

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

Білоус А.Б., кандидат технічних наук, Національний університет «Львівська політехніка»,  
Львів, Україна

Пивторак Г.В., Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

ANALYSIS METHODS FOR SELECTING TIME POINTS TRANSIT  
FOR DEFINING MOMENT OF SCHEDULE CORRECTION

Bilous A., Ph.D., Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

Pivtorak H., Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ВЫБОРА КОНТРОЛЬНЫХ ТОЧЕК МАРШРУТА ОБЩЕСТВЕННОГО  
ТРАНСПОРТА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОМЕНТА КОРРЕКЦИИ РАСПИСАНИЙ ДВИЖЕНИЯ

Билоус А.Б., кандидат технических наук, Национальный университет «Львовская  
политехника», Львов, Украина

Пивторак Г.В., Национальный университет «Львовская политехника», Львов, Украина

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи  
практичними завданнями**

Управління перевезеннями пасажирів в межах міста повинне 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 даний час 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. Узагальнено результати аналізу літературних джерел по цьому питанню подано в таблиці 1.

Таблиця 1 – Чинники, які враховуються при розрахунку показника якості транспортних послуг

Чинники, які враховуються при розрахунку показника якості транспортних послуг	Автори, що пропонують враховувати чинники
Час, що витрачається пасажиром на поїздку	Большаков А.М. [3], Шабанов А.В. [4], Вдовиченко В.А. [6], Н. Пауллі [9], Миротін Л.Б. [11]
Коефіцієнт наповнення транспортного засобу	Большаков А.М. [3], Вдовиченко В.А. [6], Миротін Л.Б. [11]
Регулярність руху	Большаков А.М. [3], Фріман М. та Ѓьорлінг Т. [8], Миротін Л.Б. [11]
Частота руху	Шабанов А.В. [4], Селезньова Н.О. та Серебрянський П.О. [5]
Ймовірність безвідмовної роботи транспорту	Шабанов А.В. [4]
Величина транспортного тарифу	Шабанов А.В. [4], Н. Пауллі [9]
Інтервал руху	Селезньова Н.О. та Серебрянський П.О. [5]

Чинники, які враховуються при розрахунку показника якості транспортних послуг	Автори, що пропонують враховувати чинники
Соціальні витрати, пов'язані з витраченим пасажиром часом на перевезення	Крейсман Е.А. [7], Доля В.К. [10]
Експлуатаційні витрати автотранспортного підприємства	Крейсман Е.А. [7], Н. Пауллі [9], Доля В.К. [10]
Екологічні витрати на компенсацію забруднення довкілля шкідливими викидами від автобусів	Крейсман Е.А. [7]
Наявність інформації	Фріман М. та Гьорлінг Т. [8]
Безпека руху	Миротін Л.Б. [11]

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, в 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 даний час 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 використання цих методів не є масовим, тобто існують певні незручності у їх застосуванні в реальних умовах. Внаслідок такої ситуації розклад руху перестав бути гнучким і відповідати реаліям, які впливають на параметри функціонування маршруту, і, що найголовніше, знижується рівень задоволеності користувачів.

Наявні методи визначення необхідності в корекції розкладу руху на маршруті потребують глибокого та ґрунтового 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 [12]:

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

Перше рішення є відносно незалежне щодо інших двох і вимагає розв'язку питання, як задовольнити попит пасажирів вздовж маршруту та збалансувати його з врахуванням заданого рівня використання пасажиромісткості автобуса і прийнятного часу очікування посадки пасажиромістами [13, 14].

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 згідно розкладу 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 [12].

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 зарубіжні дослідження.

В деяких дослідженнях [15] виділяється три види контрольних точок на маршруті:

- проміжні (Intermediate time points);
- внутрішні (Internal time points);
- регулюючі (Controlling time points).

Проміжними контрольними точками на маршруті є точки (між початковою та кінцевою зупинками), для яких вказується час прибуття транспортного засобу. Ці точки розміщені, як правило, на відстані від 6 до 10 хв одна від одної. Фізичне місце розташування також впливає на вибір проміжних контрольних точок. Доцільно розташовувати їх в місцях, зручних для пішоходів (тротуари, пішохідні світлофори), в місцях генерації поїздок (торгівельні центри, лікарні, навчальні заклади) та в місцях, де час має вирішальне значення (місця перетину різних маршрутів, залізничні чи автобусні станції).

