

**ПІДВИЩЕННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ЗУПИНОЧНИХ ПУНКТІВ
МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ ФОРМУВАННЯ
ГРУП ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

M.V. Hawrylyshyn

**INCREASING THE CAPACITY OF URBAN PASSENGER TRANSPORT STOPS IN
THE CONDITIONS OF FORMING GROUPS OF VEHICLES**

Сучасні міські транспортні системи функціонують у середовищі з високою інтенсивністю потоків транспортних засобів та пасажирів, що потребує ефективного управління роботою зупиночних пунктів як ключових елементів інфраструктури громадського транспорту. У містах України, як і в багатьох європейських країнах, зростання пасажиропотоків у години пік, нерегулярність руху, накопичення транспортних засобів перед світлофорними об'єктами та низька пропускна здатність зупинок призводять до зниження швидкості руху маршрутів і суттєвих затримок. Проведене дослідження спрямоване на розроблення комплексної методики оцінювання та підвищення пропускної здатності зупиночних пунктів у контексті формування груп пасажирських транспортних засобів.

Аналіз наукових джерел продемонстрував, що основними чинниками, які зумовлюють затримки на зупинках, є нерівномірність прибуття транспортних засобів, накопичення одиниць рухомого складу після перехресть, коливання інтенсивності пасажиропотоків, нераціональна організація посадкових майданчиків та відсутність синхронізації між режимами світлофорів і рухом маршрутів. Досвід зарубіжних дослідників доводить, що оптимізація роботи зупинок має базуватися на поєднанні методів моделювання, реконфігурації інфраструктури, застосування інтелектуальних транспортних систем та математичного аналізу динаміки руху.

У рамках виконаного дослідження було сформовано детальний аналітичний опис руху пасажирських транспортних засобів у виділених смугах, що дозволило визначити основні часові складові функціонування маршруту: час руху між перехрестями, час затримки на регульованому перетині, час розгону, гальмування, а також час зупинки, обумовлений пасажирообміном. Визначення цих параметрів дало змогу сформувати математичну модель оцінки пропускної здатності зупинки з урахуванням локальних параметрів руху.

Особливе значення в роботі надано впливу параметрів світлофорного регулювання, адже саме циклічність червоних і зелених фаз формує нерівномірні групи транспортних засобів, які одночасно прибувають на зупинку. Такі групи збільшують навантаження на посадочні майданчики, погіршують керованість транспортного потоку та спричиняють перевищення фактичного часу пасажирообміну над розрахунковим. Було встановлено, що формування транспортних груп істотно знижує пропускну здатність зупинки та негативно впливає на регулярність роботи маршруту.

З метою розв'язання означеної проблеми розроблено алгоритм моделювання, який враховує тривалість фаз світлофорів, інтенсивність руху, характеристики транспортних засобів різної пасажиромісткості, параметри прискорення і гальмування, а також поведінку пасажирів під час посадки та висадки. Використана модель масового обслуговування дозволила визначити кількість посадкових майданчиків, необхідних для забезпечення безперервної роботи маршрутів. Методика ранжування факторів показала, що найбільший вплив на пропускну здатність мають час пасажирообміну, ефективна

кількість посадкових місць, параметри світлофорних циклів та варіативність прибуття транспортних засобів.

Результати моделювання продемонстрували, що оптимізація зупиночних пунктів у разі формування груп транспортних засобів можлива шляхом впровадження формалізованої моделі управління інтервалами руху. Запропоновано практичні рекомендації щодо синхронізації світлофорів з частотою руху маршрутів, оптимального розташування зупинок відносно перехресть, збільшення пропускної здатності за рахунок організації багатосекційних посадкових майданчиків та модернізації інфраструктури на основі методики Highway Capacity Manual. Порівняльний аналіз показав, що регулювання інтервалів між транспортними засобами дає змогу зменшити ступінь групування до 30 %, а застосування інтерактивних систем диспетчеризації може знизити середній час затримок на зупинці на 12–18 %.

Значну увагу приділено поглибленому вивченню процесів формування транспортних груп після перехресть. Застосування математичного апарату дозволило визначити залежності між довжиною світлофорного циклу, інтенсивністю руху та ймовірністю прибуття кількох транспортних засобів у межах малого інтервалу часу. Результати дослідження виявили, що навіть незначне збільшення фази зеленого сигналу на 5–10 секунд може розірвати транспортну групу та зменшити навантаження на зупинку на 20–25 %, що є критично важливим для забезпечення регулярності руху в години пік.

Узагальнення проведеного дослідження дозволяє стверджувати, що підвищення пропускної здатності зупиночних пунктів є багатокомпонентним завданням, що потребує інтеграції математичного моделювання, інтелектуальних транспортних систем та інженерних рішень. Запропонована методика забезпечує можливість кількісної оцінки ефективності зупинки в різних умовах міського середовища та дозволяє формувати обґрунтовані рекомендації для оптимізації транспортної мережі. Результати можуть бути використані органами місцевого самоврядування, транспортними підприємствами, інженерами-транспортниками та проектувальниками міських доріг.

Підвищення ефективності функціонування зупиночних пунктів є одним із ключових чинників розвитку сталої мобільності в українських містах. Врахування формування груп транспортних засобів, а також інтеграція цифрових технологій управління рухом дозволяють не лише збільшити пропускну здатність, але й позитивно вплинути на якість обслуговування пасажирів, регулярність руху, екологічні показники та загальну ефективність міської транспортної мережі.

Додатково було проведено порівняльний аналіз особливостей функціонування зупиночних пунктів у містах різного масштабу, що дало змогу виокремити специфічні закономірності організації пасажирських перевезень у середніх та великих урбанізованих агломераціях. Виявлено, що у містах із щільною забудовою та розгалуженою мережею маршрутів критичним чинником стає саме взаємний вплив маршрутів один на одного. Накладання графіків руху, різні типи рухомого складу на одному коридорі, неоднорідність профілю вулиці та зміни дорожньої ситуації створюють складні умови, у яких навіть невеликі коливання в русі одного автобуса або тролейбуса призводять до каскадних затримок. Таким чином, підвищення пропускної здатності зупинок має розглядатися не лише як локальна задача, а як частина ширшої стратегії управління міською транспортною системою з урахуванням багаторівневої взаємодії маршрутів.