



**RS Global**  
Journals

**Scholarly Publisher**  
**RS Global Sp. z O.O.**  
ISNI: 0000 0004 8495 2390

Dolna 17, Warsaw, Poland 00-773  
Tel: +48 226 0 227 03  
Email: editorial\_office@rsglobal.pl

---

<b>JOURNAL</b>	World Science
<b>p-ISSN</b>	2413-1032
<b>e-ISSN</b>	2414-6404
<b>PUBLISHER</b>	RS Global Sp. z O.O., Poland
<b>ARTICLE TITLE</b>	ФОРМУВАННЯ ПРИНЦИПІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ В СИСТЕМІ „ПЕРЕГІН”
<b>AUTHOR(S)</b>	Поліщук Володимир Петрович, Нагребельна Людмила Павлівна
<b>ARTICLE INFO</b>	Polishchuk V., Nahrebelna L. (2021) Formation of Road Traffic Management Principles in the System "Perehin". World Science. 8(69). doi: 10.31435/rsglobal_ws/30082021/7652
<b>DOI</b>	<a href="https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30082021/7652">https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30082021/7652</a>
<b>RECEIVED</b>	04 June 2021
<b>ACCEPTED</b>	22 July 2021
<b>PUBLISHED</b>	28 July 2021
<b>LICENSE</b>	 This work is licensed under a <b>Creative Commons Attribution 4.0 International License</b> .

---

© The author(s) 2021. This publication is an open access article.

TRANSPORT

## ФОРМУВАННЯ ПРИНЦИПІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ В СИСТЕМІ „ПЕРЕГІН”

*Поліщук Володимир Петрович,*

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

*Нагребельна Людмила Павлівна,*

*Аспірант кафедри транспортні системи та безпека дорожнього руху Державне підприємство « Державний дорожній науково-дослідний інститут ім. М.П. Шульгіна» (ДП«ДерждорНДІ»), Начальник Центру безпеки дорожнього руху. м. Київ, Україна, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5615-9075>*

DOI: [https://doi.org/10.31435/rsglobal\\_ws/30082021/7652](https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30082021/7652)

### ARTICLE INFO

**Received:** 04 June 2021

**Accepted:** 22 July 2021

**Published:** 28 July 2021

### KEYWORDS

modeling methods, queuing theory, street and road network, traffic flow, traffic jam, system "flow input to the run - the movement of the flow on the race - the output of the flow from the race ("Distillation").

### ABSTRACT

The development of road transport, both economically and socially, is of great importance for humanity. But along with the tremendous benefits and unlimited potential of road transport, there are many problems, particularly with its operation in human settlements, particularly in cities. These problems are related to the oversaturation of the road network of cities with road transport, which leads to a decrease in speed, congestion, increased travel time. Ensuring the required capacity of the site is the main indicator of creating conditions for the efficient functioning of the transport system of cities.

Each section has its own planning features that allow the car to move at an acceptable speed and at the same time not create any situations that could lead to the formation of congestion.

It is known that the lower the speed, the greater the time spent. Speed is one of the most important indicators of traffic flow. Any reduction in the speed of traffic flows compared to the permitted leads to economic losses. And if we consider the reduction of speed, taking into account the stop in motion (delay), it leads to much greater economic losses.

In order to improve traffic management on the main street and road network of the city, it is necessary to develop a simulation model of traffic flow. Modern simulation is used mainly to study situations and systems that can be described as queuing systems.

Based on the theory of queuing, where the movement of road transport is a random process, which is characterized by different probabilistic characteristics, the system "Overtaking" is considered. The flow of road transport is a flow of requirements, and the cross section of the road is a service apparatus. In this case, the entire road or a separate section can be shown as a set of infinitesimal segments or a set of cross sections of the road. As a result of this assumption, it follows that the entire road is a service apparatus for the traffic flow moving on it.

It is proved that the system of flow entry to the race - flow of the flow on the race - exit of the flow from the race ("Overflow") is an integral object of traffic control on the highway and the main road network of cities.

With the help of this system, the movement of vehicles during the formation of "bottlenecks" was analyzed and the efficiency of its work was proved.

The obtained results will help to determine the behavior of the traffic flow when changing the geometric parameters of the road and when changing the characteristics of the traffic flow.

However, it should be noted that one of the important aspects of the task of improving traffic management is its consideration from the standpoint of providing flexibility to take into account the state of flows and their possible changes in the road network, and only then, given this, it is necessary focus on the feasibility of implementing certain measures related to improving traffic management. The most effective measures are those that can maintain their effectiveness at different levels of road congestion.