Внутрішні контрольні точки призначені для операторів, а не для розкладу для пасажирів. Вони розташовуються на відстані 3 – 5 хв одна від одної і призначені для надання операторам маршруту більш детальної інформації про умови руху на маршруті.

Регулюючими вибирають одну чи кілька точок на маршруті, для яких задається чіткий час прибуття і/чи відправлення. Це, зазвичай, точки генерації пасажирів, де спостерігається найбільше завантаження маршруту.

Окремі дослідники [16] в своїх працях досліджують допустимі відхилення від розкладу руху на маршруті: опрацьовують статистичні дані про час руху на перегоні, за законами математичної статистики визначають математичне очікування та дисперсію випадкової величини «час руху на  $i$ -му маршруті до  $k$ -ого контрольного пункту», знаходять закон розподілу цієї величини та верхню і нижню межу допустимого мінімального і максимального значення часу руху до кожного контрольного пункту при прийнятому рівні довірчої ймовірності. На основі розрахунків автори пропонують формувати величину допустимого відхилення залежно від конкретних умов руху і враховувати також ті чинники, які не залежать від водія і на які водій не може вплинути. Проте автори виходять з припущення, що контрольні точки на маршруті вже задані, а не здійснюють їх вибір.

Подібно до описаних вище, інші науковці [17] вважають, що вибір моделі оперативного диспетчерського управління пасажирським транспортом проводиться на основі контрольних точок, але вибір цих точок проводиться не на основі аналізу. Автори просто вказують, що контрольними можуть бути кінцеві, а також одна чи кілька проміжних точок на маршруті.

Л.Дж.С. Леслі [18] пропонує, 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. Абковіч та І. Енгельштейн [19] пропонують призначати контрольними точками зупинки, на яких стандартне відхилення часу прибуття автобусів до зупинки відносно часу прибуття згідно розкладу і співвідношення між пасажирами, які згодом сідатимуть в автобус по маршруту, до пасажирів в автобусі, буде максимальним.

Згідно досліджень авторів [20], 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 [21] пропонують вводити змінну жорсткість контролю в контрольних точках, виражену 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, при якій спостерігається нульове зміщення, тобто транспортні засоби в контрольній точці мають демонструвати тільки зростання значення часу поїздки.

В деяких дослідженнях [22] 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 [23] 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 [13] 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 даній 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 такій зупинці можна надавати статус контрольної точки.

В інших наукових працях [24] розглядається формування розкладу руху автобусного маршруту з використанням однієї контрольної точки на маршруті. Автори проводять перевірку, чи потрібно навіть для такої спрощеної моделі контролю вводити час похибки. Розрахунок проводиться на основі мінімізації цільової функції, яка включає в себе витрати часу на очікування пасажиром автобуса, витрати часу через затримку транзитних пасажирів, штрафи за затримку чи випередження графіка руху та експлуатаційні витрати. На основі своїх досліджень автори роблять висновок, що на ефективність сформованого розкладу руху суттєво впливає структура пасажирського попиту 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 [25] спрямовують свої дослідження на визначення місця розташування контрольних точок та величину часу поправки з допомогою мурашиного та генетичного алгоритмів.

В підсумку можна констатувати, що на даний момент існує достатня кількість методів визначення контрольних точок на маршруті та їх кількості, які використовують різні підходи. Проте з розвитком технологічних рішень в сфері геопозиціонування виникла можливість отримання великих масивів даних щодо роботи маршруту громадського транспорту. В свою чергу це відкриває нове бачення при розробці методу динамічного та безперервного визначення місць розташування контрольних точок на маршруті громадського транспорту, часових шаблонів їх актуальності та опосередкованого визначення пасажирообміну на зупинках маршруту. Наявні методи були позбавлені цих переваг.

