

© Білоус А. Б., канд. техн. наук, доцент;
© Півторак Г. В., асистент (НУ«Львівська політехніка»)

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИБОРУ КОНТРОЛЬНИХ ТОЧОК МАРШРУТУ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МОМЕНТУ КОРЕКЦІЇ РОЗКЛАДУ РУХУ

Анотація. У статті проведено аналіз літературних джерел щодо питання використання контрольних точок маршруту для корекції розкладів руху та методів вибору цих контрольних точок.

Ключові слова: якість роботи автобусів, розклад руху, контрольна точка.

Аннотация. В статье представлен анализ литературы по вопросам использования контрольных точек маршрута для коррекции расписания движения и методов выбора этих контрольных точек.

Ключевые слова: качество работы автобусов, расписание движения, контрольная точка.

Abstract. This paper analyzes the literature regarding using the time points for transit schedules changing and methods of time points selection.

Keywords: quality transport, shedule, time point.

Вступ

Об'єкт дослідження — часові параметри функціонування маршруту громадського транспорту.

Мета роботи — аналіз досліджень, спрямованих на вдосконалення методів корекції розкладів руху на маршруті на основі контрольних точок та формування удосконаленого алгоритму вибору контрольних точок.

Метод дослідження — аналіз літературних джерел.

Основним чинником, що враховується у визначенні показника якості транспортних перевезень за різними методиками, є час, який витрачається пасажиром на поїздку. А цей час, у свою чергу, залежить від коректності складання розкладу руху на маршруті. Доцільність формування і редагування розкладів руху з використанням контрольних точок маршруту (зупинок, де відбувається контроль фактичного та розкладового часу руху) є загально визнаною. Проте й досі немає однозначного алгоритму вибору цих контрольних точок. Проаналізувавши дослідження в цій галузі, можна виділити три групи методів: визначення контрольних точок на основі часових характеристик маршруту, на основі значень пасажиропотоку на маршруті та на основі поєднання цих показників. Авторами пропонується алгоритм вибору контрольних точок на основі значень часу простою транспортного засобу на зупинці та відхилення часу прибуття транспортного засобу на зупинку відносно розкладового. В подальшому планується проводити аналіз статистичних даних про час рейсу на маршруті з метою визначення конкретних числових значень названих показників, на основі яких можна було б класифікувати зупинку як контрольну точку.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Управління перевезеннями пасажирів у межах міста має забезпечувати регулярність руху транспорту та швидку доставку пасажирів з визначеним достатнім рівнем комфортності одночасно з раціональним використанням рухомого складу на маршруті. Забезпечення доступності та якості транспортних послуг для населення є ціллю та пріоритетом на національному рівні [1].

Якість роботи автобусів — це сукупність характеристик процесу перевезення пасажирів, рівень яких задовольняє встановлені та передбачувані потреби пасажирів [2]. На сьогодні не існує єдиного показника, яким би можна було оцінити якість автобусних перевезень. Питаннями визначення такого індикатора займалось багато вітчизняних та іноземних науковців, серед яких: А. М. Большаков, А. В. Шабанов, А. В. Вельможин, К. В. Фролов, В. Ф. Харченко, Е. А. Крейсман, Ю. М. Гончаров, Н. Пауллі, В. Піна, Л. Торез, В. Лей, Чінг-Фу Чен та ін. Показники, запропоновані дослідниками, враховують ті чи інші чинники, що можуть впливати на якість перевезень. Проаналізувавши запропоновані різними авторами варіанти визначення показника якості пасажирських перевезень, можна зробити висновок, що критичним чинником, який впливає на значення показника якості пасажирського обслуговування, є час, що витрачається пасажиром на поїздку. А цей час, у свою чергу, визначається складанням гнучких та максимально наближених до реальних запитів розкладів руху на маршруті.

З іншого боку, розклад руху не є усталеним і вимагає періодичної корекції. В цьому сенсі постає необхідність у надійному інструментарії, який дозволяв би безперервний моніторинг дотримання розкладу руху на маршруті та виявлення часового моменту обґрунтованої необхідності його корекції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні існує ряд методів, які дозволяють за певними показниками визначити необхідний момент для корекції розкладу руху на маршруті. Широким також є спектр чинників, які враховуються в цих методах. Проте на практиці їхнє використання не є масовим, тобто існують певні незручності щодо застосування в реальних умовах. Внаслідок такої ситуації розклад руху перестає бути гнучким і відповідати реаліям, які впливають на параметри функціонування маршруту, і, що найголовніше, знижується рівень задоволеності користувачів.