**Citation:** Polishchuk V., Nahrebelna L. (2021) Formation of Road Traffic Management Principles in the System "Perehin". *World Science*. 8(69). doi: [10.31435/rsglobal\\_ws/30082021/7652](https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30082021/7652)

**Copyright:** © 2021 Polishchuk V., Nahrebelna L. 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.

**1. Вступ.** Затримки транспорту можуть носити системний чи локальний характер. Системний характер безпосередньо пов'язаний із розплануванням міста. Локальний характер затримок пов'язаний із пропускною спроможністю транспортних вузлів та інших елементів вулично-дорожньої мережі і засобів організації дорожнього руху.

Транспортні затримки і довжина черги утворюються на вулично-дорожній мережі через різні перешкоди, які спричиняють вимушені зміни швидкості руху і збільшують часові витрати. Зниження швидкості руху і виникнення черги очікування призводить до появи затримки транспорту.

Заторові стани, часто виникають, довго тривають та займають значний простір, як правило є наслідком загальної нерозвиненості вулично-дорожньої мережі міст в цілому. Боротьба з ним потребує комплексних мір, що повинні застосовуватися не лише в місцях виникнення заторів, а й на дорожній мережі району, магістралі або населеного пункту [1-3].

Затор, сконцентрований в межах малої зони, робить вплив на інші транспортні потоки і у випадку, якщо інтенсивність руху перевищує пропускну спроможність, затор поширюється більш ширше. Щоб уникнути подібної ситуації необхідно розосереджувати затори з метою зменшення впливу на інші транспортні потоки.

Транспортні потоки характеризуються: інтенсивністю, складом, швидкістю, інтервалами між автомобілями, щільністю потоку. Внаслідок взаємодії автомобілів в потоці всі ці характеристики функціонально зв'язані один з одним.

Моделювання - один із найбільш розповсюджених методів дослідження процесів функціонування складних систем. Є досить велика кількість методів побудови математичних моделей і засобів реалізації моделюючих алгоритмів [4].

У теорії і практиці моделювання систем важливе місце посідають моделі систем масового обслуговування (СМО). Такі системи зустрічаються нам щоденно. Це процеси обслуговування в черзі на заправній станції, у магазині, бібліотеці, кафе, також різні служби ремонту і медичної допомоги, транспортні системи, аеропорти, вокзали тощо. Черги виникають і за потреби скористатись телефонним зв'язком або передати повідомлення по Інтернету. Більше того, будь-яке виробництво також можна подати як послідовність таких систем. Особливого значення СМО набули в інформатиці. Це системи, мережі передавання інформації, бази і банки даних.

Існує розвинутий математичний апарат теорії масового обслуговування (науковці західних країн цю теорією називають теорією черг), що дає змогу аналізувати ефективність функціонування СМО певних типів і визначати залежність між характеристиками потоку вимог, кількістю каналів (пристроїв для обслуговування), їх продуктивністю, правилами роботи СМО та її ефективністю.

Основи теорії масового обслуговування (ТМО) були закладені в працях датського математика, співпрацівника Копенгагенської телефонної компанії А.К. Ерланга (формулювання принципу статистичної рівноваги) і отримали подальшого розвитку в роботах багатьох вітчизняних та зарубіжних вчених, таких як Т. Енгсет, Г.О. Делл, Е. Молін, О. Колмогоров, А. Хінчин, К. Пальм, Г. Башарін, А. Маркевич, Б. Лівшиц, Ю.М. Корнишев та ін. Системи масового обслуговування розглядалися у різних ситуаціях і за їх допомогою розв'язувалися багато задач з різних напрямків [5-11].

Для дослідження умов руху змішаного та складного транспортного потоку на магістральній вулично-дорожній мережі міста необхідно і достатньо розглянути систему «вхід потоку на перегін – рух потоку на перегоні – вихід потоку з перегону» («Перегін»).

## **2. Методика проведення досліджень.**

**Система «вхід потоку на перегін – рух потоку на перегоні – вихід потоку з перегону» («Перегін»)**

Організація дорожнього руху вносить відповідні особливості взаємодії елементів системи «Перегін». Це пов'язане зі ступенем формування потоків на смугах проїзної частини

перегону за рахунок кількості смуг руху. Склад транспортного потоку є різним від легкових автомобілів до вантажних, великогабаритних і великовантажних автомобілів. Для фізичної реалізації таких схем організації дорожнього руху можливо використовувати технічні засоби організації дорожнього руху як постійної дії, так і зі змінною інформацією про характер руху на елементах системи «Перегін».

Узагальнюючи взаємодію елементів цієї системи її можна представити рисунком 1.

