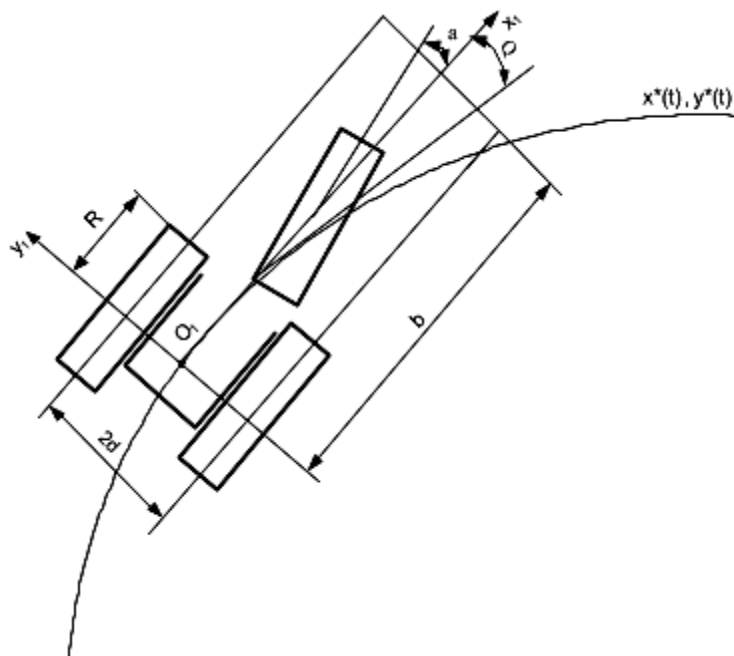


Рис. 1. Кінематична схема рухомої платформи

Для розв'язання даного завдання необхідно ввести дві системи координат. Одна система є нерухомою, інша – для рухомого об'єкта, це відповідно  $OXY$  та  $OLXLYL$ . Центр обертання рухомого об'єкта розташований у точці  $O1$ .

Для того, щоб розглянути модель у площині, зроблено такі припущення: модель буде рухатись без проковзування, а її положення буде визначатись відносно точки  $O1$  в координатах  $OXY$ .

Зміна напрямку руху буде визначатись кутом  $\theta$ . Оскільки об'єкт буде рухатись із певною швидкістю, то потрібно ввести позначення кутової швидкості  $\omega$  (для колісної пари).

Лінійна швидкість  $v$  об'єкта та зміна напрямку руху  $\theta$  будуть визначається за формулою (1).

$$v = R\omega \cdot \cos a, \quad \theta = (R\omega/b) \cdot \sin a \quad (1)$$

де  $a$  – кут обертання колеса.

Положення центру обертання визначається наступним чином (2):

$$x = v \cos \theta, \quad y = v \sin \theta \quad (2)$$

В ролі керуючої функції виступає кут обертання  $a$  та кутова швидкість  $w$ .

Здійснюючи аналіз рівнянь (1) та (2) і синтезуючи алгоритм для розрахунків рухомої моделі, можна знайти значення функцій  $a = a^*$  та  $w = w^*$ , які забезпечують рух об'єкта по заданій траєкторії до заданого положення. Для здійснення розрахунків та отримання необхідних результатів потрібно зробити прив'язку до конкретних умов. В початковий момент часу, коли  $t = 0$ , стан системи буде характеризуватись рівнянням (3).

$$x(0) = x_0, \quad y(0) = y_0 \quad (3)$$

У зв'язку із вищесказаним, необхідно синтезувати алгоритм керування  $a^* = a^*(x, dx, y, dy)$ ,  $w^* = w^*(x, dx, y, dy)$ , при якому даний об'єкт рухається по передбаченій траєкторії, яка визначається функціями  $x^*(t)$ ,  $y^*(t)$ .

При цьому необхідно відмітити, що у конкретний час необхідно зауважити коли  $t = T$  система переходить в інший стан, який визначається рівнянням (4).

$$x(T) = x_T^*, \quad y(T) = y_T^* \quad (4)$$

Потрібно зазначити, що система у момент, коли  $t = 0$ , може відрізнятись від початкового стану. У цьому випадку алгоритм повинен внести корективи під час розрахунку траєкторії рухомого об'єкта.

Здійснивши детальний аналіз об'єкта, було складено алгоритм замкненої системи керування даною системою функцій, схема якого приведена на рисунку 2 (АК – алгоритм керування, ОК – об'єкт керування). Співвідношення (1)-(4) складають основу алгоритму керування, який визначає рух системи по визначеній траєкторії до конкретного стану. Розрахунковими параметрами даної системи являються  $h10, h11, h20, h21$ , які характеризують швидкість зближення траєкторії рухомого об'єкта до заданої траєкторії.

