

TRANSPORT

ВИКОРИСТАННЯ ТЕОРІЇ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ НА МАГІСТРАЛЬНІЙ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНІЙ МЕРЕЖІ МІСТ

*Нагребельна Л. П., Аспірант кафедри транспортні системи та безпека дорожнього руху
Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут
ім. М.П.Шнльгіна» (ДП «ДерждорНД»),
відділ безпеки дорожнього руху, науковий співробітник,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5615-9075>*

*Поліщук В. П., Доктор технічних наук, професор
Кафедра транспортні системи та безпека дорожнього руху
Національний транспортний університет
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3145-7225>*

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_wos/30042020/7039

ARTICLE INFO

Received: 15 February 2020

Accepted: 11 April 2020

Published: 30 April 2020

KEYWORDS

modeling methods,
queuing theory,
street and road network,
traffic flow,
traffic jam.

ABSTRACT

The object of the study is the improvement of traffic management on the main street and road network of the city. Actually, there are many techniques that allow simulating the traffic flows with sufficient accuracy. One of such models is a mathematical model, which allows calculating the main characteristics of a traffic flow on the basis of a few initial data and is considered as a queuing system.

Modeling allows pre-determining the impact of traffic management measures on the existing street and road network without creating interference for drivers, making changes to the design of road, increasing the traffic volume, as well as involving the possible overloaded areas.

An analysis of the researches of scientists who have considered similar methods in their works had been performed. The fundamental flaw of the mentioned works is that in none of them the study of the model of a real road section was performed for verifying of the model adequacy. Modeling allows understanding more accurately the behavior of an object with less approximations than mathematical models, and provides less researching and forecasting of the system behavior with significant changes in the initial concepts. It is indicated that for the first approximation it is expedient to use mathematical models, and for clarifying the characteristics – to use non-mathematical methods, in particular, simulation.

It is proved that simulation is a powerful tool for studying the behavior of real systems. It is mainly used to study situations and systems that can be described as queuing systems.

Using the queuing theory, it becomes possible to perform certain calculations and determine indicators of effectiveness of the queuing system.

Obtained result of the indicators will help to determine the street and road network areas where a traffic jam may form for any reason, where the road will be overloaded. This makes it possible to develop a high-quality algorithm for quick elimination of traffic jam.

Citation: Nahrebelna L., Polishchuk V. (2020) Use of Queuing Theory for Improvement of Traffic Management on the Main Street and Road Network of Cities. *International Academy Journal Web of Scholar*. 4(46). doi: 10.31435/rsglobal_wos/30042020/7039

Copyright: © 2020 Nahrebelna L., Polishchuk V. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Вступ. Удосконалення управління дорожнім рухом полягає у використанні всіх ресурсів для створення необхідних умов для зниження негативних наслідків автомобілізації [1]. З метою удосконалення управління дорожнім рухом на магістральній вулично-дорожній мережі міста та оцінювання ефективності алгоритмів керування дорожнім рухом, потрібно передусім з'ясувати природу і характеристики транспортного потоку (ТП), а потім дослідити поведінку системи після введення різних керуючих дій. У зв'язку з цим, важливими будуть спостереження за транспортним потоком.

Моделювання дає змогу завчасно визначати вплив заходів з регулювання руху на існуючій вулично-дорожній мережі без створення завад водіям, внесення змін в конструкцію дороги, збільшення інтенсивності руху, а також передбачати місця можливих перевантажень [2].

У роботі [3] вказується, що моделювання дає змогу точніше зрозуміти поведінку об'єкта з меншими апроксимаціями, ніж математичні моделі, та забезпечує менші обсяги проведення досліджень та прогнозування поведінки системи за значних змін у початкових концепціях. Вказується, що для першого наближення доцільно використовувати математичні моделі, а для уточнення характеристик – нематематичні методи, зокрема, імітаційне моделювання.

