

ОСОБЛИВОСТІ РЕЖИМУ НАВАНТАЖЕННЯ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ МІСЬКИХ ВУЛИЦЬ І ДОРІГ

Смолянець В.В. (ТОВ «Компас Проект»), Бесараб О.М.,
Бондар М.М., Куценко А.Г. (Національний університет біоресурсів і
природокористування України)

Були визначені характерні ділянки із різним часом навантаження і розроблено метод визначення часу дії навантаження на цих ділянках. Знаючи час дії навантаження на характерних ділянках, можна визначити комбінації часу навантаження

Транспортний потік складається із різних автомобілів, різною мірою завантажених, які відрізняються за динамічними характеристиками і рухаються по різних типах доріг. Автомобільні дороги за умовами роботи можна розділити на два типи: міські та міжміські. Міські вулиці та дороги істотно відрізняються від міжміських автомобільних доріг [1-3]. На міжміських дорогах основну частину транспортних засобів складають легкі і середні вантажівки [1-3], важких вантажівок і автобусів нараховується близько 10-20%, в міських умовах важкі вантажівки, тролейбуси і автобуси складають 30-40%, крім того інтенсивність і вантажонапруженість міського транспорту майже незмінна протягом усього року. Застосування світлофорного регулювання, наявність перехресть, частота зупинок громадського транспорту, зупинок у зоні перехресть і в інших місцях визначають характер руху транспортних потоків міст. Ці фактори значно знижують швидкість руху. У зонах зупинок і перехресть при розгоні та гальмуванні на покриття діють значні перевантаження від коліс транспортних засобів [1-3].

Отже середня швидкість транспортного потоку по довжині автомобільної дороги постійно змінюється (особливо в міських умовах) і залежить від багатьох факторів, основними з яких є:

- наявність регулювання руху транспортних засобів (світлофорного на перехрестях, під'їздах, тощо);
- наявність громадського транспорту (зупинки);
- наявність підйомів та спусків;
- інтенсивність руху транспортних засобів;
- рух транспортних засобів в нічний час.

Розглянемо кожен із основних впливаючих факторів на середню швидкість транспортних засобів.

Наявність регулювання руху транспортних засобів.

Без регулювання руху транспортних засобів неможливо уявити сучасну транспортну мережу в будь-якій країні світу. Одним із розповсюджених видів регулювання є світлофорне, яке, як правило, влаштовується на перехрестях, пішохідних переходах, залізничних переїздах тощо.

У загальному випадку транспортні засоби проїжджаючи через перехрестя вулиці чи дороги рис. (1), створюють такі ділянки змінного руху:

- ділянка безперервного руху $ДБ_n$;
- ділянка гальмування $ДГ_n$;
- ділянка зупинки $ДЗ_n$;
- ділянка розгону $ДР_n$.

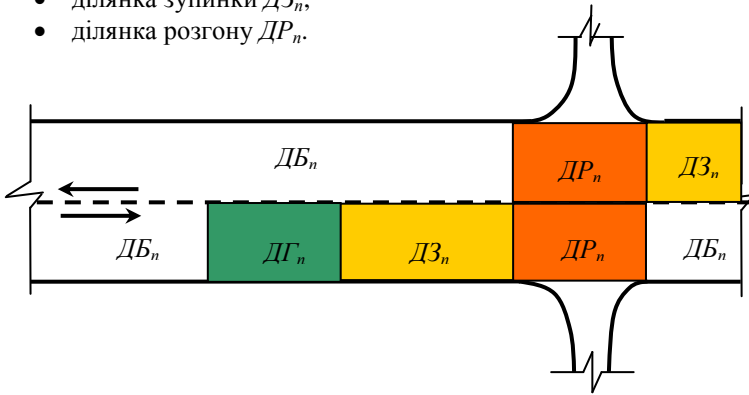


Рис. 1. Види характерних ділянок в зоні регулювання руху

Швидкість транспортних засобів на ділянці безперервного руху $ДБ_n$ характеризується максимальною допустимою швидкістю на даній автомобільній дорозі чи вулиці і як правило в місті складає $V_{об}=60-80(100)$ км/год (при вільному русі, без затримок викликаних заторами, тощо).