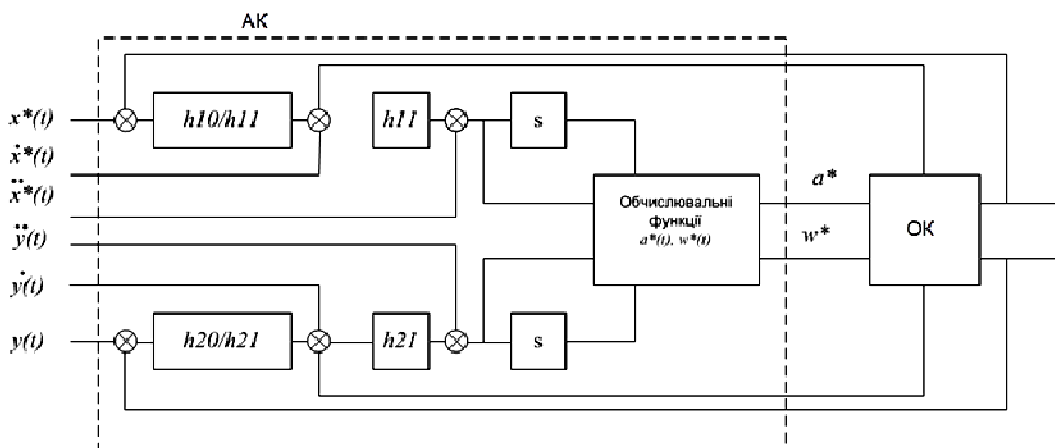


Рис. 2. Функціональна схема алгоритму розрахунку траєкторії руху об'єкта

Далі необхідно визначити часові параметри допустимого інтервалу кроку квантування.

Алгоритм, який було синтезовано, забезпечує рух об'єкта по визначеній траєкторії в тому випадку, коли складається відповідне прискорення системи  $w^* = \sqrt{(w^*)^2 + (w^*)}$ . Програму руху об'єкта необхідно задавати з урахуванням енергетичних ресурсів, які необхідні для переходу системи із початкового положення. Цей стан системи може бути знайдено із нерівності (5).

$$w- < w^* < w+ \quad (5)$$

Де через  $w+$  позначається найбільш допустиме прискорення розгону об'єкта, а через  $w-$  позначається найбільше гальмування об'єкта.

Допустиме значення  $T$ , при заданих параметрах  $w+$  та  $w-$ , залежить від граничних умов як на початку траєкторії руху, так і наприкінці. Справедливо зазначити, що при визначених початкових та кінцевих параметрах зазначене прискорення  $w^*$  визначається параметрами  $T$ , тобто  $w^* = w^*(T)$ . У зв'язку з цим крок квантування керування системою (об'єктом) буде визначатися залежністю  $w^*(T)$  для конкретних даних, які характеризують початкову траєкторію руху об'єкта. Будь-яке значення  $T$ , при якому виконується це рівняння, буде відповідати конкретній траєкторії нашого об'єкта.

Знайти значення  $w^*(T)$  в аналітичному вигляді дуже складно, тому значення  $T$  будемо визначати алгебраїчним чином, тобто чисельним методом.

Підготовка вихідних даних для системи керування буде проводитись у наступній послідовності:

1. Для заданих граничних значень  $(x_0, y_0, dx_0, dy_0)$ ,  $\{x_t, y_t, dx_t, dy_t\}$  та прийнятого конкретного значення  $T = T1$  буде проводитись розв'язання системи рівнянь. На основі проведених рішень визначаються постійні складові  $Cx_0 = Cy_0$ , при яких траєкторія рухомого об'єкта, яка визначається параметрами  $x^*(t)$ ,  $y^*(t)$ , буде з'єднувати початкову та кінцеву точки даної траєкторії. Значення параметру  $T$  може бути і менше визначеного.

2. При знайдених параметрах  $Cx_j = C'x_j$ ,  $Cy_j = C'y_j$  проводиться інтегрування системи рівнянь в межах  $[0; T1]$ . В процесі інтегрування визначається найбільше прискорення  $W^* \max(TL)$ .

3. При збільшенні значень  $T = Tk + dT$ , де  $k = 1, 2, \dots$ , цикл розрахунків параметрів по пунктам 1 та 2 буде продовжуватись до тих пір, поки не буде знайдено значення параметру  $T$ , при якому буде виконуватись це рівняння.

Далі **проведено математичне моделювання** процесів керування рухомого об'єкта.

Результати досліджень динамічної платформи, яка приведена на рисунку 1, буде визначатись за допомогою алгоритму (рисунок 2). В якості визначеної траєкторії на площині ОХУ розглянуто відрізок прямої, яка паралельна осі абсцис і з'єднує початкову точку, яка задається параметрами  $X^*(0) = 0 \text{ м}$ ,  $Y^*(0) = 5 \text{ м}$ , та кінцеву точку з параметрами  $X^*(T) = 20 \text{ м}$ ,  $Y^*(T) = 5 \text{ м}$ . Крок квантування вибирається відповідно такий, щоб  $T = 100 \text{ с}$ .

Кінцевий момент положення об'єкта для випадку, коли  $T = 100 \text{ с}$ , визначається параметрами (6).

$$\begin{aligned} X^*(100) &= 20 \text{ м}, X^*(100) = 0; \\ Y^*(100) &= 5 \text{ м}, Y^*(100) = 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Данні параметри показують, що рухома платформа перейшла зі свого початкового положення і зупинилась в точці із вказаними параметрами.

