

УДК 656.051

ВПЛИВ ЗМІН ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ЗВЕДЕННЯ

INFLUENCE OF VEHICLE DYNAMIC BEHAVIOR CHANGE ON VALUE OF THE PASSENGER CAR EQUIVALENT

Володимир Гілевич¹, Ігор Могила^{1,2}

¹ Національний університет «Львівська політехніка»
вул. Степана Бандери, 32, м. Львів, 79013

² Львівське комунальне підприємство «Львівавтодор»
вул. Пасіки Галицькі, 7, м. Львів, 79035

There is proposed the new approach for determination of the passenger car equivalent (PCE) for the heterogeneous traffic flows, which considers dynamic behavior of different vehicles. Reduction of the starting acceleration of vehicles that take off on the green light at the stop-line is considered when computing PCE for signalized intersection. There is shown reduction of traffic delays at the main directions of intersections when using proposed PCE.

У складі транспортних потоків (ТП) у містах переважають легкові автомобілі з високими показниками тягової динамічності. Проте поряд з ними пересувається значна частка автобусів та вантажних транспортних засобів (ТЗ) зі значно нижчими показниками. Істотну неоднорідність ТП можна спостерігати як у часі (пікові чи міжпікові періоди), так і у просторі (у будь-якому функціональному районі міста).

Відомо, що найважливішим параметром дорожнього руху, який входить в усі інженерні розрахунки, є інтенсивність ТП. Різноманітність ТЗ у потоках враховують з допомогою коефіцієнтів зведення до легкового автомобіля, які приймають згідно з ДБН В.2.3-4:2007 «Автомобільні дороги». Значення цих коефіцієнтів були виведені ще 30 років тому, тому вони не можуть адекватно відображати реалії сучасних умов руху. Крім цього, багато вчених стверджують, що вони є неприйнятними, коли ідеться про розрахунок параметрів світлофорної сигналізації [1-4]. Науковці пропонують свої відповідним чином обґрунтовані коефіцієнти зведення, які, на їх думку, найбільш адекватно відображають сучасний ТП. Проте жоден з них не враховує тягових і гальмівних властивостей ТЗ різних типів та термінів служби, хоча у роботах [1-2] сказано про таку потребу.

Тому нами розроблено новий підхід до розрахунку коефіцієнтів зведення, який враховує технічний стан і терміни служби ТЗ (на прикладі змін розгінних швидкостей). Раніше було теоретично досліджено та практично підтверджено зниження тягово-швидкісних показників вантажних автомобілів із збільшенням терміну їх служби [5] та кумулятивного пробігу [6]. Встановлено, що ці показники за п'ять років інтенсивної експлуатації можуть погіршитись на 25%. А це у свою чергу знижує їх розгінні швидкості, особливо під час рушання зі стоп-лінії на зелений сигнал світлофора. Для розрахунку коефіцієнтів зведення $K_{зв}$, які враховують вплив цього чинника, запропоновано співвідношення [4]:

$$K_{зв} = \frac{t_i}{t_{лег}}, \quad (1)$$

де t_i – часовий інтервал між ТЗ i -го типу при роз'їзді черги на зелений сигнал світлофора, с;
 $t_{лег}$ – часовий інтервал між легковими ТЗ при роз'їзді черги на зелений сигнал світлофора, с.

Часові інтервали між ТЗ ($t_i, t_{лег}$) визначали за регресійною моделлю, яка враховує порядковий номер автомобіля в черзі. Для легкових ТЗ вона має вигляд:

$$t_{лег} = \beta_0 + \frac{\beta_i}{n}, \quad (2)$$

де β_0 – вільний член регресійної моделі, який характеризує значення часового інтервалу між ТЗ для відповідного потоку насичення, с; β_i – параметр регресійної моделі, що враховує відхилення часового інтервалу i -го ТЗ в черзі від часового інтервалу характерного для потоку насичення, с; n – змінна, яка відповідає номеру легкового автомобіля у черзі.

Для дослідження часових інтервалів між ТЗ було вибрано програмний продукт VISSIM, призначений для мікроскопічного моделювання. З його допомогою створено модель смуги руху зі стоп-лінією (світлофором). Спочатку змодельовано рух потоку легкових автомобілів. Опісля моделювався рух потоку вантажних автомобілів (у ДБН В.2.3-4:2007 відповідають ТЗ вантажністю 6-8 т) з різним технічним станом, який в моделі виражався через стартове прискорення, яке змінювалося в межах 0,25-3,5 м/с² з кроком у 0,25 м/с².

Аналіз отриманих результатів проведено з використанням MATLAB. За формулою (2) отримано значення часових інтервалів між ТЗ у всіх змодельованих ТП. Встановлено, що часовий інтервал при роз'їзді черги легкових автомобілів становить 1,53 с, а для вантажних ТЗ він знаходився у межах від 2,061 с (для ТЗ з прискоренням 3,5 м/с²) до 6,337 с (для ТЗ з прискоренням 0,25 м/с²). З використанням формули (1) були визначені коефіцієнти зведення, які враховують технічний стан ТЗ (таблиця 1).