### **Постановка завдання**

Ефективність використання контрольних точок для вдосконалення процесу формування розкладів руху підтверджується і дослідженнями, результати яких викладені в роботі [26]. Автори описують імітаційну модель формування розкладу руху на маршруті, яка визначає місця контрольних точок на маршруті та величину часу поправки з точки зору мінімізації загальних витрат, пов'язаних з розкладом. Процес оптимізації поєднує в собі евристичний пошук, перерахунок та методи ранжирування і відбору населення. Модель може бути практичним інструментом для розробки надійних, економічних і оперативних розкладів.

В роботі [27] автори, проводячи динамічне моделювання, аналізують вплив вибору різної кількості контрольних точок на маршруті на продуктивність роботи транспортних засобів. Найбільш ефективним є використання стратегії контрольних точок для економії часу пасажирів, а також витрат парку і витрат на управління роботою водіїв. Результати подальшої своєї роботи над даною проблемою автори висвітлюють в роботі [28]. Проблема визначення кількості і розташування контрольних точок сформульована як проблема багатоцільової оптимізації і вирішена двома способами: жадібним (greedy) і генетичним алгоритмами. Використання стратегії контрольних точок скорочує загальну тривалість рейсу і 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 [29] можна сказати, що відхилення часу руху автобуса по маршруту відносно розкладового зменшується при використанні контрольних точок, проте найбільш ефективними є перших три контрольних точки маршруту.

Завданням дослідження є на базі аналізу існуючих методів визначення контрольних точок на маршруті виділити загальний підхід до удосконаленого рішення цієї задачі.

### Основна частина

Проаналізувавши існуючі дослідження, можна сказати, що всі методи визначення контрольних точок можна розділити на три основних 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 перешкоді застосуванню цих методів в 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 загально визнаною і підтверджується багатьма дослідженнями [10, 30, 31]. Відповідно, коректним є проведення аналізу зупинок громадського транспорту за значенням часу прибуття автобуса на зупинку та часу простою автобуса на ній. Відповідно до цієї гіпотези і з врахуванням результатів проаналізованих досліджень було сформовано алгоритм вибору контрольних точок (рис. 1):

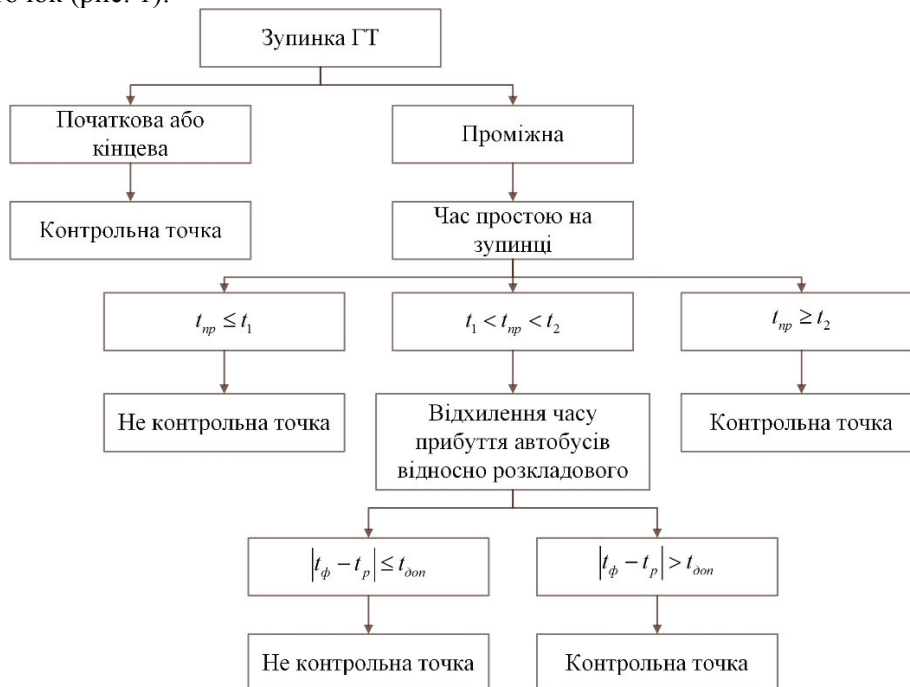


Рисунок 1 – Алгоритм вибору контрольних точок на маршруті громадського транспорту

