

Сахно Володимир Прохорович, д.т.н., професор, Національний транспортний університет, syp_40@ukr.net

Поляков Віктор Михайлович, к.т.н., доцент, Національний транспортний університет

Омельницький Олег Євгенович, аспірант, Національний транспортний університет

МАНЕВРЕНІСТЬ ТРИЛАНКОВОГО МЕТРОБУСА

"Швидкісний автобусний транспорт" (Bus Rapid Transport, BRT) або метробус – так називають складну систему автобусного руху, яка має свої, окремі від основного транспорту, полоси руху на вулицях міста. У цій системі використовуються автобусні станції, а не зупинки. Станції обладнані білетними касами та турнікетами, конструктивна особливість яких дозволяє пасажиром платити за проїзд до посадки. Це дозволяє здійснити швидку, упорядковану посадку, аналогічну метро або рельсовому транспорту [1].

Ця система має ряд незаперечних переваг [1]:

- висока пасажиромісткість поряд з ефективними платіжними системами забезпечують недорогий проїзд;

- висока швидкість руху дозволяє метробусу перевезти велику частку пасажиропотоку, що сприяє зменшенню кількості автобусів на дорогах міста і, відповідно, зменшення викидів відпрацьованих газів;

- висока інформативність пасажирів про розклад рук.

Така система пропонується у м. Києві для перевезень пасажирів зі спальних районів у центр міста. Вартість такої системи на порядок нижча вартості метро, при тому що для метробуса будується своя окрема смуга руху. Ширина такої смуги руху тісно пов'язана з маневреністю метробуса.

У роботі [2] визначені показники маневреності триланкового метробуса на жорстких у бічному напрямку колесах, що можуть відрізнятися від показників маневреності метробуса на еластичних у бічному напрямку колесах. Метою роботи є визначення показників маневреності триланкового метробуса на еластичних у бічному напрямку колесах.

У роботі [3] отримані рівняння плоскопаралельного руху триланкового метробуса на еластичних у бічному напрямку колесах, які записані у вигляді:

$$\begin{aligned}m(\dot{u} + v\omega) &= Y_1 \cos \theta_1 + Y_2 + YA - YB \cos \gamma_1 + XB \sin \gamma_1; \\I\dot{\omega} &= aYA - b(Y_2 \cos \theta_1 + X_2 \sin \theta_1) + cYB \cos \gamma_1 + M_1 + M_2; \\I_1\dot{\omega}_1 &= -YA\lambda \cos \theta + XA\lambda \sin \theta - M_1 = 0; \\I_2\dot{\omega}_2 &= d_1YB - b_1Y_3 - b_{11}Y_{31} + c_1YC - M_3; \\I_3\dot{\omega}_3 &= d_2YC - b_{21}Y_{41} - b_{22}(Y_{42} \cos \theta_{32} + X_{42} \sin \theta_{32}) + M_2 - M_3;\end{aligned}\tag{1}$$

У записаних рівняннях прийняті такі позначення:

$v, u, \omega; v_1, u_1, \omega_1; v_2, u_2, \omega_2; v_3, u_3, \omega_3; v_4, u_4, \omega_4; v_2, u_2, \omega_2$; – поздовжня, поперечна складова і кутова швидкості центру мас автобуса;

λ (*lambda*) – винос керованого колеса автобуса; керуючого колісного модуля автобуса; першого причепа; керуючого колісного модуля другого причепа; другого причепа;

a ; b – відстань від центру мас автобуса до точок кріплення передньої (керованої) осі й його середньої осі (у разі тривісного

c – відстань від центра мас автобуса до передньої осі першого причепа;

$d1$ – відстань від центра мас першого причепа (другої ланки) до точки зчипки з автобусом;

$d2$ – відстань від центра мас другого причепа (третьої ланки) до точки зчипки з першим причепом;

$m, J; m1, J1; m2, J2; m3, J3; m4, J4$ – маса й центральний момент інерції автобуса; керуючого колісного модуля автобуса; першого причепа; керуючого колісного модуля другого причепа; другого причепа;

V – прискорення в поздовжньому напрямку;

$X1, X2i, X3i, X4i$ – поздовжні сили на колесах осей автопоїзда.