Чинні методи визначення необхідності корекції розкладу руху на маршруті потребують глибокого та ґрун-

товного аналізу на предмет виявлення переваг та недоліків кожного зокрема. В процесі критичного аналізу слід відібрати найбільш вдалі рішення для формування на їх базі практичного та легкого у використанні інструменту з моніторингу параметрів функціонування маршруту та визначення часу необхідної корекції розкладу руху.

Формування розкладів руху на сталих автобусних маршрутах з багатьма проміжними зупинками включає в себе такі основні рішення [3]:

- 1) вибір певної частоти чи інтервалу руху для кожного автобуса;
- 2) вибір певних зупинок як контрольних точок (time points), для яких у розкладі фіксується час відправлення, і в яких зазвичай очікується проведення контролю, тобто якщо автобус готовий відправлятися з контрольної точки раніше за час відправки за розкладом, він очікує на зупинці часу відправки згідно з розкладом, а якщо запізнюється відносно часу відправки за розкладом, відправляється негайно після завершення обслуговування пасажирів;
- 3) призначення розкладового часу відправлення для кожної контрольної точки.

Перше рішення є відносно незалежним щодо інших двох і вимагає відповіді на питання, як задовольнити попит пасажирів уздовж маршруту та збалансувати його з урахуванням заданого рівня використання пасажиромісткості автобуса і прийняттого часу очікування посадки пасажирів [4, 5].

Розв'язання другого та третього питання є дуже важливим для формування розкладів руху. Вибір занадто багатьох контрольних точок сповільнює проведення операцій і підвищує час очікування пасажирів, час поїздки та час обслуговування. З іншого боку занадто мала кількість контрольних точок не дає змоги ефективно контролювати процес, призводить до хаотичності і теж викликає підвищення часу очікування пасажирів, зростання затримок та додаткових операційних витрат (наприклад, плату за понаднормову працю водіїв чи витрати, пов'язані з використанням резервних водіїв чи автобусів). Щодо часу поправки в контрольній точці (slack time), який визначається як різниця між часом відправлення за розкладом та фактичним часом прибуття автобуса в контрольну точку, то занадто велика поправка часу або занадто вільний розклад сповільнює операції, а занадто коротка поправка часу чи занадто щільний розклад сприяє зростанню кількості порушень цього розкладу — обидві ситуації є негативними [3].

Питаннями формування розкладів руху громадського транспорту загалом і визначенням кількості та розміщення контрольних точок на маршруті зокрема займалися досить мало вітчизняних авторів, в основному це висвітлюють зарубіжні джерела.

Л. Дж. С. Леслі [6] вважає, що контрольні точки мають розміщуватися на тих автобусних зупинках, де коефіцієнт змінності інтервалу руху є більшим, ніж подвійний середній коефіцієнт на всіх автобусних зупинках. Коефіцієнтом змінності інтервалів руху він називає відношення максимального інтервалу руху на маршруті до мінімального інтервалу.

М. Абковітч та І. Енгельштейн [7] пропонують признавати контрольними точками зупинки, на яких стандартне відхилення часу прибуття автобусів до зупинки відносно

часу прибуття за розкладом і співвідношення між пасажирами, які згодом сідатимуть в автобус вздовж маршруту, до пасажирів в автобусі, буде максимальним.

Згідно з дослідженнями авторів [8] вибір зупинок для оптимального контролю є чутливим до кількості пасажирів, які здійснюють посадку вздовж маршруту, і зазвичай контрольними доцільно робити зупинки, які передують зупинці чи групі зупинок, де спостерігається значна кількість пасажирів, що здійснюють посадку.

У. Вандебона та А. Річардсон [9] пропонують вводити змінну жорсткість контролю в контрольних точках, що визначається кількістю стандартних відхилень від часу руху, зафіксованого в розкладі. Чим більша кількість контрольних точок на маршруті, тим меншою має бути жорсткість контролю. Оптимальною є така жорсткість контролю, за якої спостерігається нульове зміщення, тобто транспортні засоби в контрольній точці мають демонструвати тільки зростання значення часу поїздки.