У роботі [4] стверджується, що математичні залежності мають в основі спрощені підходи, що вказує на неточність результатів дослідження, а найточніші результати дадуть розрахунки, за яких моделюється рух кожного транспортного засобу.

У [5] запропоновано концепцію створення імітаційної моделі руху автомобілів на основі візуального моделювання. Характеристикою запропонованої моделі є те, що модель формується автоматично для тієї ділянки, що відображається на дисплеї. В кінці такої ділянки може бути перешкода: світлофор, знак, перехід, перехрестя, в нашому випадку може бути дорожньо-транспортна пригода, чи будь-який інцидент що призвів до закриття смуги руху (утворення «вузького місця»).

Основним недоліком наведених робіт є те, що в жодній з них не проведено дослідження моделі реальної ділянки дороги для перевірки адекватності моделі. Тому є потреба в розробленні такої моделі, яку можна перевірити на практиці і в подальшому використовувати для дослідження роботи магістральної вулично-дорожньої мережі та удосконалення управління дорожнім рухом на ній.

Імітаційне моделювання є потужним інструментом дослідження поведінки реальних систем [6]. Методи імітаційного моделювання дозволяють зібрати необхідну інформацію про поведінку системи шляхом створення її комп'ютерної моделі. Ця інформація використовується для проектування системи. Імітаційне моделювання не розв'язує задач оптимізації, але є інструментом оцінювання значень функціональних характеристик системи, що моделюється [7-9]. Сучасне імітаційне моделювання застосовується в основному для дослідження ситуацій та систем, які можна описати як системи масового обслуговування.

Методика проведення досліджень.

Теорія масового обслуговування, або черг – розділ теорії ймовірностей, метою досліджень якого є раціональний вибір структури системи обслуговування та процесу обслуговування на основі вивчення потоків вимог на обслуговування, що надходять у систему і виходять з неї, тривалості очікування і довжини черг. У теорії масового обслуговування використовуються методи теорії ймовірностей та математичної статистики.

Рух автомобільного транспорту по дорозі являє собою випадковий процес, якому притаманні різні ймовірнісні характеристики. У зв'язку з цим потік автомобільного транспорту можна охарактеризувати на основі положень теорії ймовірності. Але така інтерпретація транспортного потоку не завжди дає повну картину руху або опис системи «транспортний потік – автомобільна дорога», оскільки сама автомобільна дорога, її геометричні елементи накладають ті або інші умови на рух автомобільного транспорту.

Для опису системи «транспортний потік – автомобільна дорога» [10] цілеспрямовано застосувати, методи теорії масового обслуговування. Будь-яка система масового обслуговування характеризується двома елементами: наявністю потоку вимог та апаратів обслуговування. Необхідно визначити ці елементи у нашій системі.

Потоком вимог є потік автомобільного транспорту, що рухається по автомобільній дорозі, а апаратом обслуговування є поперечний переріз автомобільної дороги (рис. 1).

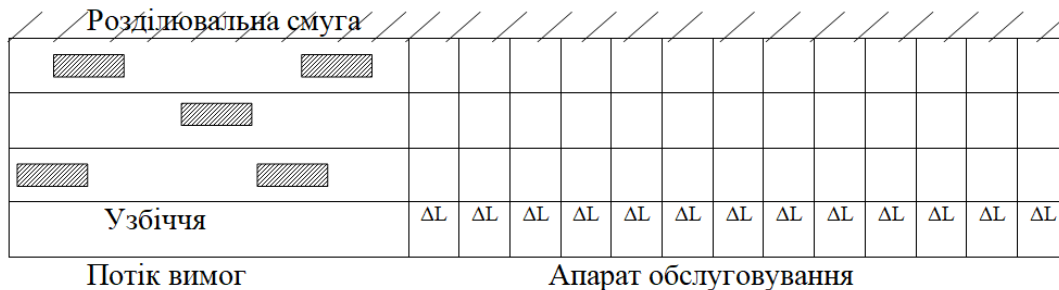


Рис. 1. Застосування системи масового обслуговування до руху потоку автомобілів по дорозі.

