

УДК 656.03

В.П. СЛАВИЧ, Д.О. ГІРІК

Херсонський національний технічний університет

МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ЧАСУ ПЕРЕБУВАННЯ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ НА ЗУПИНКАХ

Постійне зростання інтенсивності руху ставить все більш високі вимоги до створених дорожніх систем та від їх досконалості залежить успішне функціонування всього міста як середовища життєдіяльності та його населення. У цій роботі запропоновано використання моделі оптимізації руху міського транспорту у місті за допомогою математичної моделі з подальшим корегуванням часу простою автобусів на зупинках. Метою роботи є створення моделі визначення часових параметрів перебування громадського транспорту загального користування на зупинках так, щоб мінімізувати часові параметри перебування автобусів на регульованих перехрестях при очікуванні на заборонений сигнал світлофорів. Досягти ефективного використання часу міського транспорту можливо не тільки за допомогою корегування роботи світлофорних сигналів, а шляхом розрахунку потрібного часу простою автобусів на зупинках. Під час побудови моделі були використані наступні величини: час перебування громадського транспорту, кількість зупинок на заданому маршруті, загальна кількість світлофорів на маршруті, віддаленість від світлофорів до зупинки та навпаки, загальний час роботи усіх світлофорів, фактичний час знаходження транспорту на зупинці, час під'їзду автобусу до одного з перехресть, час роботи дозволених та недозволених фаз світлофору. На підставі створеної моделі з її подальшим використанням можна побачити ефективність роботи цієї схеми. За допомогою моделі можна корегувати час перебування автобусів на маршруті, що забезпечують найвищу рентабельність використання транспорту. Запропонована модель дозволяє встановлювати такий ефективний ритм руху автобусів, при якому мінімізується тривалість «старт-стоп» рухів, що сприяє економії витрат при перевезеннях, підвищує комфорт проїзду пасажирів та зменшує шкідливий вплив транспорту на навколишнє середовище під час простою на заборонений сигнал світлофора.

Дану модель можна використовувати для випадків з двома та більше регульованими ділянками на маршруті громадського транспорту.

Ключові слова: громадський транспорт, зупинка, регульоване перехрестя.

В.П. СЛАВИЧ, Д.А. ГИРИК

Херсонский национальный технический университет

МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ВРЕМЕНИ ПРЕБЫВАНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА НА ОСТАНОВКАХ

Постоянный рост интенсивности движения ставит все более высокие требования к созданным дорожным системам и от их совершенства зависит успешное функционирование всего города как среды обитания и его населения. В этой работе предложено использование модели оптимизации движения транспорта в городе с помощью математической модели с последующей корректировкой времени простоя автобусов на остановках. Целью работы является создание модели определения временных параметров пребывания общественного транспорта общего пользования на остановках так, чтобы минимизировать параметры пребывания автобусов на регулируемых перекрестках при ожидаемые на запрещающий сигнал светофоров. Достичь эффективного использования времени транспорта возможно не только с помощью корректировки работы светофорных сигналов, а путем расчета нужного времени простоя автобусов на остановках. При расчете модели были использованы следующие величины: время пребывания общественного транспорта, количество остановок на заданном маршруте, общее количество светофоров на маршруте, удаленность от светофоров до остановки и наоборот, общее время работы всех светофоров, фактическое время нахождения транспорта на остановке, время под ездю автобуса к одному из перекрестков, время работы разрешенных и неразрешенных фаз светофора. На основании созданной модели с ее последующим использованием, можно увидеть эффективность работы этой схемы. С помощью этой модели, мы можем корректировать время остановки автобусов на маршруте, что обеспечивает самую высокую рентабельность использования транспорта. Предложенная модель позволяет устанавливать такой эффективный ритм движения автобусов, при котором минимизируется продолжительность «старт-стоп» движений, способствует экономии затрат при перевозках, повышает комфорт проезда пассажиров и уменьшает вредное воздействие транспорта на окружающую среду во время простоя на запрещающий сигнал светофора.

Эту модель можно использовать для случаев с двумя и более регулируемыми участками на маршруте общественного транспорта.

Ключевые слова: общественный транспорт, остановка, регулируемый перекресток.