У деяких дослідженнях [10] подано результати моделювання зв'язку між стандартним відхиленням від інтервалу руху та кількістю хаотично вибраних контрольних точок на маршруті. Цей зв'язок набуває форми полінома другого ступеня, вказуючи, що як недостатня кількість, так і надлишок контрольних точок сприяє відхиленню часу руху автобуса від розкладового.

С. К. Вірасінгх [11] пропонує визначати кількість контрольних точок на основі витрат: час поправки в кожній контрольній точці розраховується з умови мінімізації очікуваних загальних витрат цільової функції, яка складається з наступних вартісних компонентів: сумарні витрати часу поїздки, втрати від затримок часу поїздки та штрафні затримки.

Окремі автори [4] пропонують модель визначення кількості та розташування контрольних точок та величини часу поправки на основі врахування таких чинників, як попит на перевезення на кожній зупинці, пасажирообмін на зупинці та дисперсії часу прибуття і часу відправки автобуса для кожної зупинки. Присвоєння зупинці статусу контрольної точки проводиться на основі значень часу поправки (slack time) та частки автобусів, які можуть простоювати в певній точці. Якщо ця частка є незначною (тобто більшість автобусів на зупинці зупиняються тільки для того, щоб здійснити посадку-висадку пасажирів), то зупинка не може бути контрольною точкою. І, навпаки, якщо значний відсоток автобусів прибуває на розглядувану зупинку з випередженням розкладового часу прибуття, то такої зупинці можна надавати статус контрольної точки.

В інших наукових працях [12] розглядається формування розкладу руху автобусного маршруту з використанням однієї контрольної точки на маршруті. Зупинку доцільно розглядати як контрольну точку тільки тоді, коли кількість пасажирів, що здійснюють посадку, є суттєво більшою за кількість пасажирів, що здійснюють висадку.

Автори [13] спрямовують свої дослідження на визначення місця розташування контрольних точок та величину часу поправки з допомогою мурашиного та генетичного алгоритмів.

У підсумку можна констатувати, що на сьогодні існує достатня кількість методів визначення контрольних точок на маршруті та їхньої кількості, які використовують різні