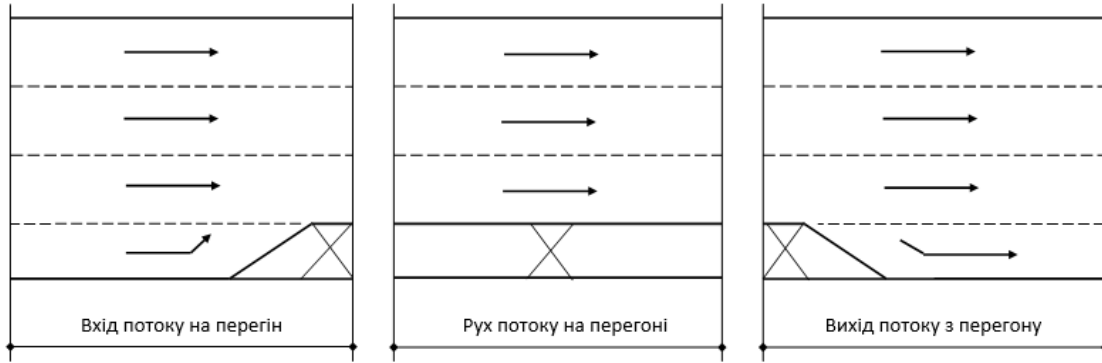


Рис. 1. Цілісний об'єкт управління рухом на автомобільній дорозі: система «Перегін».

### 3. Результат досліджень.

#### Елемент «вхід потоку на перегін»:

- на перегоні смуги руху не розділені суцільною лінією, що означає, що транспортні засоби різних типів рухаються у суцільному потоці, взаємодіють між собою, використовуючи всі смуги руху проїзної частини магістралі.

Елемент «вхід потоку на перегін» є найбільш складним як з фізичної точки зору, так і з погляду математичного опису даного процесу. Розглянемо його докладніше. Основною функцією, яку виконує даний елемент, є забезпечення вливання транспортного потоку, що сформувався на підході до перегону, або другорядного транспортного потоку в основний потік, що рухається зовнішньою смугою проїзної частини перегону головної дороги, а потім, в разі потреби, переміщується на інші смуги. Вливання другорядного потоку в основний відбувається в зоні *aa-вв* (рис. 2). При цьому слід сказати, що вливання другорядного потоку в основний можливо лише у тих випадках, коли в основному потоці є достатня кількість інтервалів між автомобілями, що дозволяють безпечно здійснення маневру вливання. Інакше другорядний потік утворюватиме чергу автомобілів, які чекатимуть появу такого інтервалу. Таким чином, елемент «вхід потоку на перегін» представляється найбільш складним у всій даній системі «Перегін».

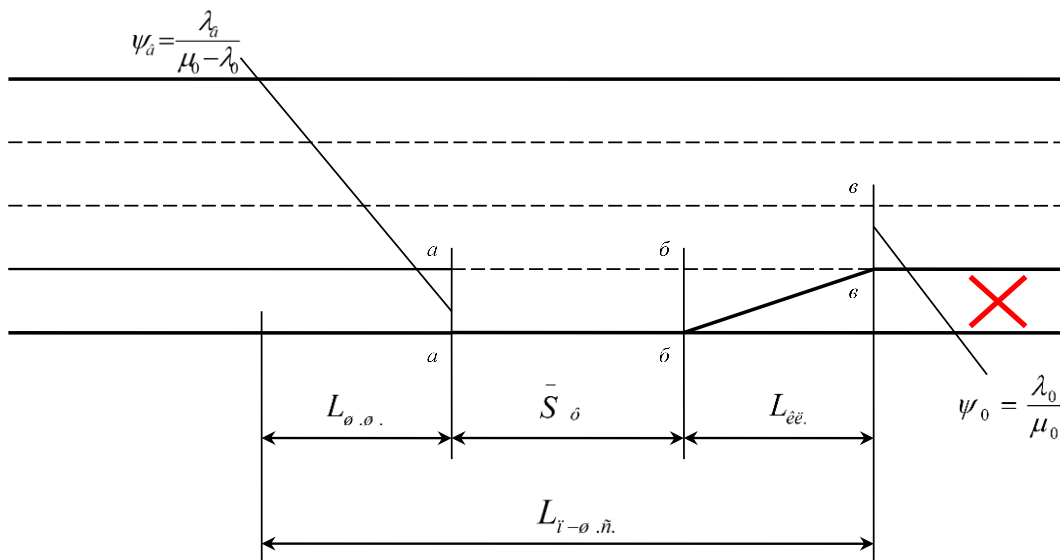


Рис. 2. Вхід потоку на перегін

Елемент «вхід потоку на перегін» є самостійною системою масового обслуговування. Покажемо це на прикладі (рисунок 2). Оскільки будь-яка система масового обслуговування характеризується наявністю потоку вимог або апаратом обслуговування, то необхідно чітко охарактеризувати дану систему [12].