Як видно з схеми алгоритму (рис.1), для вибору контрольних точок необхідні певні дані, а саме:  $t_{np}$  – час простою автобуса на зупинці, с;  $t_1$  – значення часу простою, при якому зупинка не може вважатися контрольною точкою, с;  $t_2$  – значення часу простою, при якому зупинка вважається контрольною точкою, с;  $t_{\phi}$  – фактичний час прибуття автобуса на зупинку;  $t_p$  – час прибуття автобуса на зупинку згідно розкладу;  $t_{дон}$  – 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 їх кількості, можна зробити висновок, що доцільність використання контрольних точок для оперативного контролю та корекції розкладу руху є актуальною та практичною задачею. Однак методи вибору контрольних точок суттєво відрізняються за своїми

підходами. Окрім того, на низькому рівні залишається простота 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 та визначення часових параметрів  $t_1$ ,  $t_2$  та  $t_{дон}$  з одного боку та обсягу пасажирообміну з іншого, по яких можна було б класифікувати зупинку як звичайну чи як контрольну точку.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

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. Большаков А.М. Повышение уровня обслуживания пассажиров автобусами на основе комплексной системы управления качеством: дис. к. э. н. – М., 1981. – 174 с.
4. Шабанов А.В. Региональные логистические системы общественного транспорта: методология формирования и механизм управления / А.В. Шабанов. – Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВЦ, 2001. – 205 с.
5. Селезньова Н.О. Основні напрямки підвищення якості та ефективності транспортних послуг / Н.О. Селезньова, П.О. Серебрянський // МНПК «Економіка и управление: современный подход к изучению проблематики». Науковий журнал «Аспект». – 2014. – № 6(31). – С. 44 – 48.
6. Вдовиченко В.А. Эффективность функционирования городской пассажирской транспортной системы: дис. канд. техн. наук. – Харьков: ХНАДУ, 2004. – 138 с.
7. Крейсман Е.А. Удосконалення методики організації автобусних перевезень в транспортній системі міст: дис. канд. техн. наук. – Київ: НТУ, 2002. – 138 с.
8. M. Friman, T. Gärling. Frequency of negative critical incidents and satisfaction with public transport services. *Journal of Retailing and Consumer Services*, V. 8(2). – 2001. – P. 105 – 114.
9. N. Paulley, R. Balcombe, R. Mackett, H. Titheridge, J. Preston, M. Wardman, J. Shires, P. White. The demand for public transport: The effects of fares, quality of service, income and car ownership. *Transport Polisy*. – V. 13 (4). – 2006. – P. 295 – 306.
10. Доля В.К. Пасажирські перевезення: підручник / В.К. Доля. – Харків: «Вид-во Форт», 2011. – 504
11. Транспортная логистика: Учебник / Под общ. ред. Л.Б. Миротина. – 2-е изд., стереотип. – М.: Издательство «Экзамен», 2005. – 512 с.
12. 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.
13. V.F. Hurdle, Minimum cost schedules for a public transportation route. *Transportation Science*, V.7 (2), 1973. – P. 109 – 137.
14. 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 11<sup>th</sup> International Symposium on Transportation and Traffic Theory, Tokyo*, 1990. – P. 363 – 377.
15. *Transit Scheduling: Basis and Advanced Manuals*. Transportation research board executive committee, 1998, P. 149.
16. В.Н. Богумил. Организация автоматического контроля регулярности движения транспортных средств городского пассажирского транспорта / В.Н. Богумил, Д.Б. Ефименко // АлтГТУ, Ползуновский вестник. – 2012. – № 3/2. – С. 198 – 202.
17. Польгун М.Б. Анализ моделей оперативного диспетчерского управления городским пассажирским транспортом / М.Б. Польгун, А.В. Воробьёва, А.В. Остроух // Молодой ученый. – 2011. – № 4. Т.3 – С. 9 – 13.
18. 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.
19. M. Abkowitz, I. Engelstein, Methods for maintaining transit service regularity, *Transportation Research Record*, 1984. – 162 p.
20. 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.

