УДК 629.113

ДО ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РУХОМОГО СКЛАДУ В СИСТЕМІ BRT

В.П. Сахно, *д-р. техн. наук, проф.,*
В.М. Поляков, *канд. техн. наук, доц.,*
С.М. Шарай, *канд. техн. наук, доц.,*
Національний транспортний університет, м. Київ, Україна

Сучасні системи громадського транспорту все більше розглядаються як важливий засіб безпечного підвищення мобільності населення, особливо в міських районах, які страждають від зростаючих транспортних заторів. Нова система автобусного руху "Швидкісний автобусний транспорт" (Bus Rapid Transport, BRT) або метробус є результатом розвитку мережі автобусного суспільного транспорту. В порівнянні з метро цей проект має суттєві переваги: менша вартість створення мережі, менша вартість рухомого складу, мобільність та ін. Ці переваги проявляються, перш за все, при максимальному використанні пасажиромісткості метробусів, тобто при застосуванні триланкових метробусів і при їх русі з максимально можливими швидкостями.

Триланкові метробуси можуть виконуватися за двома основними компонувальними схемами - напівпричіпною, за якою виконані майже всі метробуси, і причіпною, яка тільки починає впроваджуватися.

Система BRT передбачає руху автобусів по спеціально виділеним і часто обгородженим смугам, тобто його повна ізольованість на дорозі від інших видів транспорту. У сучасній системі в якості рухомого складу вибираються зчленовані автобуси (тролейбуси) останнього покоління, оснащені двигунами до 250 кВт. При цьому, як в метро, в салонах метробуса віддається перевага місцям для стояння. Завдяки цьому, тільки один зчленований дволанковий автобус може перевозити до 150 пасажирів [1]. Для підвищення пасажиромісткості в системі BRT можуть використовуватися триланкові автобуси і тролейбуси. Так, на найбільшому міжнародному салоні автобусів і комплектуючих Busworld Europe-2019, який проходив у Брюсселі, дебютував незвичайний тролейбус – Trollino 24. Це трисекційна машина довжиною 24 м, що виготовлена польським виробником Solaris Bus & Coach. У рух машину приводять два тягових електродвигуна (на 2-й і 3-й осях) потужністю по 160 кВт кожний. Максимальна швидкість руху тролейбуса повною масою 38 т, пасажиромісткістю від 180 до 200 чоловік складає 70 км/год [1]. Трисекційні автобуси випускають ряд автомобілебудівних фірм тієї ж пасажиромісткості і з тяговим двигуном потужністю 300 кВт.

Поряд з незаперечними перевагами трисекційних зчленованих автобусів і тролейбусів їм притаманні і недоліки – гірші маневреність і стійкість руху у порівнянні з двосекційними. Крім того, ефективність експлуатації таких машин тісно пов’язана з пасажиропотоком, який протягом дня може змінюватися в рази. Тому перспективним може стати автопоїзд у складі двох (або трьох) автобусів або тролейбусів, що працюють у зчіпці, пасажиромісткість яких аналогічна зчленованим автобусам і тролейбусам. У години пік працює автобусний поїзд, а у міжпіковий період – кожний автобус окремо (можлива стоянка одного автобуса на виділеному майданчику).

Показово, що над ідеєю причіпного автопоїзда, який рухається по дорогам загального користування, працювали і в Києві. Відомий київський фахівець Володимир Пилипович Векліч – автор зчленованих тролейбусів, які вперше були застосовані у колишньому СРСР, а саме у Києві.

Поряд з тролейбусним автопоїздом інститутом "ДержавтотрансНДІпроект" разом з Київським автомобільно-дорожнім інститутом у 1973 р. була розроблена конструкція автопоїзда, що складався з двох автобусів ЛАЗ-695, яки працювали в зчіпці (рис. 1). Дослідна

експлуатація такого автопоїзда на одному з маршрутів міста Києва показала його життєздатність. Проте, одночасна поява у Києві шарнірно-зчленованих автобусів Ikarus-180 зумовила припинення експлуатації зазначеного автопоїзда. Разом з тим, такі причіпні автопоїзди можуть знайти своє застосування в системі BRT [2].

Рисунок 1 – Автопоїзд у складі двох автобусів ЛАЗ-695 у зчіпці

Проведеними дослідженнями показано, що метробус (автобусний поїзд) може конкурувати з метро у випадку його пасажиромісткості 210...250 чоловік і інтервалу руху 45...60 с. Така пасажиромісткість може бути забезпечена тільки автобусним поїздом у трисекційному варіанті.

Зважаючи на обмеження максимальної довжини автобусного поїзда на рівні 24…25 м, у якості автобусів, як складових автопоїзда, приймемо восьмиметрові автобуси МАЗ-206. Пасажиромісткість такого автобуса складає 72 пасажири, потужність тягового двигуна – 160 кВт.

Визначено необхідну потужність двигунів автобусів трисекційного автобусного поїзда. Розрахунок показав, що для руху автобусного поїзда зі швидкістю 25 м/с необхідна сумарна потужність двигунів повинна складати 300 кВт, у той час як для одного автобуса вона повинна бути на рівні 135 кВт. Це свідчить про економічну доцільність використання автобусного поїзда із трьох автобусів, що працюють в зчіпці. Для їх руху у всьому діапазоні швидкостей достатньо потужності двох двигунів, тобто один з автобусів може використовуватись як пасивний причіп, що призведе до поліпшення паливної економічності автобусного поїзда.