При цьому всю автомобільну дорогу чи окрему ділянку можна показати у вигляді набору нескінченно малих відрізків ΔL або набору поперечних перерізів дороги. В результаті такого припущення можна прийти до висновку, що вся дорога є апаратом обслуговування для транспортного потоку який обслуговування, який має ті чи інші характеристики, в процесі обслуговування вимог накладається відбиток на вхідний потік у вигляді зміни характеристик вхідного потоку.

Система масового обслуговування поділяється на два типи (класи): з очікуванням (чергою) та відмовленням. У системі масового обслуговування з очікуванням заявка, яка надійшла в момент зайнятості каналів, не відправляється, а стає в чергу на обслуговування.

В системах з відмовленням заявка, яка надходить, коли всі канали зайняті, отримує відмовлення та покидає систему, не приймаючи участі в подальшому процесі обслуговування (наприклад, заявка на телефонну розмову, коли всі канали зайняті, отримує відмовлення і залишає систему не обслуженою).

Результат досліджень.

В даному випадку розглянемо систему на прикладі руху транспортного потоку по автомобільній дорозі з двома смугами руху. Але припустимо, що одна смуга руху закрита, трапився якийсь інцидент і смуга закрита. В такій ситуації дуже часто утворюються затори, тому, за допомогою теорії масового обслуговування з'являється можливість провести певні розрахунки та визначити показники ефективності системи масового обслуговування.

У ролі показників ефективності системи масового обслуговування з відмовленнями застосовуються такі:

1. Абсолютна пропускна здатність (A) – показник, який показує середню кількість заявок, що обслуговуються за одиницю часу. Він розраховується за формулою:

$$A = \frac{\lambda\mu}{\lambda+\mu} \quad (4)$$

де λ – інтенсивність потоку заявок;
 μ – інтенсивність потоку обслуговування.

При цьому інтенсивність потоку обслуговування є оберненою величиною до середнього часу обслуговування ($\bar{t}_{об}$):

$$\mu = \frac{1}{\bar{t}_{об}} \quad (5)$$

2. Відносна пропускна здатність (Q) – показник, що характеризує середню частку заявок, яка надійшла та обслуговується системою. Обчислюється за формулою:

$$Q = \frac{\mu}{\lambda+\mu} \quad (6)$$

3. Ймовірність відмови ($P_{від}$) – величина, яка характеризує ймовірність того, що заявка залишиться систему масового обслуговування не обслуженою. Показує частку заявок, яким буде відмовлено у наданні відповідної послуги.

$$P_{від} = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \quad (7)$$

4. Середнє число зайнятих каналів (\bar{k}) – для багатоканальної системи. Цей показник розраховується у такий спосіб:

$$\bar{k} = \frac{A}{\mu} \quad (8)$$

5. Визначається і інтенсивність навантаження каналу – p (або приведена інтенсивність потоку заявок) – це показник, який виражає середню кількість заявок, яка надходить за середній час обслуговування однієї заявки. Він розраховується за формулою:

$$p = \frac{\lambda}{\mu} \quad (9)$$

За наведеними формулами проведено розрахунки для пропуску автомобілів по одній смузі руху. Всі розрахунки зведено у таблицю 1 та 2.

Таблиця 1. Зведена таблиця показників системи масового обслуговування для пропуску транспортного потоку по одній смузі рух з середнім часом обслуговування від 1 до 10 хвилин

Інтенсивність потоку заявок λ (авто/год)	833	833	833	833	833	833	833	833	833	833
Інтенсивність потоку обслуговування μ	60,0	30,0	20,0	15,0	12,0	10,0	8,6	7,5	6,7	6,0
Середній час обслуговування \bar{T} (хв)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Середня кількість обслужених автомобілів за годину - A	56,0	29,0	19,5	14,7	11,8	9,9	8,5	7,4	6,6	6,0
Інтенсивність навантаження каналу (смузи) p (авто)	14	28	42	56	69	83	97	111	125	139
Ймовірність відмови в обслуговуванні, $P_{від}$, %	0,93	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Відносна пропускна здатність системи масового обслуговування Q , %	0,067	0,035	0,023	0,018	0,014	0,012	0,010	0,009	0,008	0,007