21. U. Vandebona, A. Richardson, Effect of checkpoint control strategies in a simulation transit operation, *Transportation Research*, V.20 (6), 1986. – P. 429 – 436.
22. P.N. Seneviratne, Analysis of on-time performance of bus services using simulation, *Journal of Transportation Engineering*, V. 116 (4), 1990. – P. 517 – 531.
23. 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.
24. 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.
25. Efficient Transit Schedule Design of timing points: A comparison of Ant Colony and Genetic Algorithms. Ehsan Mazloumi<sup>a</sup>, Mahmoud Mesbah<sup>d</sup>, Avi Ceder<sup>b</sup>, Sara Moridpour<sup>c</sup>, Graham Currie. *Transportation Research Part B: Methodological*. Volume 46, Issue 1, 2012, P. 217–234
26. G. Liu, S. C. Wirasinghe. A simulation model of reliable schedule design for a fixed transit route. *Journal of Advanced Transportation*. Volume 35, Issue 2, 2001, P. 145–174.
27. Oded Cats, Anahid Nabavi Larijani, Haris N. Koutsopoulos, Wilco Burghout. Impacts of Holding Control Strategies on Transit Performance Bus Simulation Model Analysis. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board* 05/2011. P. 51 – 58.
28. 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.
29. 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.
30. Василенко Т.Є. Дослідження розподілу часу очікування пасажирями на автобуси на сумісній ділянці маршрутів / Т.Є. Василенко, Д.В. Фесенко, О.Й. Дульнявка // АДІ ДВНЗ «ДОННТУ», Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. – 2009. – № 2 (9). – С. 206 – 214.
31. Спиринов И.В. Научные основы комплексной реструктуризации городского пассажирского транспорта: Монография / И.В. Спиринов. – М.: ИКФ «Каталог», 2007. – 200 с.

#### REFERENCES

1. Support to the transport strategy of Ukraine to 2020 year № 2174-p: 2010. Available at: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-%D1%80>.
2. Fylymonova I.J., Vasylenko T.J., Fesenko D.V. Theoretical aspects of performance assessment buses. *Visti Avtomobilno-dorozhnoho instytutu: naukovo-vyrobnytskyj zbirnyk*. 2011. No. 2(13). P. 15-20. (Ukr)
3. Bolschakov A.M. Improvement in customer service buses based on a comprehensive quality management system: PHD research. 1981. 174 p.
4. Shabanov A.V. Regional logistics system of public transport: the methodology of formation and management mechanism. Rostov-Na-Donu: SKNC VZ, 2001. 205 p. (Rus)
5. Seleznjova N.O., Serebrjanskij P.O. The main directions of improving the quality and efficiency of transport services. *Ekonomika i upravlenie: sovremennyi podhod k izutsheniju problematyky*. 2014. No. 6(31). – P. 44 – 48. (Ukr)
6. Vdovytschenko V.A. The efficiency of the urban passenger transport system: PHD research. Charkiv. 2004. 138 p. (Rus)
7. Krejsman E.A. Improved methods of bus transportation in the city's transport system: PHD research. Kyiv. 2002. 138 p. (Ukr)
8. M. Friman, T. Gärling. Frequency of negative critical incidents and satisfaction with public transport services. *Journal of Retailing and Consumer Services*, V. 8(2). – 2001. – P. 105 – 114.
9. N. Paulley, R. Balcombe, R. Mackett, H. Titheridge, J. Preston, M. Wardman, J. Shires, P. White. The demand for public transport: The effects of fares, quality of service, income and car ownership. *Transport Policy*. – V. 13 (4). – 2006. – P. 295 – 306.
10. Dolja V.K. Passenger transport. Kharkiv. «Vydavnytstvo Fort». 2011. 504 p. (Ukr)
11. Myrotin L.B. Transport Logistics. Moskva. «Ekzamen». 2005. – 512 p. (Rus)
12. 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.
13. V.F. Hurdle, Minimum cost schedules for a public transportation route. *Transportation Science*, V.7 (2), 1973. – P. 109 – 137.



