



УДК 656.13.05

- © Є.Ю. Форнальчик, докт. техн. наук,
- © В.В. Гілевич, асистент (НУ “Львівська політехніка”)

ВПЛИВ ПЕВНИХ ЧИННИКІВ НА ДИНАМІКУ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ, ЯКИЙ ДОЛАЄ РЕГУЛЬОВАНЕ ПЕРЕХРЕСТЯ

Анотація. Показано (на прикладі коефіцієнтів зведення) вплив технічного стану транспортних засобів у транспортних потоках міста, ймовірного характеру їх складу, а також рівності дорожніх покриттів на інтенсивність проїзду перехрестя.

Ключові слова: коефіцієнт зведення, регульоване перехрестя, рівність покриттів, склад потоку, технічний стан, транспортні засоби, транспортний потік.

Аннотація. Показано (на прикладі коефіцієнтів приведення) вплив технічного стану транспортних засобів у транспортних потоках міста, ймовірного характеру їх складу, а також рівності дорожніх покриттів на інтенсивність проїзду перехрестя.

Ключевые слова: коэффициент приведення, регулируемый перекресток, ровность покрытий, состав потока, техническое состояние, транспортные средства, транспортный поток.

Annotation. Was shown (for example, the reduction coefficient) the effect of the technical state of vehicles in traffic flows of the city, the probabilistic nature of their composition, as well as equality of road coatings on the intensity of Route intersections.

Keywords: reduction coefficient, traffic intersection, equality coatings, composition of flux, technical condition, vehicles, traffic flow.

Вступ

Відомо, що на насиченість транспортних потоків (далі – ТП), безпосередньо впливає змінна інтенсивність проїзду перехрестя [1, 2]. При цьому пропускна здатність для певного перехрестя залишається постійною. Оскільки для перехрестя із жорстким циклом регулювання ТП рухаються зі змінними інтенсивностями, а пропускна здатність їх постійна, то затримки автомобілів перед ними будуть також змінними і в деяких ситуаціях можуть зумовлювати затори на вулично-дорожній мережі. У зв'язку з цим важливо дослідити вплив на насиченість ТП, який проїжджає перехрестя, усіх можливих чинників.

Основна частина

Серед важливих чинників, що впливають на насиченість ТП можна виділити такі основні:

– по-перше, потрібно розглядати формально не лише склад ТП, який завжди неоднаковий, і зводити його до легкових транспортних засобів (далі – ТЗ), а й обов'язково оцінити ймовірність появи у ньому таких ТЗ, які знижуватимуть інтенсивність проїзду. Йдеться про вантажні автомобілі та автобуси. Коефіцієнти зведення не враховують ймовірної природи наявності у ТП тих чи тих ТЗ;

– по-друге, серед вантажних ТЗ та автобусів у ТП не усі вони з однаковим технічним станом. Тут йдеться про технічний стан лише тих агрегатів, які визначають тягово-швидкісні та гальмівні характеристики автомобіля. Це передусім зношеність двигунів, зокрема деталей циліндро-поршневої групи та гальмівної системи. Поява таких неоднорідних за технічним станом вантажних автомобілів і автобусів у ТП перед перехрестям (особливо важливо перед стоп-лінією, які рушають першими на зелений сигнал світлофора) також має ймовірнісний характер [3];

– по-третє, на інтенсивність проїзду перехрестя впливають тип і якість їхніх дорожніх покриттів і примикань до них (20-30 м перед і 5-10 м після). Відомо, що ці характеристики не постійні (на відміну від постійності світлофорних циклів), однак у певних випадках можуть істотно впливати на інтенсивність проїзду. Та не лише локальні нерівності покриттів у вигляді ямок, виступів головок трамвайних рейок мають вплив, а й, деформовані транспортними засобами, різної хвилястості (особливо у літній період) ділянки на перехресті чи перед або після нього.



Вважаємо, що відомі методи визначення показника насиченості ТП, який проїжджає регульоване перехрестя, повинні уточнюватися з урахуванням імовірнісної природи появи у ТП тихохідних й з різним технічним станом ТЗ, а також якісного стану дорожніх покриттів перехрестя і примикаючих до них проїжджих частин.