Таблиця 1. Коефіцієнти зведення, які враховують зміну динамічних характеристик (технічного стану) транспортних засобів

Прискорення ТЗ, м/с ²	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50
Коефіцієнт зведення	4,14	2,88	2,35	2,04	1,83	1,72	1,63	1,58	1,52	1,47	1,44	1,40	1,37	1,35

З отриманого видно, що коефіцієнт зведення за фізичним змістом не постійна, а змінна величина, яка є у функціональній залежності від змін динамічних характеристик ТЗ (вантажні ТЗ і автобуси), обумовлених погіршенням їх технічного стану.

Перевірку ефективності застосування отриманих коефіцієнтів зведення у визначенні важливого показника оцінки роботи світлофорів проводили за допомогою програмного продукту VISSIM. З цією метою створено модель регульованого перехрестя (всі напрямки мають 1×1 смуги руху). Інтенсивність вхідних потоків на перехресті змінювалася від 400 авт./год до 700 авт./год для головного напрямку (№ 1 та 2, табл. 2), та від 100 авт./год до 300 авт./год для другорядного (№ 3 та 4, табл. 2) (крок зміни 100 авт./год). Склад ТП також був змінним. На головному напрямку рухалися легкові та вантажні ТЗ, а по другорядному лише легкові. Для спрощення моделі було заборонено ліві повороти зі всіх напрямків, а правоповоротні потоки становили 8% від вхідної інтенсивності. Відсоток вантажних ТЗ і автобусів по головному напрямку змінювався від 25% до 40% з кроком 5%. Тривалість світлофорного циклу становила 65 с для всіх імітацій. Розрахунок тривалості зелених сигналів у циклі проводився з використанням коефіцієнтів зведення, які запропонував О.Г. Левашев [4] та коефіцієнтів зведення, які враховують зміну динамічних властивостей ТЗ. Ефективність використання нових коефіцієнтів зведення оцінювалася на основі зменшення тривалості затримок на головному напрямку. Результати моделювання для ТП, який складався, наприклад, з 75% легкових і 25% вантажних (автобусів) наведено у табл. 2.

Таблиця 2. Тривалість транспортних затримок за результатами моделювання

№ ТП	Ін-сть ТП на головному напрямку, авт./год	Інтенсивність ТП на другорядному напрямку, авт./год					
		100		200		300	
		Коефіцієнти зведення					
		за Левашевим	запропоновані	за Левашевим	запропоновані	за Левашевим	запропоновані
Затримка, с							
1	400	5,07	4,60	8,78	8,27	12,55	11,77
2		5,37	4,85	8,75	8,20	12,42	11,78
3		24,50	25,40	19,10	19,98	15,53	16,25
4		23,05	24,68	19,42	20,25	16,68	16,47
1	500	5,08	4,63	8,60	7,97	11,97	11,42
2		4,80	4,45	8,55	7,90	11,82	11,12
3		25,83	27,93	20,93	21,95	16,88	18,88
4		26,30	28,13	21,15	22,28	19,32	20,35
1	600	5,42	4,95	8,52	7,88	10,97	10,25
2		5,28	4,80	8,48	7,82	10,82	10,23
3		29,22	31,28	23,13	24,02	20,93	22,25
4		28,13	31,30	23,23	24,63	22,95	24,30
1	700	5,40	4,95	8,22	7,57	11,05	10,43
2		5,45	5,05	8,13	7,48	10,90	10,17
3		31,47	36,02	26,07	28,37	23,65	25,78
4		31,27	37,28	26,25	28,45	25,78	27,63

Отримані результати вказують на те, що при використанні запропонованих коефіцієнтів зведення у розрахунках тривалості зелених сигналів транспортні затримки на головному напрямку завжди знижуються (в окремих випадках від 4,6% до 9,7%). На другорядному ж вони навпаки зростають (від 3,7% до 19,2%). На нашу думку, таке зростання можна вважати допустимим, оскільки воно дає вигоду для головного (магістрального) напрямку, по якому рухається ТП з, як правило, значною часткою громадського транспорту.

Література:

1. Врубель Ю.А. Организация дорожного движения. В двух частях. Часть 1. / Ю.А. Врубель. – Минск: Белорусский фонд безопасности дорожного движения, 1996. – 328 с.
2. Голуб Д.И. Метод статистической оптимизации циклов светофорного регулирования / Д.И. Голуб // Вестник Краснояр. гос. техн. ун-та. Вып. 43. Транспорт. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2006. – С. 332-336.
3. Денисенко О.В. Некоторые аспекты определения коэффициентов приведения к легковому автомобилю / О.В. Денисенко, А.С. Филимонова // Автомобильный транспорт – 2010. – Вып. 26. – С. 115-118.
4. Левашев А.Г. Повышение эффективности организации дорожного движения на регулируемых пересечениях : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / А.Г. Левашев. – Иркутск, 2004. – 17 с.
5. Форнальчик Є.Ю. Вплив технічного стану транспортних засобів на динаміку проїзду перехресть / Є.Ю. Форнальчик, В.В. Гілевич // Східно-Європейський журнал передових технологій – 2011. – Вип. 3/4 (51). – С. 4-6.
6. Форнальчик Є.Ю. Взаємозв'язок між технічним станом автобусів та їх розгінними швидкостями під час проїзду перехресть / Є.Ю. Форнальчик, В.В. Гілевич // Автошляховик України: науково-виробничий журнал. – К. : ДСАДУ (Укравтодор), 2013. – № 6. – С. 5-7.