- 14.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 11<sup>th</sup> International Symposium on Transportation and Traffic Theory, Tokyo, 1990. – P. 363 – 377.
15. Transit Scheduling: Basis and Advanced Manuals. Transportation research board executive committee, 1998, P. 149.
16. Bohumil V.N., Efymenko D.B. Organization automatic control movement regularity passenger transport. Polzunovskij vestnik. 2012. No. 3/2. – P. 198 – 202. (Rus)
17. Polhun M.B., Vorobjova A.B., Ostrouh A.V. Analysis of operational models control passenger transport. Molodoj Utshenyj. 2011. No. 4 (3) – P. 9 – 13. (Rus)
18. 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.
19. M. Abkowitz, I. Engelstein, Methods for maintaining transit service regularity, Transportation Research Record, 1984. – 162 p.
20. 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.
21. U. Vandebona, A. Richardson, Effect of checkpoint control strategies in a simulation transit operation, Transportation Research, V.20 (6), 1986. – P. 429 – 436.
22. P.N. Seneviratne, Analysis of on-time performance of bus services using simulation, Journal of Transportation Engineering, V. 116 (4), 1990. – P. 517 – 531.
23. 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.
24. 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.
25. Efficient Transit Schedule Design of timing points: A comparison of Ant Colony and Genetic Algorithms. Ehsan Mazloumi<sup>a</sup>, Mahmoud Mesbah<sup>d</sup>, Avi Ceder<sup>b</sup>, Sara Moridpour<sup>c</sup>, Graham Currie. Transportation Research Part B: Methodological. Volume 46, Issue 1, 2012, P. 217-234
26. G. Liu S. C. Wirasinghe. A simulation model of reliable schedule design for a fixed transit route. Journal of Advanced Transportation. Volume 35, Issue 2, 2001, P. 145-174.
27. Oded Cats, Anahid Nabavi Larijani, Haris N. Koutsopoulos, Wilco Burghout. Impacts of Holding Control Strategies on Transit Performance Bus Simulation Model Analysis. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board 05/2011. P. 51 – 58.
28. 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.
29. 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.
30. Vasylenko T.J., Fesenko D.V., Dulnjavka O.J. Investigation of the distribution of waiting times for passengers on buses joint section of the route. Visti Avtomobilno-dorozhnoho instytutu: naukovovyrobnytshyj zbirnyk. 2009. No.2 (9). – P. 206 – 214. (Ukr)
31. Spirin I.V. Scientific basis of a comprehensive restructuring of urban passenger transport. Moskva. «Katalog». 2007. – 200 p. (Rus)

#### РЕФЕРАТ

Білоус А.Б. Аналіз методів вибору контрольних точок маршруту громадського транспорту для визначення моменту корекції розкладу руху / А.Б. Білоус, Г.В. Півторак // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2015. – Вип. 1 (31).

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

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 при визначенні показника якості транспортних перевезень за різними методиками, є час, що витрачається пасажиром на поїздку. А цей час, в 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 існуючі 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 вищезазначених показників, на основі яких можна було б класифікувати зупинку як контрольну точку.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ЯКІСТЬ РОБОТИ АВТОБУСІВ, РОЗКЛАД РУХУ, КОНТРОЛЬНА ТОЧКА.

#### ABSTRACT

Biloys A.B., Pivtorak H.V. Analysis methods for selecting time points transit for defining moment of schedule correction. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2015. – Issue 1 (31).

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

Object of the study – time characteristics of transit route operating.

Purpose of the study – analysis of studies for improving methods of transit schedules changing based on time points and the improved algorithm for selecting time points building.

Method of the study – science sources analysis.

The main issue taken into account when determining quality transport using different methods is the passenger's travel time. And now, in turn, depends on the accuracy of scheduling traffic on the route. The feasibility of forming and editing schedules using the time points of the route (stops, where the actual control and corrupting time traffic) is generally recognized. However, there is still no unambiguous selection algorithm of time points. After analyzing the existing research in this area, there are three groups of methods: determination of time points based on the temporal characteristics of a route, based on the values of passenger traffic on the route and on the basis of the combination of these indicators. The authors proposed algorithm selection time points based on the values of the downtime of the vehicle to stop and reject the arrival time of the vehicle to a stop relative corrupting. Future plans are to analyze statistical data on the flight the route to determine the specific numerical values of the above parameters, which could be classified as a stop reference time point.

**KEYWORDS:** QUALITY TRANSPORT, SCHEDULE, TIME POINT.

#### РЕФЕРАТ

Билоус А.Б. Анализ методов выбора контрольных точек маршрута общественного транспорта для определения момента коррекции расписаний движения / А.Б. Билоус, Г.В. Пивторак // Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2015. – Вып. 1 (31).

