



УДК625.72

• © Н.В. Смирнова, доцент, канд. техн. наук (ХНАДУ)

АНАЛІЗ ПРОЕКТІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ЗА КРИТЕРІЄМ ШВИДКОСТІ РУХУ

Анотація. Запропоновано метод оцінки якості дороги при її проектуванні та експлуатації за значеннями усіх можливих швидкостей 85-відсоткової забезпеченості по всій дорозі. Розрахунок швидкості 85-відсоткової забезпеченості базується на моделюванні транспортного потоку з аналізом імовірнісних характеристик руху автомобілів у потоці. Наведені результати моделювання.

Ключові слова: автомобільна дорога, швидкість 85-відсоткової забезпеченості, ймовірність вільного руху в потоці, графіки швидкості.

Аннотация. Предложен метод оценки качества дороги при ее проектировании и эксплуатации по значениям всех возможных скоростей 85-процентной обеспеченности по всей дороге. Расчет скорости 85-процентной обеспеченности основан на моделировании транспортного потока с анализом вероятностных характеристик движения автомобилей в потоке. Приведены результаты моделирования.

Ключевые слова: автомобильная дорога, скорость 85-процентной обеспеченности, вероятность свободного движения в потоке, графики скорости.

Annotation. A method of roads quality assessment during its design and of all possible speeds within 85 %-population throughout the road was proposed. The calculation of 85 %-population speed based on traffic flow modeling with analysis of probabilistic characteristics of the vehicles movement in a stream. The results of the simulation represented.

Key words: road, 85 %-population speed, free movement in the stream probability, speed schedule.

Вступ

Основне завдання проектування будівництва, реконструкції та ремонту доріг полягає в пошуку найкращого варіанта. У САПР, які створені в дорожній галузі 25 – 30 років тому і нестримно розвиваються нині, ця проблема не розв'язана: немає блоків пошуку оптимального варіанта проекту дороги. Проблема ускладнена багатокритеріальністю проектної рішення – дорога має бути безпечною, економічно ефективною і зручною для перевезення вантажів і пасажирів. При цьому одним з головних показників якості дороги слугує швидкість руху.

Методологічна проблема критерію швидкості руху закладена в нормативних документах: у проектах доріг розрахункова швидкість – це швидкість одиночного легкового автомобіля в практично ідеальних умовах. У нормативних документах країн СНД при проектуванні доріг розрахункова швидкість визначається приблизно так само.

ДБН В.2.3-4-2007: “Гранична безпечна швидкість руху легкового одиночного автомобіля, що

допускається для дороги певної категорії, за умов забезпечення його стійкості на сухому або зволоженому чистому покритті та достатньої відстані видимості” [1].

СП 34.13330.2012, СНиП 2.05.02-85*: “Найбільша можлива (за умовами стійкості і безпеки) швидкість руху одиночного автомобіля при нормальних умовах погоди і зчеплення шин автомобілів з поверхнею проїзної частини, якої на найбільш несприятливих ділянках траси відповідають гранично допустимі значення елементів дороги” [2].

Нормативами багатьох країн при проектуванні дороги для оцінки відповідності її якості сучасним вимогам рекомендована не максимально можлива швидкість, а швидкість 85-відсоткової забезпеченості V_{85} . Наприклад, у нормах і правилах на проектування автомобільних доріг Федеративної Республіки Німеччини [3] прийнято характеризувати цією швидкістю фактичний режим руху на дорозі; для проектування цю швидкість визначають, як ту, яку не перевищують 85 % легкових автомобілів при русі у вільному потоці по мокрому покриттю.



В Україні у теперішній час переглядається поняття розрахункової швидкості й обґрунтовуються значення швидкості 85-відсоткової забезпеченості в новій редакції державних будівельних норм (Споруди транспорту. Автомобільні дороги).

Основна частина

Задача оцінки відповідності якості проектованої дороги швидкості 85-відсоткової забезпеченості ускладнена рядом обставин.

По-перше, неоднорідністю складу потоку, внаслідок чого значення швидкості руху різних типів автомобілів істотно різні навіть в одній і тій же точці дороги.

По-друге, внаслідок випадкових факторів (мета поїздки, завантаженість автомобіля, його зношеність, стан водія та ін.), у автомобілів навіть однієї і тієї ж моделі швидкості теж різні.