У даній системі «вхід потоку на перегін» апаратом обслуговування є зона  $aa - bb$ , а точніше поперечний переріз крайньої смуги головної дороги, в якому здійснюється вливання другорядного потоку в основний. При такій постановці питання апарат обслуговування на головній дорозі проводитиме обслуговування відразу двох потоків вимог (автомобілів). Перший потік вимог є транспортний потік на основній дорозі її крайньої смуги і другий – транспортний потік, що входить на основну дорогу.

Фізичний вхід автомобілів до перегону відбувається за допомогою трьох смуг руху (рисунок 3).

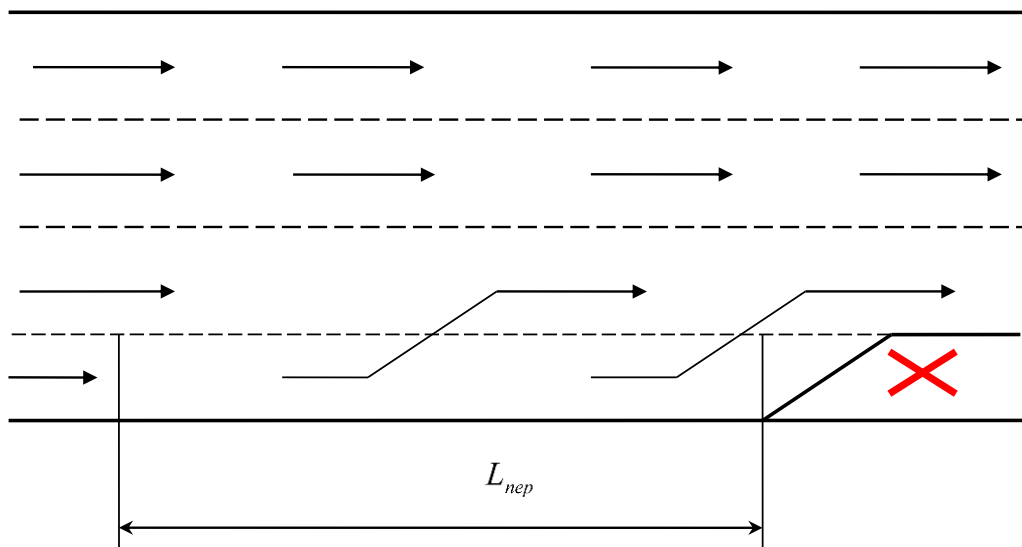


Рис. 3. Вхід на перегін за допомогою трьох смуг руху

Дана модель показує рух транспортних засобів у випадку, коли буде заборонено рух по одній смузі руху. Потік транспорту потрібно буде зганяти із закритої смуги руху. Для того, щоб не утворився затор потрібно знати відстань з якої потрібно починати зганяти транспорт із закритої смуги.

- формування входу потоку на перегін при умові коли заборонено рух по двох смугах руху (рисунок 4).

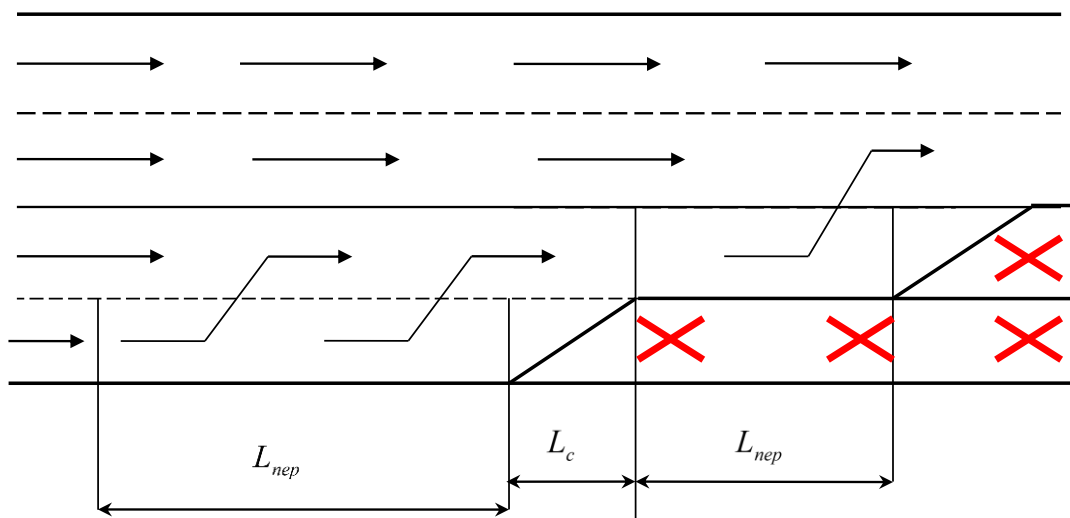


Рис. 4. Вхід на перегін за допомогою двох смуг руху

Автомобілі взаємодіють між собою, використовуючи обидві смуги руху. Надходження всіх типів транспортних засобів до перегону відбувається по чотирьох смугах. Але для того, щоб транспорт перемістився із двох закритих смуг на дві інші, необхідно ввести ділянку для переміщення транспорту з крайніх смуг на середню ( $L_{пер.}$ ), яка починається після ділянки стабілізації потоку ( $L_c$ );

- формування входу потоку на перегін при умові коли заборонено рух по трьох смугах руху (рисунок 5).