$M1, M2, M3$ – моменти опору повороту ланок автопоїзда.

Після розкриття усіх змінних інтегрування вихідної системи рівнянь здійснено за допомогою програмного забезпечення Maple. При цьому кожний з режимів моделювався тим чи іншим законом повороту рульового колеса тягача.

За колового руху метробуса задавалися кути повороту керованих коліс автобуса і другого причепа, а також швидкість руху автопоїзда і знаходилися траєкторії руху центра мас автобуса, рис. 1, за якими у подальшому будувалася габаритна смуга руху метробуса, рис. 2.

За результатами проведених досліджень зроблені наступні висновки:

- при односторонньому повороті траєкторії причіпних ланок зміщуються по відношенню до траєкторії автобуса до центра повороту, збільшуючи при цьому габаритну смугу руху, причому зміщення траєкторій і габаритної смуги руху збільшуються зі збільшення бази причепів;

- нормоване значення габаритної смуги руху за реальних конструктивних параметрів триланкового метробуса з урахування усіх його можливих обмежень (бази автобуса, розташування точок зчеплення, бази причепа тощо) може забезпечити триланковий метробус, як з некерованим, так і керованим другим причепом;

- урахування бічного відведення шин коліс метробуса зменшує габаритну смугу руху метробуса на еластичних у бічному напрямку колесах у порівнянні з метробусом на жорстких у бічному напрямку колесах. Так, габаритна смуга руху при русі коловою траєкторією автопоїзда з керованим другим причепом складає 6,58 м, а з некерованим – 6,73 м, що на 7,65 і 5,21% відповідно менше, чим для метробуса на жорстких у бічному напрямку колесах;

- наявність керованого причепа показує на досить складні залежності кутів складання від кута повороту керованих коліс автобуса, проте за обраного передаточного відношення приводу управління значно зменшується зміщення траєкторії другого причепа щодо траєкторії автобуса, що дозволить зменшити

ширину смуги руху для метробуса на поворотах.