V.P. SLAVICH, D.O. HIRIK
Kherson National Technical University

MODEL OF OPTIMIZATION OF PUBLIC TRANSPORT PERMISSIONS AT STOPPING

The constant growth of the traffic intensity puts increasingly high demands on the created road systems and the successful functioning of the whole city as an environment of life and its population depends on their perfection. In this paper, the use of the model of optimization of urban transport in the city is proposed with the help of a mathematical model with further adjustment of the idle times of bus stops. The purpose of the work is to create a model for determining the time settings for public transport of public use at stops so as to minimize the parameters of bus stay at regulated intersections with the expected traffic signal forbidden. To achieve efficient use of urban transport time is possible not only by adjusting the traffic signal, but by calculating the required time for idle buses at stops. During the calculation of the model, the following values were used: time of public transport, number of stops on a given route, total number of traffic lights on the route, distance from traffic lights to the stop and vice versa, total time of operation of all traffic lights, actual time of finding the transport at a stop, the bus ride to one of the intersections, the time allowed for allowed and unauthorized phases of the traffic light. Based on the created model with its further calculation, you can see the efficiency of this scheme. With these calculations, we can adjust the bus stop time on the route, which ensures the highest return on transport usage. The proposed model allows to establish such an effective rhythm of the bus, which minimizes the duration of "start-stop" movements, which helps to save on transportation costs, increases the comfort of passenger travel and reduces the harmful effects of transport on the environment during downtime on the prohibited signal of the traffic light.

This model can be used when calculating with two or more regulated sections on the public transport route.

Keywords: public transport, stop, regulated crossroads.

Постановка проблеми

Використання громадського транспорту на маршруті без потрібних корегувань у графіку призводить до його неефективного використання. Одним із способів реалізації поліпшення пасажиропотоку і отримання грошової вигоди для транспортної компанії є розробка і використання математичної моделі руху міських автобусів, яка дозволила б мінімізувати їх час використання у системі управління рухом, оскільки це дасть змогу спромогтися рівномірного руху громадського транспорту і мінімізувати час, що витрачається на поїздки, та дозволяє досягти максимального рівня комфорту пасажирів.

Створення моделі дозволяє збільшити рентабельність міського транспорту, що призводить до більш рівномірного маршруту транспорту з використанням корисного часу простою на зупинці для збільшення пасажиропотоку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для оптимізації руху громадського транспорту у місті використовувалися дослідження: Горбачова П.Ф., Давідіча Н.В., Іванова І.Е., Вдовиченка В., Пронина С.В., Самчук Г.О., Славича В.П., Чернобаева Н.С. та [1-8].

Формулювання мети дослідження

Метою роботи є створення моделі визначення часових параметрів перебування громадського транспорту загального користування на зупинках так, щоб мінімізувати часові параметри перебування автобусів на регульованих перехрестях при очікуванні на заборонений сигнал світлофорів.

Викладення основного матеріалу дослідження

У цій роботі запропоновано використання моделі оптимізації руху автобусів у місті за допомогою розрахунку з корегуванням часу перебування транспорту на зупинках за яким автобуси будуть витрачати як найменше часу простою на регульованих ділянках завдяки створенню рівномірного руху, де транспорт буде проїжджати на усі світлофори на зелений так, щоб звести к мінімуму втрати часу на очікування.

Таблиця 1

Вхідні параметри моделі		
Позначення величини	Значення величини	Одиниця виміру
t_1	Час прибуття громадського транспорту на початок свого маршруту	хв.
t_n	Фактичний час перебування автобусу на зупинці	хв.
Z_i	Кількість зупинок на заданому маршруті	шт.
C_i	Кількість світлофорів на заданому маршруті	шт.
N_{s-o}	Відстань від зупинки до наступного світлофору	м.
N_{o-s}	Відстань від світлофору до наступної зупинки	м.
n_{cl}	Загальний час роботи фаз світлофору	хв.
N_{cl}	Час роботи дозволених фаз світлофору	хв.

Розглянемо умовний маршрут громадського транспорту, в якому буде певна кількість зупинок та світлофорів між ними. Використання загальної моделі потребує введення наступних умов:

- будемо вважати, що міський транспорт розвиває середньотехнічну швидкість, яка буде позначатися V ;

- будемо вважати, що усі задані світлофори почнуть працювати одночасно, та позначимо час прибуття транспорту до початку свого маршруту;

Також треба зазначити, що між зупинками можуть бути розміщені нерегульовані перехрестя, що призводить до наступних ситуацій:

1. Якщо автобус рухається по головній дорозі, то він проїжджає перехрестя без жодних перешкод, тому цей варіант не впливає на маршрут.

2. Якщо автобус рухається по другорядній дорозі, тоді збільшується час на проїзд даної ділянки дороги, а разом з цим і весь час маршруту.

На рис. 1 схематично зображено схему транспортної мережі.