Вибірковим аналізом статистичних даних щодо автобусів, які обслуговують маршрути у м. Львові (АТП №1, “Успіх БМ”, “Міра і К”, “Фіакр” та АТП-14630) виявлено їхню кількість – 772 од. Весь їх віковий діапазон розбито на 4 групи: 1-3 роки; 4-6; 7-10; більше 10 років. Очевидно, що чим триваліший термін служби автомобілів, тим нижчі їхні техніко-експлуатаційні характеристики. В такому разі це впливає на зниження динаміки проїзду перехрестя. Оскільки діагностувати кожен автобус на предмет кількісної оцінки його тягово-швидкісних чи гальмівних характеристик немає змоги й зрештою у цьому дослідженні – не так важливо, використовуємо з цією метою вікову характеристику.

Якщо взяти твердження про вплив терміну служби автомобіля на його надійність та зниження показників тягової (зокрема розгінної) динамічності як аксіому, то такі ТЗ називатимемо автомобілями з негативним потенціалом технічного стану. Визначимо їх частку $K_{н.н.}$ у кожній віковій групі від загальної кількості $N_{авт}$:

$$K_{н.н.(1-3)} = \frac{N_{1-3}}{N_{авт}}, \dots, K_{н.н.(\geq 10)} = \frac{N_{>10}}{N_{авт}}, \quad (1)$$

тут $N_{1-3}, \dots, N_{>10}$ – кількість автомобілів у відповідних вікових групах.

Для наведених вище 4-х вікових груп автобусів показники негативного потенціалу такі: $K_{н.н.(1-3)}=0,091$; $K_{н.н.(4-6)}=0,383$; $K_{н.н.(7-10)}=0,474$; $K_{>10}=0,052$. Це свідчить про те, що найбільша частка зношеного парку припадає на автобуси з термінами служби від 7 до 10 років. Оскільки їхня зношеність впливає на динаміку проїзду перехрестя, знижуючи динаміку ТП, то ступінь зниження тягово-швидкісних характеристик можна визначити через $K_{н.н.}$:

$$K_{авт} = 1 + K_{н.н.} \quad (2)$$

Тобто коефіцієнт зниження динаміки проїзду перехрестя автобусами тривалого терміну служби, порівняно з новими, буде об'єктивно характеризувати ТП різнотипних ТЗ, які проїжджають перехрестя. У зв'язку з цим, потрібно зводити ТП не лише до легкових автомобілів через коефіцієнти зведення $K_{зв}$, а й враховувати ступінь фізичного зносу учасників руху. Тому:

$$N_{авт} = \overline{N}_{л} \cdot K_{зв.л} + \overline{N}_{н} \cdot K_{зв.н} \cdot K_{н.н} + \overline{N}_{автб} \cdot K_{зв.автб} \cdot K_{н.н.автб}, \quad (3)$$

тут $\overline{N}_{л}$, $\overline{N}_{н}$, $\overline{N}_{автб}$ – середні кількості автомобілів, відповідно легкових, вантажних та автобусів, які проїжджають перехрестя за час горіння зеленого сигналу; $K_{зв.л}$, $K_{зв.н}$, $K_{зв.автб}$ – коефіцієнти зниження тягово-швидкісних характеристик учасників руху; $K_{зв}$, $K_{автб}$ – коефіцієнти зведення до легкового автомобіля різних типів ТЗ, які долають перехрестя (за О.Г. Левашовим $K_{зв} = 1,480$, $K_{автб} = 1,367$ – вони враховують лише динамічні габарити ТЗ [2, 4]).