Тривалість дії навантаження від транспортного засобу, що рухається зі швидкістю V , можна визначити за залежністю

$$t_n = \frac{D(z)}{V}, \quad (1)$$

де $D(z)$ – довжина ділянки впливу розподіленого навантаження $p(z)=f(\sigma_z(x, z))$ (рис. 2), $D_i(z)=f(E_i)$; E_i – модуль пружності.

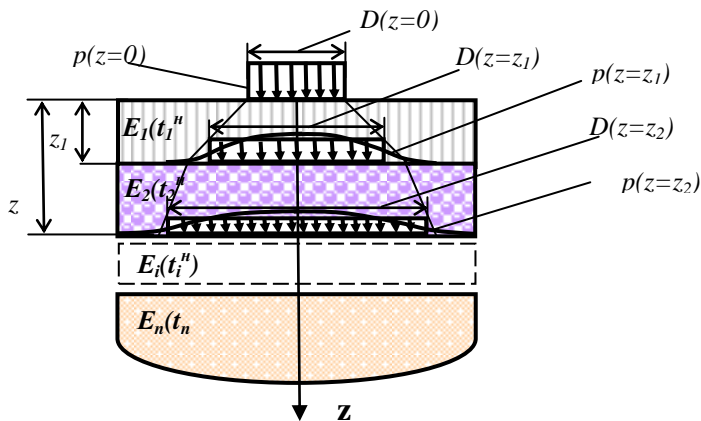


Рис. 2. Розподіл навантаження від колеса

Підставивши значення швидкості $V_{об}$ транспортних засобів на ділянці $ДБ_n$ у формулу (1), можна отримати значення часу дії навантаження на ділянці безперервного руху t_6^n .

При дії червоного $t_ч$ та жовтого $t_{ж}$ сигналів світлофора рух транспортних засобів призупиняється і утворюється ділянка зупинки $ДЗ_n$. Час дії навантаження на ділянці зупинки під час дії червоного та жовтого сигналів світлофора можна визначити за такою залежністю

$$t_3^n = t_ч + t_{ж} \quad (2)$$

Потрібно відмітити, що при дії зеленого сигналу світлофора на ділянці $ДЗ_n$ рух буде подібний ділянці $ДБ_n$ і тривалість дії навантаження від колеса транспортного засобу буде становити t_6^n .

При дії жовтого і частково зеленого сигналів світлофора певна кількість автомобілів, що рухаються із швидкістю 60-80(100) км/год, починають гальмувати, але не зупиняються. Ділянка, на якій буде проходити такий рух, буде називатися ділянкою гальмування – $ДГ_n$. Обробивши велику кількість експериментальних даних, було встановлено, що середня швидкість $V_{оз}$ при гальмуванні транспортних засобів становить 5-15 км/год і поступово наближається до нуля. Час дії навантаження t_2^n на ділянці $ДГ_n$ при гальмуванні транспортних засобів, знаючи $V_{оз}$, можна обчислити за формулою (1). При дії зеленого сигналу

світлофора на ділянці $ДГ_n$ рух також буде подібний руху на ділянці $ДБ_n$ і тривалість дії навантаження становитиме t_{σ}^n .

При дії зеленого сигналу світлофора транспортні засоби починають рухатися і через деякий час набирають постійну середню швидкість $V_{\sigma\delta}=60-80(100)$ км/год. Ділянку, на якій буде проходити набір швидкості, назвемо ділянкою розгону $ДР_n$. Швидкість на початку руху ділянки $ДР_n$ буде рівною 0 км/год, а в кінці 60-80 км/год. Знаючи прискорення транспортного засобу, можна легко обчислити швидкість в будь-якій точці смуги накату $V_{\sigma p}$, а отже за допомогою формули (1) час дії навантаження t_p^n на ділянці $ДР_n$.

Після набору середньої швидкості транспортних засобів, рух на ділянці $ДР_n$ стає аналогічним руху на ділянці $ДБ_n$.

Варто додати, що ділянка $ДЗ_n$ також частково піддається розгону (транспортні засоби, що розмістилися в кінці ділянки $ДЗ_n$ при дії зеленого світлофора) та гальмуванню (транспортні засоби перед зупинкою).

Наявність громадського транспорту (зупинки).