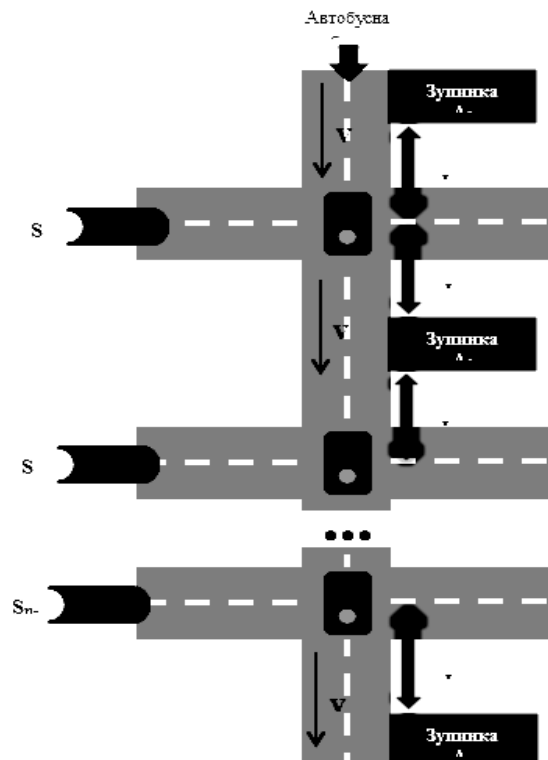


Рис. 1. Транспортна мережа з одним перехрестям між зупинками

Визначимо час, в який автобус повинен під'їжджати на потрібний сигнал світлофору, та проведемо корективи часу перебування автобусу на зупинці. В результаті час, який автобус витрачає на очікування на перехрестях, буде витрачатись на очікування на зупинках, що збільшує рентабельність використання громадського транспорту. Найважливішим параметром при розрахунку часу простою

громадського транспорту на зупинках, є безпосередньо кількість зупинок на маршруті автобусу. Моделювання буде відштовхуватись від часу перебування автобусу на зупинці, який заданий у маршруті транспортним підприємством, та становить близько двох хвилин. Інформацію про відстань між потрібними зупинками та часу роботи світлофорів які знаходяться між цими зупинками, отримуємо з відкритого додатку GoogleMaps.

Спочатку потрібно встановити умову, яка покаже чи потрібні корегування часу простою транспорту на зупинці, для того щоб автобус під'їжджав на потрібну фазу роботи світлофора. Якщо автобус встигає, то час перебування на зупинці не змінюється. Час прибуття автобусу до першого світлофора на маршруті не враховується при розрахунках, через його не важливість при отриманні кінцевого результату.

Однак, якщо під'їзд автобусу припадає на червоний, то потрібно провести корегування часу перебування автобусу на зупинці, так щоб час прибуття автобусу співпало із дозволенням сигналом світлофора на перехресті. Для цього вводяться допоміжні параметри, які встановлюють відношення перебування автобусу на зупинці.

Потрібно також визначити, те що:

- Час простою автобусу на зупинці за розрахунком того, що автобус встигає проїхати світлофор на дозволену фазу за найкоротший час, щоб вкластися за графіком свого руху
- Ця модель не є дійсною у житті, а використовується для розрахунків потрібних параметрів
- Основним завданням усіх цих розрахунків є зменшення часу витраченого громадським транспортом на очікування на регульованих перехрестях, для ефективного використання цього часу, що є основною метою та темою цієї роботи.

Беручи до уваги усі параметри, складемо схему розрахунку потрібного часу очікування на початку маршруту автобусом за умовою того, що на маршруті є три перехрестя зі світлофорами, маємо формулу:

$$t_{o1} = \begin{cases} t_{\pi} + t_{q1-1} \left[\frac{t_{q1-2}}{t_{q1-1}} \left(1 - \left\{ \frac{t_{o1} + t_{no1-2}}{t_{q1-2}} \right\} \right) \right], \\ \text{якщо } \left[\frac{t_{q1-2}}{t_{q1-1}} \left(1 - \left\{ \frac{t_{o1} + t_{no1-2}}{t_{q1-1}} \right\} \right) \right] \geq 1 \\ \\ t_{\pi} \pm \left[\frac{t_{q1-3}}{t_{q1-2}} \left(1 - \left\{ \frac{t_{o2} + t_{no1-3}}{t_{q1-3}} \right\} \right) \right], \\ \text{якщо } \left[\frac{t_{q1-3}}{t_{q1-2}} \left(1 - \left\{ \frac{t_{o2} + t_{no1-3}}{t_{q1-3}} \right\} \right) \right] \geq 1 \\ \\ t_{z2} + t_{\pi}, \text{ якщо } \left[\frac{t_{q1-1}}{t_{q1-2}} \left(1 - \left\{ \frac{t_{o1} + t_{no1-1}}{t_{q1-2}} \right\} \right) \right] = 1 \\ \\ t_{o2} + t_{\pi} \text{ в іншому випадку} \end{cases}$$