По-третє, для повної і достовірної оцінки необхідна інформація щодо швидкостей руху по всій дорозі, параметри якої (похили, радіуси, видимість тощо) можуть істотно змінюватися від точки до точки.

І, по-четверте, для повноцінної оцінки проекту протягом її типового “життєвого циклу” від моменту будівництва до реконструкції через серію ремонтів, необхідно враховувати залежності швидкості від показників експлуатаційного стану, які суттєво змінюються по роках і по періодах року.

Для вирішення проблеми оцінки відповідності якості дороги швидкості 85-відсоткової забезпеченості у ХНАДУ розроблено метод такого роду оцінок. Метод заснований на моделюванні транспортних потоків на основі теорії дослідження операцій з розрахунком імовірнісних характеристик руху автомобілів у потоці [4].

Знаходження швидкості V_{85} можливо лише при відомій функції розподілу ймовірності швидкості

в потоці $\Phi(v)$, що забезпечується розрахунком за формулою:

$$\Phi(v) = 1 - (1 - F(v))P(v), \quad (1)$$

де $F(v)$ – функція розподілу ймовірності швидкості вільного руху,

$P(v)$ – ймовірність вільного руху.

Вид розподілу $F(v)$ визначається середніми значеннями швидкості кожної типової групи автомобілів у складі розрахункового потоку і розкидом швидкості близько середніх значень. Швидкості вільного руху знаходять, моделюючи в кожній точці дороги вибір водієм режиму руху автомобіля (тягове зусилля, накат, гальмування) і розв’язуючи рівняння руху за формулами теорії автомобіля [4].

Ймовірність вільного руху $P(v)$ знаходять, розв’язуючи рівняння Колмогорова [4] переходу автомобіля від однієї швидкості до іншої. Ці переходи визначаються ситуаціями взаємодії автомобілів у потоці; на двосмугових дорогах це: вільний рух, рух зі швидкістю того автомобіля, якого водій наздогнав, обгін по зустрічній смузі і повернення на свою смугу.

Результати такого моделювання з розрахунками розподілу швидкості в потоці $\Phi(v)$, як функції $F(v)$ і $P(v)$, показані на прикладі дороги, вихідні дані якої типові для тих існуючих доріг III категорії, що потребують реконструкції окремих ділянок.

Параметри поперечного профілю та проїзної частини:

- кількість смуг руху – 2;
- ширина смуги руху – 3,75 м, узбіч 3,0 м;
- покриття – асфальтобетонне з коефіцієнтом зчеплення 0,4;
- рівність проїзної частини – 80 см/км;
- узбіччя укріплені засівом трав.

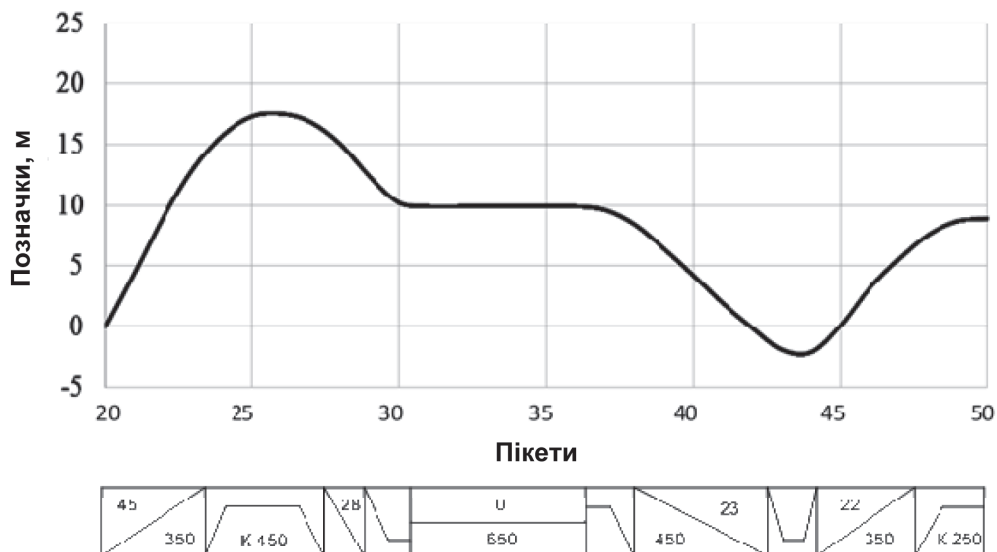


Рис. 1. Поздовжній профіль дороги



Таблиця 1

Склад руху

Тип автомобілів	Грузові					Автобуси			Легкові		
	мал	серед	вел	A+пр	A+ппр	мал	серед	вел	мал	серед	вел
%	2	3	4	5	6	7	8	9	20	14	22