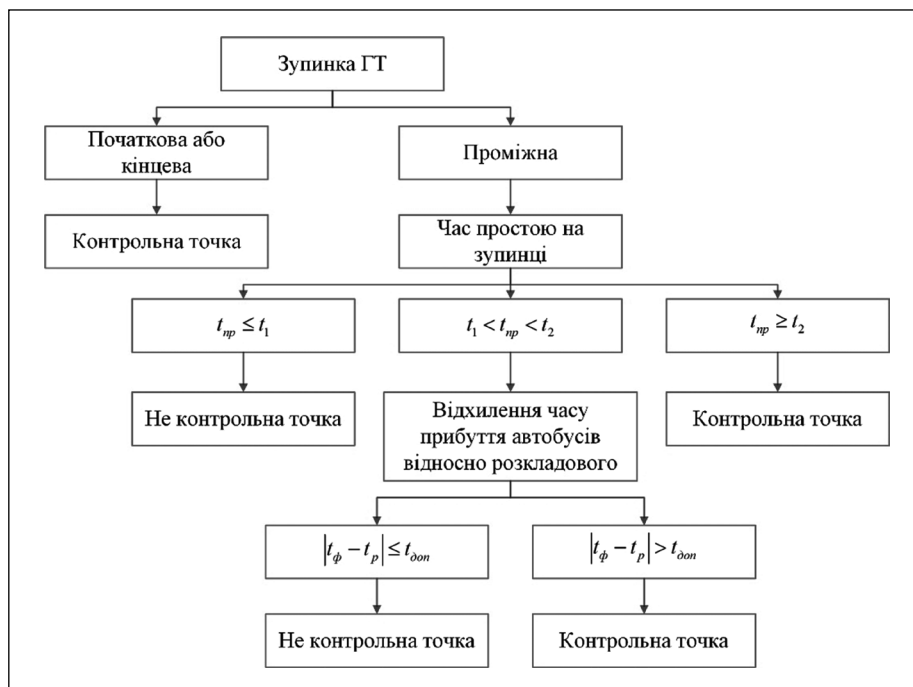


Рис. 1. Алгоритм вибору контрольних точок на маршруті громадського транспорту

підходи. Проте з розвитком технологічних рішень у сфері геопозиціонування виникла можливість отримання великих масивів даних щодо роботи маршруту громадського транспорту. Це відкриває нове бачення розробки методу динамічного та безперервного визначення місць розташування контрольних точок на маршруті громадського транспорту, часових шаблонів їхньої актуальності та опосередкованого визначення пасажирообміну на зупинках маршруту. Наявні методи були позбавлені цих переваг.

Постановка завдання. У роботі [14] визначено, що використання стратегії контрольних точок скорочує загальну тривалість рейсу й оберту автомобіля на маршруті порівняно з відсутністю контролю (до 11%). Важливим є також отриманий авторами висновок, що продуктивність роботи громадського транспорту значно варіюється для однакової кількості, але різного розташування контрольних точок на маршруті.

За результатами проведених досліджень [15] можна сказати, що відхилення часу руху автобуса по маршруту відносно розкладового зменшується за умови використання контрольних точок, проте найбільш ефективними є перші три контрольні точки маршруту.

Завдання дослідження — на базі аналізу методів визначення контрольних точок на маршруті виділити загальний підхід до удосконалення рішення цієї задачі.

Основна частина

Проаналізувавши актуальні дослідження, можна сказати, що всі методи визначення контрольних точок можна розділити на три основні групи:

- 1) визначення контрольних точок на основі часових характеристик маршруту;
- 2) визначення контрольних точок на основі значень пасажиропотоку на маршруті;

3) визначення контрольних точок на основі поєднання часових характеристик та значень пасажиропотоків.

Третя група методів є найбільш точною, проте вимагає великого масиву початкових даних, збір яких може стати на заваді застосуванню цих методів у реальних умовах. Особливу складність становить збір даних про пасажиропотоки. Проте можна стверджувати, що між часом простою автобуса на зупинці і кількістю пасажирів, які здійснюють посадку/висадку пасажирів на зупинці, є залежність, що є загальновибірковою і підтверджується багатьма дослідженнями. Відповідно, коректним є проведення аналізу зупинок громадського транспорту за значенням часу прибуття автобуса на зупинку та часу простою автобуса на ній. За цією гіпотезою і з урахуванням результатів проаналізованих досліджень було сформовано алгоритм вибору контрольних точок (рис. 1):

Як видно зі схеми алгоритму (рис.1), для вибору контрольних точок необхідні певні дані, а саме: t_{np} — час простою автобуса на зупинці, c ; t_1 — значення часу простою, за умови якого зупинка не може вважатися контрольною точкою, c ; t_2 — значення часу простою, за умови якого зупинка вважається контрольною точкою, c ; t_{ϕ} — фактичний час прибуття автобуса на зупинку; t_p — час прибуття автобуса на зупинку згідно з розкладом; $t_{дон}$ — допустимий час відхилення фактичного прибуття від запланованого.

Запропонований алгоритм є структурно головним, елементи якого потребують доопрацювання та створення процедур визначення показників.

Висновки

Провівши аналіз останніх наукових досліджень методів визначення контрольних точок на маршруті громадського транспорту, а також їхньої кількості, можна зробити висновок, що доцільність використання контрольних точок для оперативного контролю та корекції розкладу руху є актуальним та практичним завданням. Однак методи вибору контрольних точок суттєво відрізняються за своїми підходами. Окрім того, на низькому рівні залишається зручність користування цими методами в реальних умовах.

Найбільш точними є методи, що поєднують використання часових характеристик та значень пасажирських потоків.