На основі створеної моделі можна побачити ефективність роботи цієї схеми. За допомогою цих розрахунків, ми можемо корегувати час зупинки автобусів на маршруті, що забезпечую найвищу рентабельність використання транспорту. Автобуси використовують час простою на регульованих перехрестях для збільшення очікування пасажирів на зупинці, що є вигіднішим як для перевізника, так і для пасажирів транспорту. Також можна зазначити, що це дозволяю зменшити викиди вихлопних газів автобусу в атмосферу із-за постійних зупинок та нерівномірних прискорень. Для перевізник отримує більш економічне використання палива, що може вплинути на зменшення витрат на перевезення, та для зменшення вартості проїзду для пасажирів.

Але розглянувши додаткові ситуації ми можемо прийти до висновку, що модель можна спростити у декілька разів за допомогою математичних перетворень. У кінці отримаємо наступну модель, за якою в подальшому будемо проводити розрахунки. Ця модель є найбільш загальною та спрощеною, але підґрунтям є реальні умови. При цьому ми опускаємо випадки, простій на зупинці на яких не впливає на кінцевий результат моделі. Тоді остаточна формула буде мати наступний вигляд:

$$t_{o1} = \begin{cases} t_{o2} + t_{\pi} \\ \text{якщо} \left[\frac{t_{qi-2}}{t_{qi-3}} (1 - \right. \\ \left. - \left(\frac{I_{o-ci}}{V} + \frac{I_{ci-oi}}{V} + t_{oi-1} \right) \right) \left. \right] = 1 \\ t_{o2} + t_{\pi} \text{ будь-якому іншому випадку} \end{cases}$$

Висновки

Таким чином, в даній роботі була запропонована модель визначення часових параметрів перебування громадського транспорту загального користування на зупинках так, щоб мінімізувати часові параметри перебування автобусів на регульованих перехрестях при очікуванні на заборонений сигнал світлофорів. За допомогою моделі можна корегувати час перебування автобусів на маршруті, що забезпечують найвищу рентабельність використання транспорту. Запропонована модель дозволяє встановлювати такий ефективний ритм руху автобусів, при якому мінімізується тривалість «старт-стоп» рухів, що сприяє економії витрат при перевезеннях, підвищує комфорт проїзду пасажирів та зменшує шкідливий вплив транспорту на навколишнє середовище під час простою на заборонений сигнал світлофора.

Список використаної літератури

1. Vdovychenko V. Method of traffic optimization of urban passenger transport at transfer nodes / V. Vdovychenko, O. Driuk, G. Samchuk // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – 3/3 (87). – P. 47-53.
2. Горбачов П.Ф. Дослідження часу очікування пасажирів на зупиночних пунктах міського пасажирського транспорту / П.Ф. Горбачов, В.М. Чижик // Автомобільний транспорт. – 2012. - №30 – С. 67-71
3. Давідіч Н.В. Управління якістю в проектах міського транспорту пасажирського транспорту / І.В. Чумаченко, Н.В. Давідіч // Моделювання процесів в економіці та управлінні проектами з використанням нових інформаційних технологій : монографія / за заг. ред. В.О. Тymoфеева, І.В. Чумаченко. – Харків ; ХНУРЕ, 2015. – С. 173-180
4. Иванов И.Е. Распределение транспортных средств на городских пассажирских маршрутах / И.Е. Иванов, Р.Б. Рогальский // Совершенствование организации дорожного движения и перевозок пассажиров и грузов : Сб. науч. трудов. – Минск, 2015. – С. 87-93.
5. Пронин С.В. Информационно-логическая модель мониторинга маршрутов городского пассажирского транспорта / О.П. Алексеев, С.В. Пронин // - Весник: Сб. науч. тр. – X., 2007. – Вып. 37. – С. 101 – 103.
6. Самчук Г.О. Сучасні тенденції забезпечення сталого розвитку транспортних систем / Г.О. Самчук // Міжнародні транспортні коридори та корпоративна логістика; одинадцята наук.-практ. міжнар. конф., 11-13 черв. 2015 р. : тези доп. – Вісник економіки транспорту і промисловості. – 2015. – Вип. 50. – С. 63.
7. Славич В.П. Модель оптимізації руху міського транспорту загального користування / В.П. Славич // Проблеми інформаційних технологій. – 2013. - №01(013). – С. 118 – 121
8. Чернобаев Н.С. Алгоритм определения оптимальных параметров координированного управления транспортными потоками / Н.С. Чернобаев, Л.С. Абрамова, И.С. Бугаев // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. – 2004. - №25. – С. 114/118.