Рух громадського транспорту в зоні зупинки дещо нагадує рух транспортного потоку в зоні перехрестя і в загальному випадку громадський транспорт, проїжджаючи через зупинку (рис. 3), створює аналогічні характерні ділянки із різною тривалістю дії навантаження: $ДБ_3$; $ДГ_3$; $ДЗ_3$; $ДР_3$.

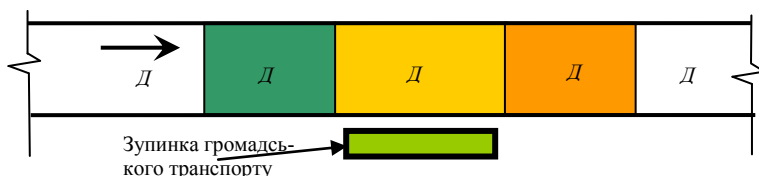


Рис. 3. Види характерних ділянок в зоні зупинки громадського транспорту

Швидкість руху на ділянці $ДБ_3$ в зоні зупинки громадського транспорту дорівнює середній швидкості транспортного потоку на крайній правій смузі руху $V_{\sigma\delta}^3$, яка дещо менша за швидкості другої і, якщо є, третьої смуги руху, за рахунок руху громадського транспорту і вантажівок (рис. 4). Знаючи $V_{\sigma\delta}^3$ і скориставшись формулою (1), можна легко знайти час дії навантаження $t_{\sigma,3}^n$ на ділянці $ДБ_3$.

Ділянку, на якій громадський транспорт зупиняється, назвемо D_3 . Швидкість руху на ділянці D_3 дорівнює 0 км/год і час дії навантаження $t_{n,3}^3$ коливається від 10 до 50 с в залежності від часу доби. При відсутності тролейбуса чи автобуса на ділянці D_3 , середня швидкість руху дорівнює $V_{об}^3$, а час дії навантаження $t_{б,3}^H$.

Під'їжджаючи до зупинки, громадський транспорт починає гальмувати до повної зупинки. Ділянку, на якій відбувається уповільнення руху, назвемо ділянкою гальмування в зоні зупинки громадського транспорту $ДГ_3$. Середня швидкість руху $V_{де}^3$ на ділянці $ДГ_3$ знаходиться в межах 5-10 км/год, а час дії навантаження $t_{n,3}^2$ можна знайти, виходячи із формули (1).

Після зупинки громадський транспорт починає рухатися і через деякий час набирає постійну середню швидкість $V_{об}^3$. Ділянку, на якій буде проходити набір швидкості, назвемо ділянкою розгону $ДР_3$. Знаючи прискорення транспортного засобу, аналогічно як в зоні перехрестя, можна легко обчислити швидкість $V_{др}^3$ в будь-якій точці смуги накату, а отже і час дії навантаження $t_{p,3}^H$ на ділянці $ДР_3$.

Наявність підйомів та спусків.

Найважливіші фактори, що визначають швидкість руху транспортних засобів на підйомах і спусках, - величина подовжнього похилу, довжина ділянки, характер початкових (при підйомі) та кінцевих (при спуску) дорожніх умов.

Скористаємось дослідженнями, проведеними в МАДІ [4], і використаємо їх для визначення швидкості транспортних засобів в залежності від величини похилу. Найбільший вплив на швидкість чинить величина похилу. При похилах більших 20% спостерігається зниження швидкостей вантажних автомобілів. Менші похили при будь-якій їхній довжині не викликають помітної зміни швидкості в порівнянні з прямими і горизонтальними ділянками. Для орієнтовних розрахунків можна вважати, що в середньому швидкість вантажних автомобілів у порівнянні з горизонтальними ділянками зменшується на похилах менше 30% на 5 км/год, на похилах 40% - на 15 км/год, 60% - на 25 км/год і на 70% - на 35 км/год.