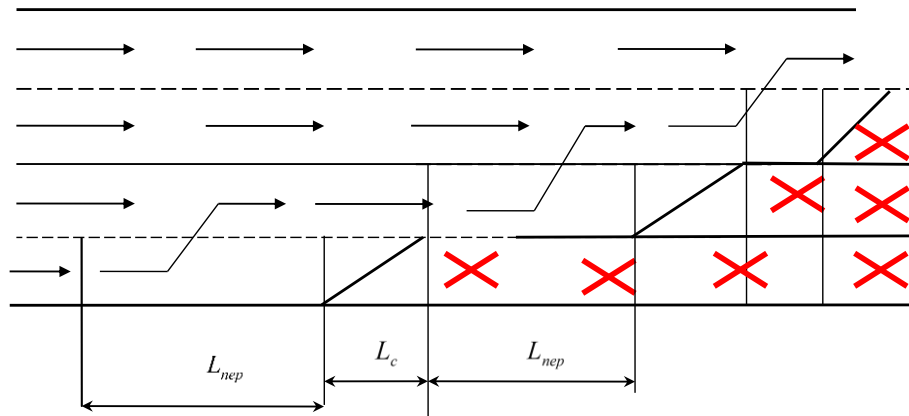


Рис. 5. Вхід на перегін за допомогою однієї смуги руху

Дана модель показує рух транспортних засобів у випадку, коли заборонено рух по трьох смугах руху. Транспортний потік потрібно перерозподілити, переміщувати транспорт із трьох смуг в одну. Рух у такому випадку буде найбільш утрудненим.

#### **Елемент „Рух потоку на перегоні”:**

При розгляді ж руху потоку автомобілів, що знаходяться на перегоні автомагістралі слід прийти до висновку, що дуже велика кількість чинників зумовлює формування транспортного потоку на смугах руху з тими або іншими параметрами. До цих чинників необхідно віднести, у першу чергу довжину перегону, поздовжній похил, ширину проїзної частини та інші геометричні елементи, а також величину інтенсивності, склад транспортного потоку. Крім того, на формування потоку автомобілів на перегоні як потоку вимог, робить вплив не тільки потік автомобілів, що надійшов до перегону, але і автомобілі, що до нього раніше надійшли з попереднього перегону, а також ті маневри, які відбуваються при різних випадках входу потоку на перегін.

У зв'язку з такою постановкою питання передбачається можливим описати транспортний потік на перегоні, як стаціонарний ординарний потік з обмеженою післядією або рекурентний потік вимог. Обмежена післядія виражається в тому, що на опис потоку впливає автомобіль, що пройшов через довільно узятий поперечний переріз перегону у момент початку спостережень. Слід сказати, що стаціонарний ординарний потік з обмеженою післядією є узагальненням найпростішого потоку вимог (автомобілів).

У зв'язку з цим, можна стверджувати, що на перегоні відбувається трансформація транспортного потоку з найпростішого в рекурентний.

1) - формування потоків на перегоні відбувається по трьох смугах (рис. 6).

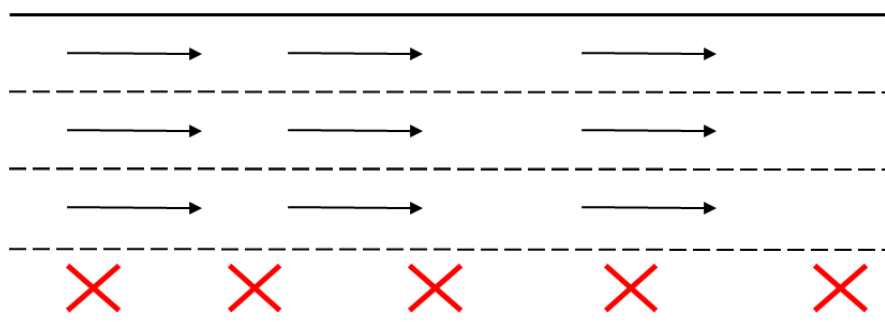


Рис. 6. Організація дорожнього руху на перегоні по трьох смугах руху.

На перегоні смуги руху не розділені суцільною лінією, це означає, що транспортні засоби різних типів рухаються у суцільному потоці, взаємодіють між собою, використовуючи всі смуги руху проїзної частини.