Таким чином, в середньому за годину, при середньому часі обслуговування 1 хв, будуть обслужені 56 автомобілів при інтенсивності потоку заявок – 833 авто/год., та 14 автомобілів буде підходити на одній смузі. Ймовірність відмови в обслуговуванні становить 0,93. Отже, в середньому 93 % автомобілі які прибудуть до «місця звуження», отримають відмову в обслуговуванні, змушені будуть чекати своєї черги в заторі.

З цього можна зробити висновок, що при інтенсивності 833 авто/год одна смуга руху буде погано справитися з даним транспортним потоком. В результаті чого буде утворюватися затор.

Отже, за допомогою системи масового обслуговування, для удосконалення регулювання дорожнім рухом на магістральній вулично-дорожній мережі міст, можна визначити ділянки на яких при виникненні несподіваного інциденту може утворитися затор. Визначивши ці ділянки, слід розробити алгоритм для швидкої ліквідації затору.

Висновки.

1. Проведено аналіз існуючих методів моделювання. Визначено основні показники системи масового обслуговування для пропуску транспортного потоку по одній смузі рух. Виявлено їхній вплив на утворення заторивих станів.

2. Доведено, що для удосконалення магістральної вулично-дорожньої мережі міст, за допомогою системи масового обслуговування, слід визначити всі ділянки доріг з великою інтенсивністю та розробити алгоритм швидкої ліквідації затору. Адже, на таких ділянках при виникненні будь-якого інциденту, що змусить перекрити смугу руху, є можливість утворенню затору.

3. Удосконалити управління дорожнім рухом, вплине на зменшення заторів у містах, покращить психофізіологічні стани водіїв, екологічний стан навколишнього середовища та зменшить економічні витрати країни.

ЛІТЕРАТУРА

1. Поліщук В.П., Нагребельна Л.П. До питання про затори на вулично-дорожній мережі міст. LXXIV наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету. – К.: НТУ, 2018. – 564 с.
2. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими / Д. Дрю – М.: Транспорт, 1972. – 424 с.
3. Иносэ Х. Управление дорожным движением; пер. с англ. / Х. Иносэ, Т. Хамада // под ред. М.Я. Блинкина – М.: Транспорт, 1983 – 248 с.
4. Врубель Ю.А. Организация дорожного движения. В двух частях. Часть 2. / Ю.А. Врубель. – Минск: Белорусский фонд безопасности дорожного движения, 1996. – 306 с.
5. Томашевский В.Н. Имитационный проект автомобильного дорожного движения / В.Н. Томашевский, Д.С. Печенежский // Радиоэлектроника. Информатика. Управление. – 2001. – №1. – С. 117-122.
6. Нагребельна Л.П. (ДП «ДерждорНД») «Вибір моделі для дослідження транспортного потоку на вулично-дорожній мережі міст України» Автошляховик України, № 3 (259), 2019 С. 30-33. doi: 10.33868/0365-8392-2019-3-259-30-3.
7. Таха Хемди А. Введение в исследование операций / Хемди А. Таха. – 7-е изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 912 с.
8. Cremer V., Lydwig J. A fast simulation model for traffic flow on the basis of Boolean operations // Math. Comp Simul. 1986. V. 28.Н.297-303.
9. Wardrop J.G. The capacity of road. «Oper. Res. Quart.» № 5, 1954, 19-24.
10. Поліщук В.П., Бакуліч О.О., Дзюба О.П., Єресов В.І. Організація та регулювання дорожнього руху. К.: Знання України, 2011.- 467 с.