Таблиця 2

Результати моделювання руху транспортного потоку при інтенсивності 600 авт/год на ПК 28

$v, \text{ м/с}$	$F(v)$	$\Phi(v)$	$\Phi_{\text{лс}}(v)$	$\Phi_{\text{лQ}}(v)$	$P(v)$
10	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
12	0,000	0,011	0,000	0,011	0,989
14	0,000	0,063	0,000	0,063	0,937
16	0,007	0,128	0,000	0,122	0,878
18	0,062	0,239	0,000	0,189	0,811
20	0,225	0,419	0,004	0,253	0,750
22	0,404	0,585	0,049	0,339	0,696
24	0,553	0,713	0,223	0,502	0,641
26	0,723	0,835	0,502	0,703	0,597
28	0,850	0,916	0,737	0,853	0,559
30	0,961	0,980	0,926	0,962	0,520
32	0,987	0,994	0,982	0,991	0,498
34	1,000	1,000	1,000	1,000	0,473

У плані дорога має дві криві: середина першої на ПК 30, другої на ПК 40, радіуси відповідно 200 м і 400 м. Міст, з габаритом рівним ширині проїзної частини, розташований на ПК 43 +90 – ПК 44 +10. Малий населений пункт з двосторонньою забудовою (відстань від дороги до забудови 10 м) розташований на ПК 43 – ПК 47; тротуарів і смуг місцевого руху немає.

У поздовжньому профілі (рис. 1) найбільший похил 45 ‰ – на початку дороги, похили інших прямолінійних відрізків – від 22 ‰ до 28 ‰. Радіус першої вертикальної опуклої кривої 6 200 м, а другій 6 500 м, що забезпечує видимість проїзної частини не більше 120 – 125 м і безпечну швидкість не більше 85 – 95 км/год при коефіцієнті зчеплення 0,4.

Оснащеність експлуатаційної організації ресурсами для утримання дороги 60 ‰.

Розрахункова інтенсивність руху для моделювання: середнє значення 300 авт/год, пікове 600 авт/год. Склад потоку наведено у табл. 1.

Позначення у табл. 1: мал – малі, серед – середні, вел – великі, А + пр – автомобіль з причепом, А + ппр – автомобіль з напівпричепом.

Аналіз результатів моделювання, які наведені у табл. 2 і табл. 3 та на рис. 2 і рис. 3, переконує, що теоретичні й алгоритмічні можливості запропонованого методу моделювання руху транспортних потоків дозволяють знайти усі можливі значення швидкості V_{85} по відповідним розподілам ймовірності швидкості.

Функції розподілу ймовірності швидкості у табл. 2 позначені:

- $F(v)$ – усіх автомобілів при вільному русі;
- $\Phi(v)$ – усіх автомобілів у потоці;
- $\Phi_{\text{лс}}(v)$ – легкових автомобілів при вільному русі;
- $\Phi_{\text{лQ}}(v)$ – легкових автомобілів у потоці;
- $P(v)$ – ймовірності вільного руху у потоці.

Графічний метод знаходження швидкості V_{85} в конкретній точці дороги (на ПК 28) показаний на рис. 2, на якому криві – це розподіл швидкості в потоці $\Phi(v)$. Випадку проектної розрахункової швидкості відповідає розподіл швидкості вільного руху $F(v)$ – пунктир на рис. 2. Періодам реальної експлуатації дороги з різними інтенсивностями відповідають закономірно менші значення швидкості V_{85} .