А.П.Васильєвим було досліджено швидкості руху автобусів і тролейбусів та встановлено, що швидкості цих транспортних засобів практично однакові при русі на підйом з похилом від 20 до 40% [4]. На більш крутих підйомах тролейбуси розвивають більш високі швидкості руху, ніж автомобілі, причому різниця у швидкостях росте зі збіль-

шенням похилу. На підйомах з похилом 80% різниця в середніх швидкостях тролейбусів і автомобілів 9,0–10,0 км/год (рис. 4). На підйомах з похилом менш 20%, на горизонтальних ділянках і спусках автобуси і вантажні автомобілі розвивають більш високі швидкості, ніж тролейбуси (табл. 1). Наявність у змішаному потоці різнорідних за динамічними характеристиками транспортних засобів визначає більше число обгонів, ніж у звичайному автомобільному потоці.

Відповідно час дії навантаження транспортних засобів на різних похилах можна визначити за формулою (1), знаючи величини швидкостей.

Скористаємося даними МАДІ [4] для визначення швидкостей руху транспортних засобів у залежності від інтенсивності

- легкових автомобілів

$$V_a = 78,0 - 0,0385M, \quad (3)$$

де M – інтенсивність руху,

- вантажних автомобілів

$$V_g = 54,2 - 0,0122M, \quad (4)$$

- всього транспортного потоку

$$V_{mn} = 59,0 - 0,015M. \quad (5)$$

Підставляючи у формулу (1) значення швидкостей, знайдемо час дії навантаження в залежності від інтенсивності.

При визначенні часу дії навантаження за першими трьома факторами (наявність регулювання руху транспортних засобів, громадського транспорту, підйомів та спусків) необхідно додатково в розрахунках враховувати вплив інтенсивності руху на зміну середніх вихідних швидкостей на характерних ділянках, особливо при наявності великої інтенсивності. Також при наявності на спусках і підйомах перехресть та зупинок громадського транспорту значення швидкостей на характерних ділянках (рис. 1, 3) необхідно зменшити в залежності від значення похилу.

Висновок

Таким чином, були визначені характерні ділянки із різним часом навантаження і розроблено метод визначення часу дії навантаження на цих ділянках. Знаючи час дії навантаження на характерних ділянках, можна визначити комбінації часу навантаження:

- в зоні перехрестя (табл. 2);
- в зоні зупинок громадського транспорту (табл. 3);
- на перегонах (табл. 2).

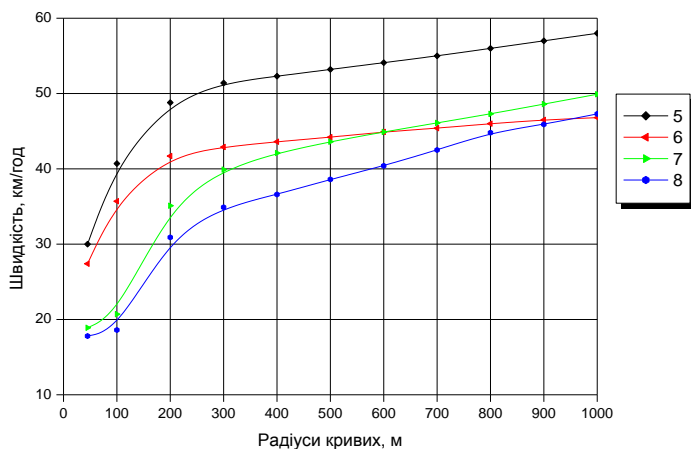
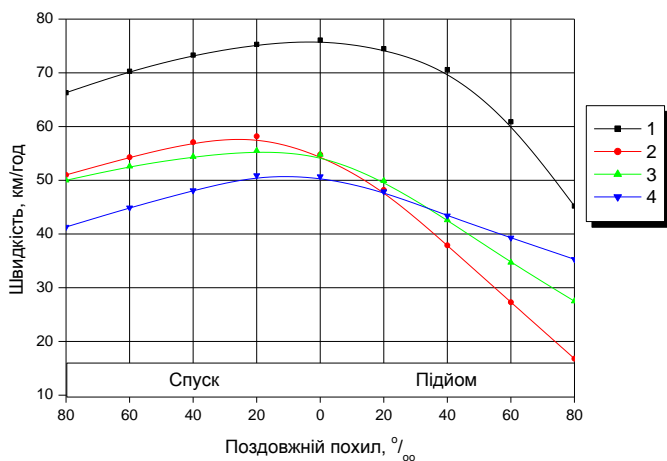


Рис. 4. Порівняння швидкостей руху тролейбусів і автомобілів:
 а – залежність швидкостей руху від похилів на прямих ділянках доріг;
 б – залежність швидкостей руху від радіусів кривих при поздовжніх похилах 40-60 %; 1 – тролейбуси; 2 – вантажні автомобілі; 3 – автобуси; 4 – легкові автомобілі; 5 – тролейбуси на підйомі; 6 – тролейбуси на спуску; 7 – вантажні автомобілі на підйомі; 8 – вантажні автомобілі на спуску.