Числові параметри приймаються рівними  $h10 = h20 = 0.01 \text{ с}^{-2}$ ,  $h11 = h21 = 0.141 \text{ с}^{-1}$ , що відповідає постійній часу перехідного процесу  $x(t) - x^*(t)$ ,  $y(t) - y^*(t)$ , рівній  $tx = ty = 10 \text{ с}$  та декременту затухань  $A = \sqrt{2}/2$ .

Для прийнятих значень параметрів процес переходу системи з одного стану в інший при заданому кроці квантування зображено на рисунку 3.

При інших параметрах графіки перехідного процесу зображені на рисунках 4 та 5.

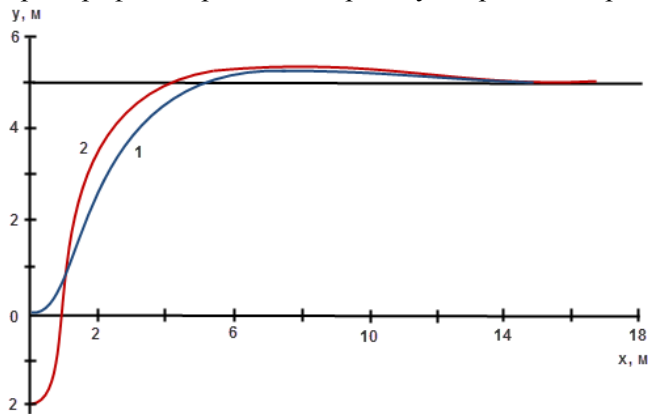


Рис. 3. Перехідний процес системи із одного стану в інший

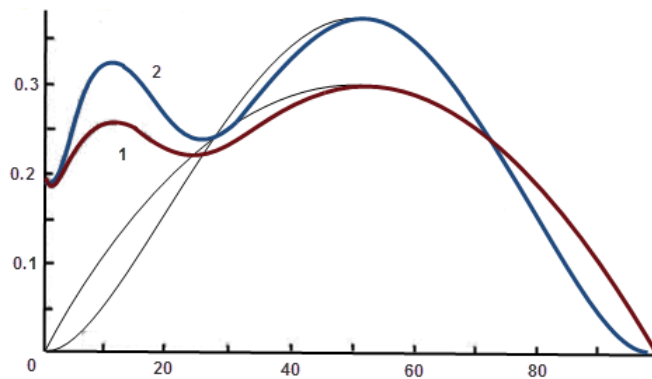


Рис.4. Перехідний процес системи із одного стану в інший (для інших параметрів)

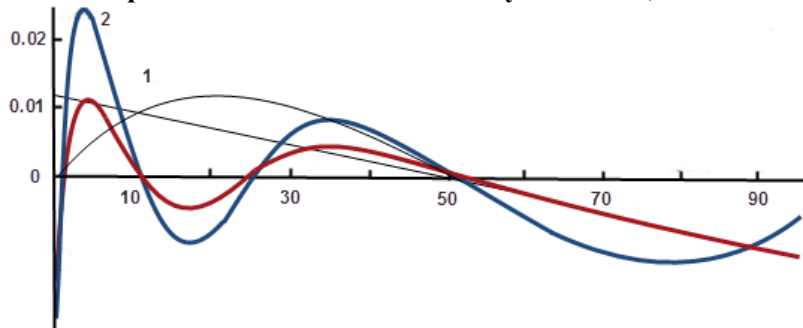


Рис 5. Перехідний процес системи із одного стану в інший (для інших параметрів)

**Висновки.** Дослідження системи керування рухомих об'єктом було здійснено при різних складових початкового стану рухомої платформи.

Результати модулювання дають можливість визначити, що даний алгоритм з кінцевими параметрами кроку квантування дозволяє забезпечити можливість проектування систем з динамічними характеристиками.

Розрахунки показують можливість впровадження даного алгоритму і в інші динамічні системи, оскільки методика синтезу однакова, але процедури синтезу можуть бути різними.

1. Захарова И.Г. Построение нейросетевой системы управления движением автономного транспортного робота // 2 Всерос. конф. "Нейрокомпьютеры и их применение» (НКП-96). Москва, 18-20 февр., 1998 // Нейрокомпьютер. 1998. № 3-4. С. 68-69.

2. Gerulli R., Festa P., Raiconi C, Visciano G. The auction technique of the sensor based navigate planning of an autonomous mobile robot//J. Intell. and Rob. Syst. 1998. № 4. P. 373-395.

3. Ким Д.П., Ким Енг-Шик. Оптимальные и адаптивные алгоритмы управления транспортным роботом // Автоматическое управление и интеллектуальные системы. – М.: МИРЭ, 1996. – С. 101-109.

4. Крутько П.Д. Алгоритмы терминального управления линейными динамическими системами / П.Д. Крутько // Изв. РАН. Теория и системы управления. – 1998. – № 6. – С. 33-45.