- 2) - формування потоків на перегоні відбувається по двох смугах (рис. 7).  
Автомобілі взаємодіють між собою, використовуючи дві смуги руху;

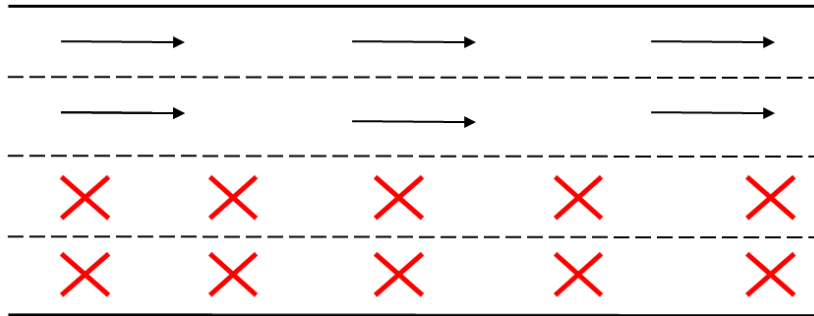


Рис. 7. Організація дорожнього руху на перегоні по двох смугах руху

- 3) - формування потоків на перегоні відбувається по одній смузі руху (рисунок 8)

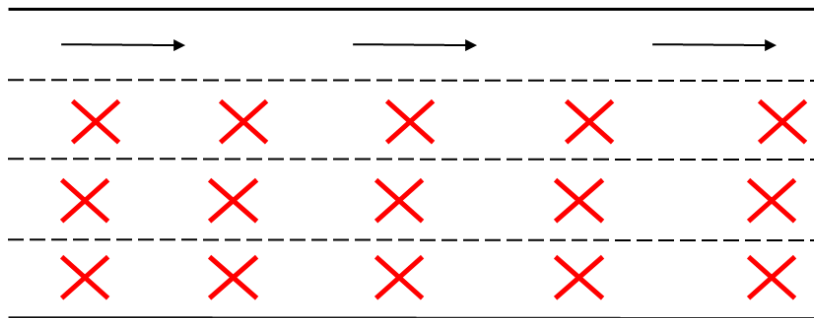


Рис. 8. Організація дорожнього руху на перегоні по одній смузі руху

В кінці перегону, де починається трансформація транспортного потоку з рекурентного у найпростіший для підготовки і здійснення виходу частини потоку різного складу з перегону, необхідно дослідити різні випадки улаштування елемента «вихід потоку з перегону».

**Елемент «Вихід потоку з перегону»:**

Розглянемо елемент „вихід потоку з перегону”, який є самостійною системою масового обслуговування.

На перегоні смуги руху не розділені суцільною лінією, що означає, що транспортні засоби різних типів рухаються у суцільному потоці, взаємодіють між собою, використовуючи всі смуги руху проїзної частини магістралі. схема „ виходу потоку з перегону” виглядатиме як на рисунок 9.

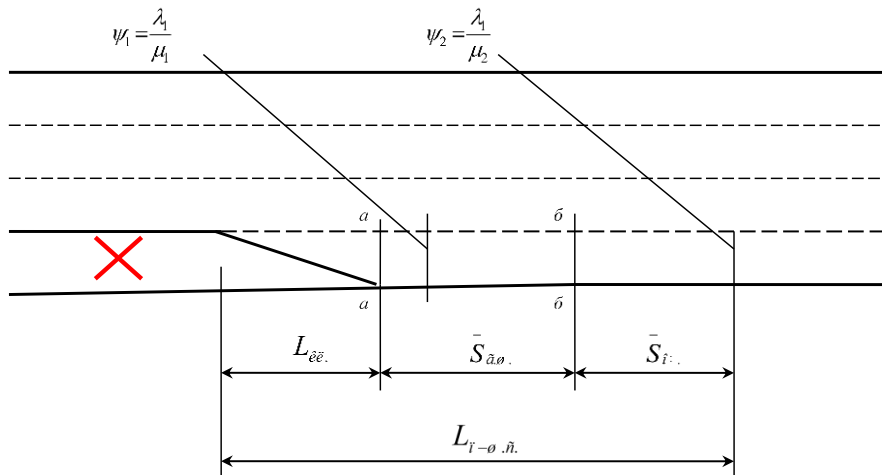


Рис. 9. Вихід потоку з перегону

Основний транспортний потік, що рухається зовнішньою смугою проїзної частини головної дороги, в зоні виходу потоку з перегону починає розподілятися, утворюючи при цьому два потоки. Один, основний, продовжуватиме рух в прямому напрямі і другий, другорядний – поступає на вихід з перегону. Вхідний потік автомобілів на апарат обслуговування, яким є поперечний переріз крайньої смуги проїзної частини буде, як указувалося вище, простим, тобто стаціонарним ординарним без післядії. Пропускна здатність апарату обслуговування дорівнює одиниці, оскільки поперечний переріз смуги може обслуговувати одночасно тільки один автомобіль. По мірі звільнення апарату обслуговування від попереднього автомобіля до обслуговування приймається наступний за ним автомобіль. Таким чином, система є повнодоступною, а дисципліна обслуговування полягає в обслуговуванні вимог (автомобілів) у міру надходження із загальної черги.