Якщо врахувати частку особливо зношених легкових ТЗ, що мають термін служби більше десяти років, для якої $K_{зв.л} = 1,167$, то ця формула набуде вигляду:

$$N_{авт} = 1,167 \cdot \overline{N}_{л} + 2,258 \cdot \overline{N}_{н} + 2,086 \cdot \overline{N}_{автб} \quad (4)$$

Наведені числові значення $K_{зв.автб}$ враховані лише для автобусів віком від семи і більше років ($K_{зв.автб} = K_{зв.(7-10)} + K_{зв.(>10)} = 1,526$) та розраховані для вантажних ТЗ (ГАЗ-3307), які, наприклад, в автомобільному парку хлібзаводу №1 м. Львова ($N_{авт} = 173$ од.: $K_{н.н.(1-3)} = 0,091$; $K_{н.н.(4-6)} = 0,383$; $K_{н.н.(7-10)} = 0,503$; $K_{н.н.(>10)} = 0,023$; $K_{зв.н} = 1 + K_{н.н.(7-10)} + K_{н.н.(>10)} = 1,526$).

Присутність у ТП різних типів ТЗ із різним технічним станом (віком) кожного вносить корективи щодо інтенсивності проїзду ними перехрестя, а отже, і щодо потоків насичення. Це можна проілюструвати на прикладі проїзду перехрестя магістральної вул. Антоновича з вул. Бандери. Дослідження виконувалось упродовж 20 хв у вечірній час-пік. У прямому, найбільш інтенсивному напрямку, за 18 світлофорних циклів із тривалістю горіння зеленого сигналу 30 с, у кожному з них, проїхало 361 од. ТЗ. Фіксувалась кількість їх за типами і визначалась спочатку інтенсивність проїзду у фізичних одиницях для кожного циклу. Згодом такий же показник з урахуванням коефіцієнтів зведення за О.Г. Левашовим [2, 4] й з урахуванням технічного стану учасників руху (табл. 1). Отримано і відповідні графіки (рис. 1). Наведене показує, що якщо у ТП лише легкові ТЗ і зведень не потрібно виконувати, то інтенсивність ТП за фізичними одиницями збігається зі зведеною (у 5-му циклі). Обидва графіки зведених інтенсивностей розміщені вище за інтенсивності фізичних одиниць. Це не суперечить фізичному змісту: протягом однакової тривалості горіння зеленого сигналу світлофора більша кількість легкових ТЗ у ТП могла б проїхати перехрестя, ніж якщо у ньому наявні вантажні ТЗ та автобуси з нижчими тягово-швидкісними характеристиками. І ще більша (крива 3), якщо ці ж ТЗ з відповідно зношеними агрегатами, які забезпечують ці характеристики.



Таблиця 1

Результати дослідження проїзду ТЗ перехрестя вул. Антоновича-Бандери

№ світл. циклу	Кількість ТЗ, які проїжджають перехрестя у кожному світлофорному циклі ($T_{\text{ц}}=68$ с, $t_3=30$ с):					
	за видами			фізичні одиниці	зведених до легкового автомобіля	
	легкові	вантажні	автобуси		за О.Г. Левашовим	з урахуванням технічного стану
1	18	0	3	21	22,1	27,26
2	19	1	2	22	23,2	28,60
3	18	0	3	21	22,1	27,26
4	17	0	3	20	21,1	26,10
5	22	0	0	22	22,0	25,67
6	13	0	3	16	17,1	21,43
7	18	0	2	20	20,7	25,18
8	17	0	2	19	19,7	24,01
9	18	0	2	20	20,7	25,18
10	15	0	3	18	19,1	23,76
11	15	0	4	19	20,5	25,85
12	17	0	4	21	22,5	28,18
13	21	1	1	23	23,8	28,85
14	13	0	4	17	18,5	23,52
15	21	1	2	24	25,2	30,94
16	17	0	2	19	19,7	24,01
17	9	1	6	16	18,7	25,28
18	22	0	1	23	23,4	27,76