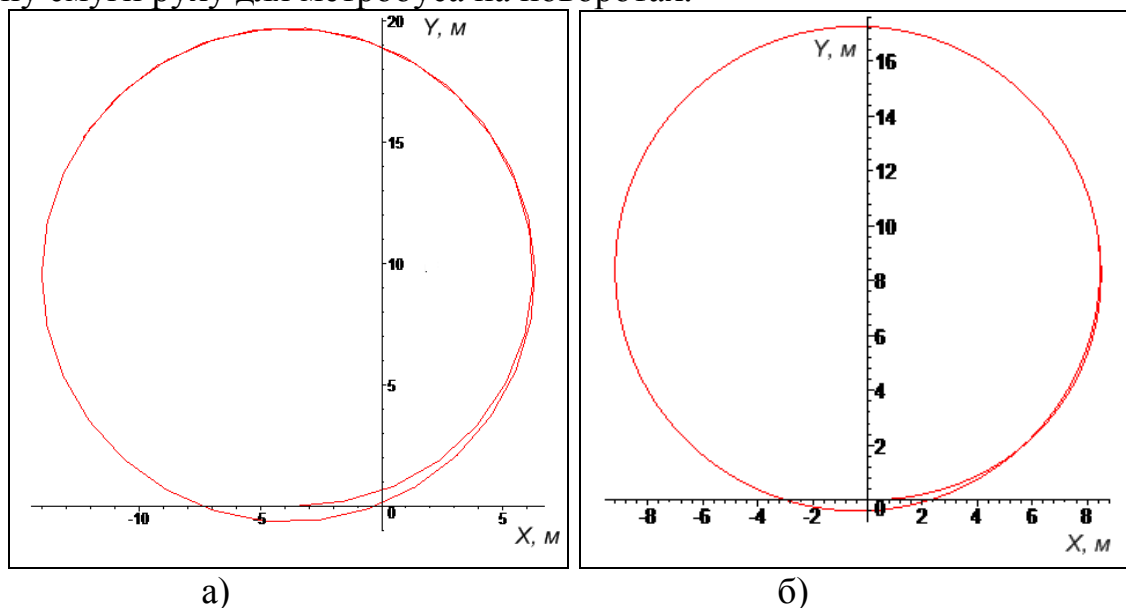


Рисунок 1 - Траєкторії центра мас автобуса з другим некерованим причепом (а) і другим керованим причепом (б) за швидкості 5 м/с

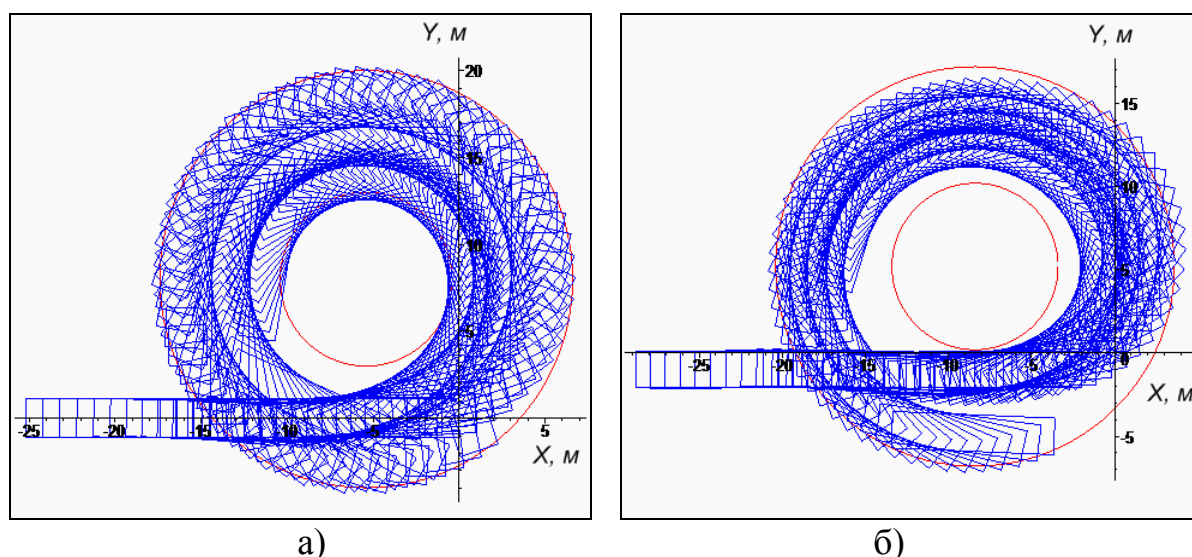


Рисунок 2 – Габаритна смуга руху метробуса з другим некерованим причепом (а) і другим керованим причепом (б) за швидкості 5 м/с

Література

- 1.[Електронний ресурс] – Ресурс доступу <https://econet.ru/articles/4435-metrobus-ili-povaya-sistema-avtobusnogo-dvizheniya>.
- 2.Сахно В.П. Маневреність метробусів/В.П.Сахно, В.В.Біліченко,В.М.Поляков, О.Є.Омельницький //Вісник машинобудування та транспорту. Науковий журнал. Вінницький національний технічний університет, №4 (8), 2018.-С.8-12.
3. Сахно В.П. Рівняння руху моделі чотириланкового причіпного автопоїзда /В.П.Сахно, В.Г.Вербицький, А.Є.Бондаренко, О.А.Енглезі // Автошляховик України. Окремий випуск. Вісник ПНЦ ТАУ. –2007. Окремий випуск №10. С.23-28.