Таблиця 1. Швидкості руху транспортних засобів

Вид транспортного засобу	Спуск $^{\circ}/_{00}$				Горизонтальна ділянка		Підйом, $^{\circ}/_{00}$			
	80		40				40		80	
	Швидкість руху, км/год									
	v_{max}	v_{cp}	v_{max}	v_{cp}	v_{max}	v_{cp}	v_{max}	v_{cp}	v_{max}	v_{cp}
Автобуси	61	51	61	56	59	55	41	37	17	16
Тролейбуси	52	41	52	48	51	50	44	43	36	36

Таблиця 2. Комбінації часу дії навантаження в зоні перехрестя

Комбінації часу дії навантаження транспортних засобів на характерних ділянках в зоні перехрестя			
$ДБ_n$	$ДГ_n$	$ДЗ_n$	$ДР_n$
t_{σ}^H – час дії навантаження при безперервному русі транспортних засобів.	t_{σ}^H – час дії навантаження при безперервному русі транспортних засобів; t_2^H – час дії навантаження від транспортних засобів, що гальмують, але не зупиняються в зоні перехрестя.	t_{σ}^H – час дії навантаження при безперервному русі транспортних засобів; t_2^H – час дії навантаження від транспортних засобів, що гальмують, але не зупиняються в зоні перехрестя; t_3^H – час дії навантаження при зупинці руху транспортних засобів в зоні перехрестя; t_p^H – час дії навантаження від транспортних засобів, що набирають розгін в зоні перехрестя.	t_{σ}^H – час дії навантаження при безперервному русі транспортних засобів; t_p^H – час дії навантаження від транспортних засобів, що набирають розгін в зоні перехрестя.

Таблиця 3. Комбінації часу дії навантаження в зоні зупинки

Комбінації часу дії навантаження транспортних засобів на характерних ділянках в зоні зупинки			
$ДБ_3$	$ДГ_3$	$ДЗ_3$	$ДР_3$
$t_{\delta,3}^n$ – час дії навантаження при безперервному русі транспортних засобів.	$t_{\delta,3}^n$ – час дії навантаження при безперервному русі транспортних засобів; $t_{2,3}^n$ – час дії навантаження від громадського транспорту, що гальмує, але не зупиняється в зоні зупинки.	$t_{\delta,3}^n$ – час дії навантаження при безперервному русі транспортних засобів; $t_{3,3}^n$ – час дії навантаження при зупинці громадського транспорту, в зоні зупинки.	$t_{\delta,3}^n$ – час дії навантаження при безперервному русі транспортних засобів; $t_{p,3}^n$ – час дії навантаження від громадського транспорту, що набирає розгін в зоні зупинки.

Summary

Specific areas were identified with different loading times and the method of determining the time of loading in these areas. Knowing the time of loading at specific sites, you can specify a combination of time pressure.

Література

1. Рудюк В.В. Проектирование дорожных одежд многополосных городских улиц и дорог с учетом распределения транспортных нагрузок по проезжей части: Дис... канд.техн.наук: 05.23.14. – К., 1998. – 271 с.
2. Бесараб О.М.. Підвищення тріщиностійкості асфальтобетонних шарів з врахуванням часу дії навантаження: Дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. – К., 2003. – 252 с.
3. Бесараб О.М. Врахування режиму навантаження асфальтобетонного покриття при розрахунках його на тріщиностійкість. – В кн.: Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, Київ, 2001, вип. 61, С. 61-65.
4. Бабков В. Ф., Афанасьев М. Б., Васильев А.П., Дивочкин О.А., Залуга В.П., Иванов В.Н., Кашкин С.К., Кременец Ю.А., и др. // Дорожные условия и режимы движения автомобилей. – М.: Транспорт, 1967. 24 с.