Формування виходу потоку з перегону з трьох смуг та вхід у чотири смуги наведено на рисунку 10.

Фізично вихід транспортних засобів відбувається за допомогою трьох смуг. Транспортні засоби переміщуються по ширині проїзної частини вільно;

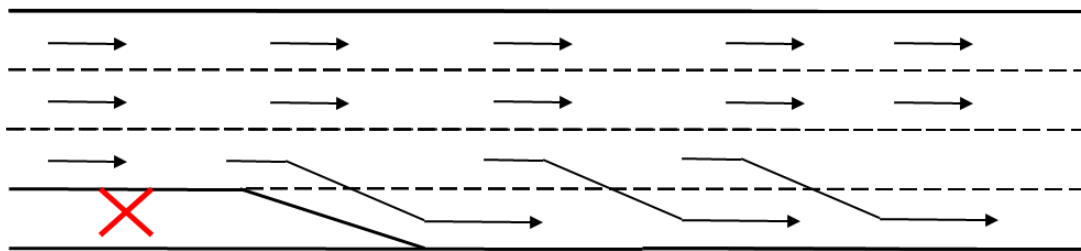


Рис. 10. Вихід потоку з перегону з трьох смуг та вхід у чотири смуги

Формування виходу потоку з перегону з двох смуг руху, та вхід у чотири смуги руху наведено на рисунку 11.

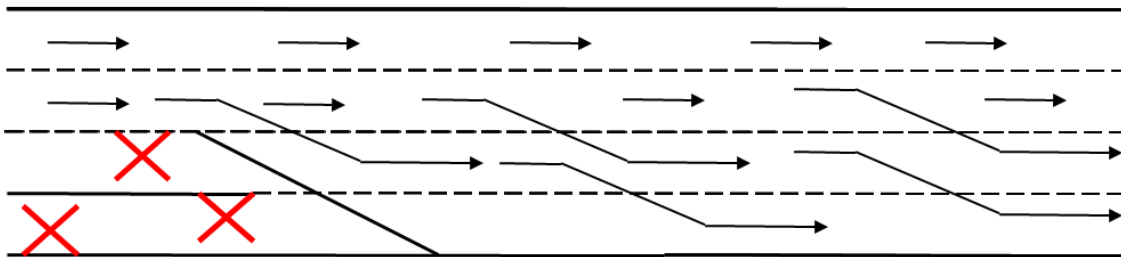


Рис. 11. Вихід потоку з перегону з двох смуг та вхід у чотири смуги

Формування виходу потоку з перегону з однієї смуги руху, та вхід у чотири смуги руху наведено на рисунку 12.

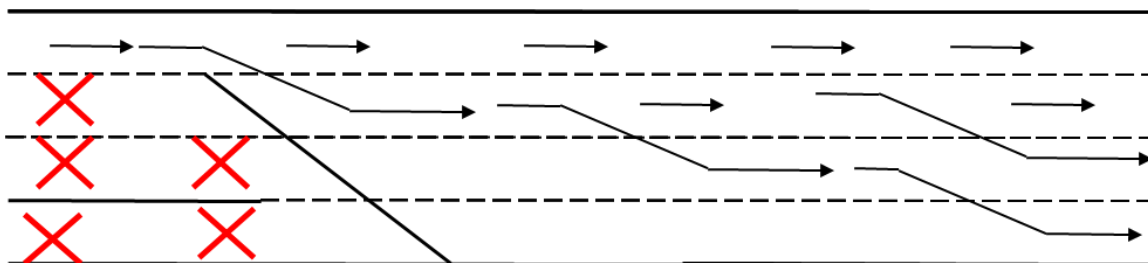


Рис. 12. Вихід потоку з перегону з однієї смуги та вхід у чотири смуги

Обидва потоки, що виходять, як основний, так і другорядний будуть простими, оскільки тут має місце ефект просіювання, коли закон розподілу імовірності появи буде той же, що і у вхідного потоку, проте параметри їх відрізняються від параметрів останнього, такого, що



утворив їх. Це важливо встановити, оскільки і основний, і другорядний потоки поступають в інші системи обслуговування [13-14].

**4. Висновки.** Отже, було розглянуто автомобільну дорогу як апарат обслуговування за допомогою теорії масового обслуговування.