Метою подальших досліджень є аналіз статистичних рядів даних щодо часу руху автобусів на маршрутах громадського транспорту та часу простою на зупинках і визначення часових параметрів, та з одного боку та обсягу пасажирообміну з іншого, за якими можна було б класифікувати зупинку як звичайну чи як контрольну точку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Транспортна стратегія України на період до 2020 року № 2174-р: офіц. текст: за станом на 20 жовтня 2010 р. — Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-%D1%80>.
2. Филимонова І. Ю. Теоретичні аспекти оцінки якості роботи автобусів / І. Ю. Филимонова, Т. Є. Василенко, Д. В. Фесенко // Вісті Автомобільно-дорожнього інституту: науково-виробничий збірник ДВНЗ «ДонНТУ» АДІ. — Горлівка, 2011. — № 2(13). — С. 15-20.
3. S. C. Wirasinghe, G. Liu, Determination of the number and locations of time points in transit schedule design — Case f a single run. *Annals of Operations Research, Canada*, 1995, P. 161 — 191.
4. V. F. Hurdle, Minimum cost schedules for a public transportation route. *Transportation Science*, V.7 (2), 1973. — P. 109 — 137.
5. S. C. Wirasinghe, Re-examination of Newell's dispatching policy and extensions to a public bus route with many to many time-varying demand, in: *Proceedings of the 11th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, Tokyo, 1990*. — P. 363 — 377.
6. L. J. S. Lesley, The role of the timetable in maintaining bus service reliability. *Proceedings of the International Symposium on Operating Public Transport, University of Newcastle-Upon-Tyne, UK, 1975*.
7. M. Abkowitz, I. Engelstein, Methods for maintaining transit service regularity, *Transportation Research Record*, 1984. — 162 p.
8. M. Abkowitz, E. Amir, I. Engelstein, Optimal control of headway variation on transit routes, *Journal of Advanced Transportation*, V.20 (1). — 1986. — P. 73 — 88.
9. U. Vandebona, A. Richardson, Effect of checkpoint control strategies in a simulation transit operation, *Transportation Research*, V.20 (6), 1986. — P. 429 — 436.
10. P. N. Seneviratne, Analysis of on-time performance of bus services using simulation, *Journal of Transportation Engineering*, V. 116 (4), 1990. — P. 517 — 531.
11. S. C. Wirasinghe, Cost based approach to schedule travel time on a public transportation route, *Proceedings of the 12th International Symposium on the Theory of Traffic Flow and Transportation*, ed. C. F. Daganzo, Berkeley, CA (1993). — 205 p.
12. S. C. Wirasinghe, G. Liu. Optimal schedule design for a transit route with one intermediate time point. *Transportation Planning and Technology*. Volume 19, Issue 2, 1995, P. 121-145.
13. Efficient Transit Schedule Design of timing points: A comparison of Ant Colony and Genetic Algorithms. Ehsan Mazloumi, Mahmoud Mesbahd, Avi Cederb, Sara Moridpourc, Graham Currie. *Transportation Research Part B: Methodological*. Volume 46, Issue 1, 2012, P. 217–234.
14. Oded Cats, Ferran Mach Rufi, Haris N. Koutsopoulos. Optimizing the number and location of time point stops. *Public Transport* 01/2014; 6(3):215-223.
15. James G. Strathman, Thomas J. Kimpel, Kenneth J. Dueker. Bus Transit Operations Control: Review and an Experiment Involving Tri-Met's Automated Bus Dispatching System. *Journal of Public Transportation*. Volume 4, Issue 1, 2001, P. 1–26.

УДН 656.13(477)

© Шарай С. М., канд. техн. наук, професор;
 © Дехтяренко Д. О., асистент;
 © Яценко В. М., аспірант (НТУ)

ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ЛОГІСТИКИ В ОРГАНІЗАЦІЮ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ

Анотація. Розглянуто проблеми, що стримують розвиток міжнародних автомобільних перевезень. Запропоновано стратегічні напрями застосування методів транспортної логістики на автомобільному транспорті.

Ключові слова: логістика, міжнародні перевезення, автомобільний транспорт, транспортно-логістичні системи, інтеграція.

Аннотация. Рассмотрены проблемы, которые сдерживают развитие международных автомобильных перевозок. Предложены стратегические направления применения принципов транспортной логистики на автомобильном транспорте.

Ключевые слова: логистика, международные перевозки, автомобильный транспорт, транспортно-логистические системы, интеграция.

Abstract. The Problems which restrain development of international motor-car transportations are considered. Strategic directions of application of principles of transport logistic are offered on a motor transport.

Keywords: logistic, international transportations, motor transport, transport-logistic systems, integration.