Характерні швидкості V_{85} потоку прямого напрямку на ПК 28 (фрагмент)

ПК	Швидкість V_{85} , км/год					
	При інтенсивності, авт/год				Вільний рух	
	300		600			
	V_{85}^{300}	$V_{85}^{л 300}$	V_{85}^{600}	$V_{85}^{л 600}$	$V_{85}^{усієв}$	$V_{85}^{лв}$
20	116	121	114	120	118	122
21	111	115	108	113	113	117
22	98	102	95	100	99	103
23	83	85	81	84	84	86
24	82	84	80	83	83	85
25	104	108	97	103	107	111
26	104	108	97	103	108	111
27	109	115	102	110	114	119
28	100	105	95	101	101	105
29	77	78	77	78	77	78
30	77	77	77	77	77	77
...
50	106	116	85	96	121	125

Для цілей проектування та експлуатації доріг корисні швидкості 85-відсоткової забезпеченості при вільному русі або тільки легкових автомобілів, або всіх автомобілів, що входять до складу розрахункового потоку, які на рис. 2 і у табл. 2 позначені таким чином:

- $V_{85}^{усієв}$ – усіх автомобілів при вільному русі;
- $V_{85}^{усієл}$ – усіх автомобілів у потоці;
- $V_{85}^{лв}$ – тільки легкових автомобілів при вільному русі;
- $V_{85}^{лєл}$ – тільки легкових автомобілів у потоці.

Оцінку якості дороги за критерієм швидкості руху доцільно виконувати, аналізуючи графіки швидкості 85-відсоткової забезпеченості, які є результатом моделювання руху розрахункового транспортного потоку, див. приклад у табл. 3 і на рис. 3.

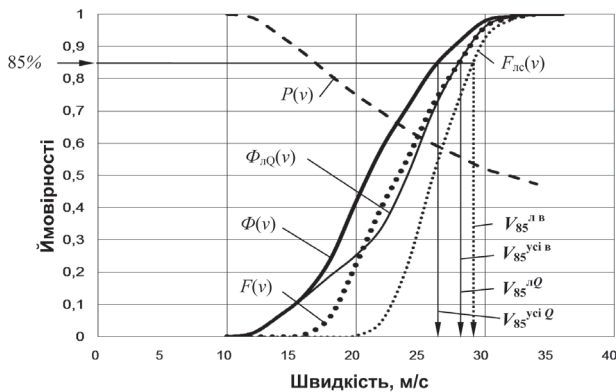
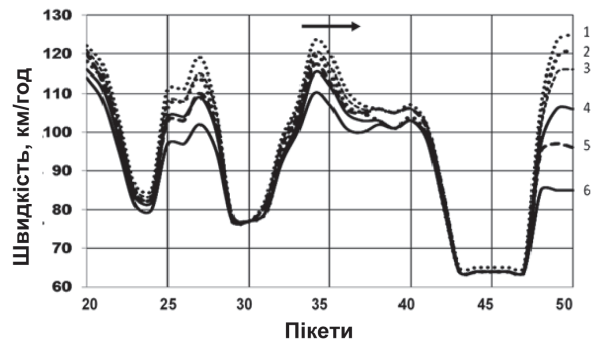


Рис. 2. Визначення усіх швидкостей 85 % забезпеченості на ПК 28

Спади значень швидкості на ПК 23 – ПК 24 – наслідок малої видимості на вертикальній кривій, а на ПК 29 – ПК31 – наслідок малого радіуса кривої у плані (200 м). Швидкість на ПК 43 – ПК 47 відповідає правилам руху в малому населеному пункті. За межами “вузьких місць” швидкості 85-відсоткової забезпеченості зростають до 100 – 125 км/год.



1 – $V_{85}^{лв}$, 2 – $V_{85}^{усієв}$, 3 – $V_{85}^{л300}$, 4 – $V_{85}^{усіє300}$, 5 – $V_{85}^{л600}$, 6 – $V_{85}^{усіє600}$

Рис. 3. Характерні швидкості 85 % забезпеченості

Висновки

1. Оцінку якості дороги при її проектуванні та експлуатації доцільно виконувати за графіками усіх можливих швидкостей 85-відсоткової забезпеченості по всій дорозі.
2. Розрахунок швидкостей 85-відсоткової забезпеченості заснований на моделюванні транспортного потоку з аналізом імовірнісних характеристик руху автомобілів у потоці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Державні будівельні норми. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. ДБН В.2.3-4: 2007. – Київ, Держбуд України, 2007. – 91 с.
2. СП 34.13330.2012. Свод правил. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85*.
3. Федотов В. А. Анализ норм проектирования полотна автомобильных дорог зарубежных стран на примере последних норм и правил Федеративной Республики Германии. Приложение I (часть “Проложение трассы автомобильных дорог”). – М., 2003. – 116 с.
4. Филиппов В. В., Смирнова Н. В. Моделирование транспортных потоков на дорогах II – IV категорий: монография. – М.: ХНАДУ, 2014. – 200 с.