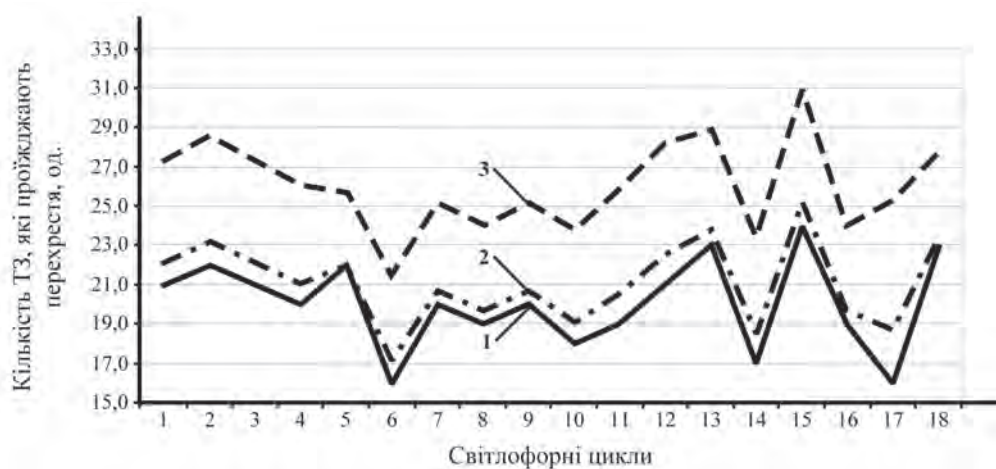


Рис. 1. Розподіл кількості ТЗ, які проїжджають перехрестя за відповідні світлофорні цикли: 1 – фізичні одиниці ТЗ; 2 – зведені до легкового автомобіля одиниці ТЗ (за О.Г. Левашовим); 3 – зведені до легкового автомобіля одиниці ТЗ з урахуванням їхнього технічного стану

Відомо також, що коефіцієнти зведення K_{θ} , $K_{автб}$ за своєю суттю постійні величини і пронормовані або за ДБН [5], або ж за О.Г. Левашовим [2, 4], а от кількість відповідних ТЗ у ТП упродовж ранкового і вечірнього часів-пік має випадковий характер. У проектуванні нових регульованих перехресть склад ТП приймають постійним для цих пікових періодів. Однак не відомо, для яких днів тижня і сезону ці періоди було вибрано. Якщо виникають

такі запитання, то знаючи стохастичну природу наявності у ТП різних типів ТЗ, потрібно оперувати імовірнісними показниками – ймовірностями наявності у ТП відповідного типу ТЗ.

На прикладі цього ж перехрестя, через яке проїхало $N_{\text{тп}}=361$ од. ТЗ, серед яких 310 – легкових; 4 – вантажних; 47 – автобусів, визначено імовірності наявності у ТП кожного типу ТЗ: $p(N_{\text{л}})=0,8519$; $p(N_{\text{в}})=0,0107$; $p(N_{\text{автб}})=0,1374$.



Вважаємо, що ці характеристики повинні вводитися у формулу зведення (4), як такі, що об'єктивно характеризуватимуть склад ТП:

$$N_{\text{зв}} = \overline{N}_{\text{т}} \cdot K_{\text{шт.т}} \cdot p(N_{\text{т}}) + \overline{N}_{\text{в}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{шт.в}} \cdot p(N_{\text{в}}) + \overline{N}_{\text{автотб}} \cdot K_{\text{автотб}} \cdot K_{\text{шт.автотб}} \cdot p(N_{\text{автотб}}). \quad (5)$$

При цьому величини $\overline{N}_{\text{т}}$, $\overline{N}_{\text{в}}$ та $\overline{N}_{\text{автотб}}$ повинні розглядатися не як середні значення, а як математичні сподівання з відповідними їх оцінками дисперсії та середньоквадратичного відхилення.

Остаточний вираз для розрахунку $N_{\text{зв}}$ для ТП, який проїжджає перехрестя з наведеного вище прикладу набуде вигляду:

$$N_{\text{зв}} = 1,167 \cdot 0,8519 \cdot \overline{N}_{\text{т}} + 1,526 \cdot 0,0107 \cdot 1,48 \cdot \overline{N}_{\text{в}} + 1,526 \times \\ \times 0,1374 \cdot 1,367 \cdot \overline{N}_{\text{автотб}} = 0,9942 \cdot \overline{N}_{\text{т}} + 0,0163 \cdot \overline{N}_{\text{в}} + 0,2097 \cdot \overline{N}_{\text{автотб}}. \quad (6)$$

Якщо порівняти результати формул (4) та (6), то можна зробити висновок, що врахування імовірнісної природи складу ТП знижує сумарний результат щодо кількості зведених одиниць ТЗ у потоці. Це не заперечує стохастичної суті формування ТП. Формула ж (5) вказує на потребу враховувати технічний стан ТЗ, який умовно видовжуватиме ТП через зниження його тяговошвидкісних характеристик.