В статье проведено анализ литературы по вопросам использования контрольных точек маршрута для коррекции расписания движения та методов выбора этих контрольных точек.

Объект исследования – часовые параметры функционирования маршрута общественного транспорта.

Цель работы – анализ исследований, направленных на совершенствование методов коррекции расписаний движения на маршруте на основе контрольных точек та формирование усовершенствованного алгоритма выбора этих контрольных точек.

Метод исследования – анализ литературы.

Главным фактором, который учитывается при определении показателя качества транспортных перевозок по разным методикам, есть время, которое используется пассажиром на поездку. А это время зависит от корректности составления расписаний движения на маршруте. Целесообразность формирования и редактирования расписаний с использованием контрольных точек (остановок, на которых происходит контроль фактического времени движения та времени движения согласно расписанию) признают все. Но до сих пор нет однозначного алгоритма выбора этих контрольных точек. После проведения анализа существующих исследований в этой отрасли можно выделить три

групи методів: визначення контрольних точок на основі часових параметрів маршруту, на основі значень пасажиропотоку на маршруті та на основі об'єднання цих показувачів. Авторами пропонується алгоритм вибору контрольних точок з урахування значень часу простоя транспортного засобу на зупинці та відхилення часу прибуття транспортного засобу на зупинку відносно часу згідно розкладу. В подальшому планується проводити аналіз статистичної інформації про час рейсу на маршруті з метою визначення конкретних числових значень вищезазначених показувачів, на основі яких можна класифікувати зупинку як контрольну точку.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ЯКОСТЯ РАБОТИ АВТОБУСОВ, РОЗКЛАД ДВИЖЕННЯ, КОНТРОЛЬНА ТОЧКА.

**АВТОРИ:**

Білоус Андрій Борисович, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет «Львівська політехніка», доцент кафедри «Транспортні технології», e-mail: andrii.b.bilous@lpnu.ua, тел. +380972206521, Україна, 79013, м. Львів, вул. С.Бандери 32, к. 209.

Півторак Галина Василівна, Національний університет «Львівська політехніка», асистент кафедри «Транспортні технології», e-mail: halyna.v.pivtorak@lpnu.ua, тел. +380673092399, Україна, м. Львів, 79013, вул. С.Бандери 32, к. 208.

**AUTHOR:**

Bilous Andrij B., Ph.D., associate professor, National University Lviv Polytechnic, associate professor department of Transport Technologies, e-mail: andrii.b.bilous@lpnu.ua, tel. +380972206521, Ukraine, 79013, Lviv, Bandery str. 32, of. 209.

Pivtorak Halyna V., National University Lviv Polytechnic, assistant department of Transport Technologies, e-mail: halyna.v.pivtorak@lpnu.ua, tel. +3806730923991, Ukraine, 79013, Lviv, Bandery str. 32, of. 208.

**АВТОРЫ:**

Билоус Андрей Борисович, кандидат технических наук, доцент, Национальный университет «Львовская политехника», доцент кафедры «Транспортные технологии», e-mail: andrii.b.bilous@lpnu.ua, тел. +380972206521, Украина, г. Львов, 79013, ул. С.Бандеры 32, к. 209.

Пивторак Галина Васильевна, Национальный университет «Львовская политехника», асистент кафедры «Транспортные технологии», e-mail: halyna.v.pivtorak@lpnu.ua, тел. +380673092399, Украина, г. Львов, 79013, ул. С.Бандеры 32, к. 208.

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

Грисяк Ю.С. , кандидат економічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортного права та логістики, Київ, Україна.

Бабушкін Геннадій Федорович, д.т.н., професор, завідувач кафедри «Транспортні технології», Запорізький національний технічний університет, Запоріжжя, Україна.

**REVEIWER:**

Hrysiuk Y. S , PhD , Associate Professor, National Transport University , Associate Professor of Law and transport logistics, Kyiv , Ukraine .

Babushkin G. F., Professor, Head of the «Transportation Technology», Zaporizhzhya National Technical University, Zaporozhye, Ukraine