Для вирішення питання щодо доцільності використання такого автопоїзда необхідно перевірити його здатність рухатися в міських умовах, де існують обмеження щодо ширини проїздів і перехресть. Ці обмеження визначаються Правилами №36 ЄЕК ООН, які регламентують зовнішній і внутрішній габаритні радіуси на рівні 12,5 і 5,3 м, а також габаритну смугу руху (ГСР) на рівні 7.2 м.

Перші детальні дослідження експлуатаційних властивостей вантажних триланкових автопоїздів почалася у 80-х роках минулого століття. Найбільш відомі роботи у цьому напрямку Фаробіна Я.Є. [3], Висоцького М.С. [4], Горелова В.А. [5], Аюпова В.В. [6], Сахно В.П. і Полякова В.М. [7] та ін. Питання маневреності автопоїздів визначалися як на жорстких, так і еластичних у бічному напрямку колесах. Загальним у цих роботах можна вважати те, що в системи керування причіпними ланками у якості задаючого параметра використовувалися кути складання ланок автопоїзда. У автопоїзді, що розглядається, кожний автобус має свою індивідуальну систему управління, не пов’язану напряму з кутом складання, який тим не менше впливає на кінематику повороту автопоїзда.

Метою роботи є визначення показників маневреності автобусного поїзда у складі трьох автобусів МАЗ-206, що працюють в зчіпці.

Проведеними на-сьогодні дослідженнями встановлено, що на попередньому етапі габаритні радіуси повороту і габаритну смугу руху (ГСР) можна визначати на жорстких у бічному напрямку колесах.

Для визначення траєкторій руху точок триланковий поїзд розділено на дві пари кінематичних ланок – перший і другий автобуси та другий і третій автобуси.

Згідно теореми про складання обертання фігури навколо паралельних осей, складний криволінійний рух твердого тіла складається з абсолютного руху в нерухомій (абсолютній) системі координат, відносного руху по відношенню до спряженого з ним ведучого твердого тіла і переносного руху останнього.

Розглянуто закономірності криволінійного руху зазначених кінематичних ланок триланкового автобусного поїзда.

При аналізі маневрових властивостей автопоїзда практичне значення мають лише траєкторії його габаритних точок. Так для побудови габаритної смуги руху автопоїзда необхідно лише побудувати траєкторії руху таких двох точок, які рухаються по дугам кіл найбільшого і найменшого радіусів.

Із застосуванням розробленої методики з використанням програмного забезпечення були визначені кути складання та зміщення траєкторій головних точок другого і третього автобусів. За отриманими результатами були побудовані габаритні смуги руху триланкового автопоїзда, що складається з трьох однотипних автобусів МАЗ-206 при виконанні ним різних маневрів. Дослідженнями доведена доцільність використання триланкового причіпного автопоїзда, що складається з трьох однотипних автобусів загальною довжиною до 26 м і пасажиромісткістю до 220 пасажирів в системі BRT.

Висновок. Встановлено, що за показниками маневреності триланковий причіпний автопоїзд значно перевищує триланковий шарнірно-зчленований автобус. Так, габаритна смуга руху причіпного автобусного поїзда при виконанні ним найбільш типових маневрів при роботі на міському маршруті не перевищує 3,9 і 4,1 м при поворотах відповідно на 900 і 1800, що значно менше, чим для триланкового шарнірно-зчленованого автобуса довжиною 24 м (відповідно 6,8 і 8,2 м).

Подальша робота буде присвячена дослідженню стійкості руху триланкового причіпного автопоїзда, що складається з трьох однотипних автобусів.

Список літератури

1. Метробус: скоростной автобус в Стамбуле. Сайт журналу "Октобус. Журнал" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://journal.octobus.io/istanbul_metrobus/.
2. Сахно В.П. До порівняльної оцінки транспортних засобів для міських перевезень пасажирів в системі BRT / В.П. Сахно, В.М. Поляков, Є.М. Місько, О.Є. Омельницький // Автошляховик України. – 2019, №6, С.7-11.
3. Фаробин Я.Е. Трехзвенные автопоезда / Я.Е. Фаробин, А.М. Якобашвили, А.М. Иванов и др. Под общ. ред. Я.Е. Фаробина. – М.: Машиностроение, 1993. – 224 с.
4. Высоцкий М.С. Основы проектирования модульных магистральных автопоездов / М.С. Высоцкий, С.И. Кочетков, С.В. Харитончик. – Минск: Беларус. Навука, 2011. – 392 с.
5. Горелов В.А. Математическое моделирование движения многозвенных колесных транспортных комплексов с учетом особенностей конструкции сцепных устройств / 77-30569/34394, No2, февраль 2012 г. – Режим доступа: http: http://tecnomag.edu.ru.
6. Исследование маневренных свойств автопоезда на основе системного подхода: монография. / В.В. Аюпов. – Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2012. – 96 с.
7. Поляков В.М. Триланкові автопоїзди. Маневреність / В.М. Поляков, В.П. Сахно. – Київ: Національний транспортний університет, 2013. – 200 с.