На інтенсивність прибуття ТЗ до перехрестя та проїзду його мають вплив не тільки склад ТП, технічний стан його складових, імовірнісна природа наявності у ТП цих складових, а й тип та якість дорожніх покриттів. Нормальними умовами руху вважаються такі, коли коефіцієнт забезпечення розрахункової швидкості руху $K_{\text{р,шт}} \geq 0,75$ для сумарної нерівності покриттів за поштовхоміром 300-400 см/км. Якщо ці нерівності у межах 400-600 см/км – умови руху складні, якщо ж вони >650 см/км – це дуже складні умови [6, 7]. З використанням наведеного можна оцінювати умови руху ТЗ на дорогах і на прогонах між перехрестями. На згадуваному вище перехресті та навколо нього локальні нерівності вимірювали триметровою рейкою, зокрема: підхід з вул. Антоновича до перехрестя з вул. Бандери з асфальтним покриттям, вул. Бандери – бруківка і з трамвайними коліями. За напрямом руху цього магістрального потоку виступи головок рейок сягають 30-50 мм, місцеві нерівності на виїзді з перехрестя, глибиною 70-80 мм і займають площу 400x1200 мм. Такі дефекти сповільнюють швидкість ТП знижуючи потік насичення на перехресті. Якщо б рівність покриття

під триметровою рейкою була у межах до 5 мм, то такий стан його вважався б еталонним [8] і для нього $K_{\text{р,шт}} \geq 0,75$, й тоді фактична швидкість ТЗ відповідала б розрахунковій. Це значно спрощувало б методику визначення потоку насичення, тривалості світлофорного циклу і затримок ТП.

Висновки

Проведені розрахунки та аналіз ТЗ у ТП дає змогу зробити висновки, що в оптимізації тривалостей світлофорних циклів жорсткого регулювання та тривалостей затримок ТП перед перехрестями потрібно враховувати впливи зазначених вище чинників.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения: учебник для вузов / Ю.А. Кременец, М.П. Печерский, М.Б. Афанасьев. - М.: ИКЦ "Академкнига", 2005. - 279 с.
2. Левашов А.Г. Проектирование регулируемых пересечений: учебное пособие / А.Г. Левашов, А.Ю. Михайлов, И.М. Головных. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. - 208 с.
3. Форнальчик Є.Ю. Вплив технічного стану транспортних засобів на динаміку проїзду перехрестя / Є.Ю. Форнальчик, В.В. Гілевич // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2011. - № 3/4 (51). - С. 4-6.
4. Левашов А.Г. Повышение эффективности организации дорожного движения на регулируемых пересечениях: автореф. дис. на соискание учен. степ. канд. техн. наук: спец. 05.22.10 "Эксплуатация автомобильного транспорта" / А.Г. Левашов. - Иркутск, 2004. - 17 с.
5. Автомобільні дороги: ДБН В.2.3-4:2007. - [чинні від 2008-03-01]. - К.: Міжрегіонбуд України, 2007. - 91 с. - (Державні будівельні норми України).
6. Васильев А.П. Эксплуатация автомобильных дорог: в 2 т. - Т.1: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А.П. Васильев. - М.: Издательский центр "Академия", 2010. - 320 с.
7. Домке Э.Р. Управление качеством дорог: учеб. пособие / Э.Р. Домке, А.П. Бажанов, А.С. Ширшиков. - Ростов н/Д: Феникс, 2006. - 253 с.
8. Технічні правила ремонту та утримання міських вулиць та доріг: КТМ 204 України 010-94. - К.: Держжитлокомунгосп, 1994. - 34 с. ✓