Визначено основні показники системи масового обслуговування для пропуску транспортного потоку по одній смузі рух. Виявлено їхній вплив на утворення заторових станів. 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.

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

Оскільки затор виникає у тому випадку, коли в транспортній мережі з'являються перегони «вузькі місця», тому, управління у вимушеному режимі руху, в першу чергу, має бути спрямоване на створення таких умов руху, при яких задовольняються обмеження для усіх перегонів вулично-дорожньої мережі.

Вироблення і впровадження заходів, пов'язаних з удосконалення управління дорожнім рухом повинні бути спрямовані, у першу чергу, на підвищення пропускну здатності головних транспортних артерій міста – магістральної вулично-дорожньої мережі з найбільш інтенсивним рухом і завантаженістю.

Разом з тим, слід зазначити, що одним із важливих аспектів задачі з удосконалення управління дорожнім рухом є її розгляд із позиції забезпечення гнучкості щодо врахування станів потоків та їх можливих змін на ділянках вулично-дорожньої мережі, і лише потім, з огляду на це, необхідно орієнтуватися на доцільності впровадження тих чи інших заходів.

Найбільш ефективні заходи це ті, які можуть зберігати свою ефективність при різних рівнях завантаженості доріг.

## REFERENCES

1. Do pytannia pro zatory na vulychno-dorozhniy merezhi mist prof. Polishchuk V.P., aspirant Nahrebelna L.P. S. 292, LXXIV naukova konferentsiia profesorsko-vykladatskoho skladu, aspirantiv, studentiv ta spivrobotnykiv vidokremlyenykh strukturnykh pidrozdiliv universytetu. – K.: NTU, 2018. – 564 c.
2. Driu D. Teoriya transportnykh potokov y upravlenye ymy / D. Driu – M.: Transport, 1972. – 424 s.
3. Polishchuk, V. P., Nagrebelna, L. P. (2019). Problemy sychasnogo mista [Problems of the modern city]. Kyiv, Visnyk NTU, 3, 43, 2019, 136–142. DOI: 10.33744/2308-6645-2019-1-43-136-142.
4. Nahrebelna L.P. (DP «DerzhdorNDI») «Vybir modeli dlya doslidzhennya transportnoho potoku na vulychno-dorozhniy merezhi mist Ukrainy» Avtoshlyakhovyk Ukrainy, # 3 (259), 2019 S. 30-33. doi: 10.33868/0365-8392-2019-3-259-30-3.
5. Ynosэ Kh. Upravlenye dorozhnym dvyzhenyem; per. s anhl. / Kh. Ynosэ, T. Khamada // pod red. M.Ya. Blynkyna – M.: Transport, 1983 – 248 s.
6. Vrubel Yu.A. Orhanyzatsiya dorozhnoho dvyzheniya. V dvukh chastiakh. Chast 2. / Yu.A. Vrubel. – Mynsk: Belorusskiy fond bezopasnosti dorozhnoho dvyzheniya, 1996. – 306 s
7. Tomashevskiy V.N. Ymytatsyonnyi proekt avtomobylnoho dorozhnoho dvyzheniya / V.N. Tomashevskiy, D.S. Pechenezhskiy // Radioelektronika. Informatyka. Upravlinnia. – 2001. – №1. – S. 117-122.
8. Nahrebelna L.P. (DP «DerzhdorNDI») «Vybir modeli dlya doslidzhennya transportnoho potoku na vulychno-dorozhniy merezhi mist Ukrainy» Avtoshlyakhovyk Ukrainy, № 3 (259), 2019 S. 30-33. DOI: 10.33868/0365-8392-2019-3-259-30-33
9. Takha Khemdy A. Vvedenye v yssledovanye operatsiy / Khemdy A. Takha. – 7-e yzd.: Per. s anhl. – M.: Yzdatelskiy dom «Vyliams», 2005. – 912 s.
10. Cremer V., Lydwig J. A fast simylation model for traffic flow on the basis of Boolean operations // Math. Comp Simul. 1986. V. 28.H.297-303
11. Wardrop J.G. The capacity of road. «Oper. Res. Quart.» № 5, 1954, 19-24
12. L. Nahrebelna, V. Polishchuk 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), 2020.
13. Polishchuk V.P., Krasyl'nikova O.V. Otsinka stanu transportnoho potoku v umovakh funktsionuvannya ASUR. Mizhvid. nauk.-tekhn. zb. Vyp. 63. – K., NTU. 2001. – S. 354 – 357.
14. Polishchuk V.P., Krasyl'nikova O.V. Vyznachennya propusknoyi zdatnosti dorohy v umovakh funktsionuvannya ASUR. Zb. nauk. prats' „Avtodorozhniy kompleks Ukrainy v suchasnykh umovakh: problemy i shlyakhy rozvytku”. PVKP. – K., 1998. – S. 297– 299.