

**УДК 656.13**

**Івасишина Н.В.**, канд. екон. наук., **Додух К.М.**, **Пальчик А.Д.**

### **ОБГРУНТУВАННЯ МАРШРУТУ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ**

**Анотація.** Розглянуто вплив параметрів автомобільних доріг на швидкість руху автомобілів по її елементарним ділянкам. Швидкість руху по елементарній ділянці автомобільної дороги. визначається геометричними елементами дороги та інтенсивністю руху автомобілів. Сума проїзду елементарних ділянок автомобільних доріг, що входять у маршрут, буде складати час його проїзду. Мінімальний час проїзду маршруту буде критерієм для його вибору.

**Ключові слова:** автомобільна дорога, маршрут, швидкість, автомобіль, час проїзду, мінімальний час проїзду.

**УДК 656.13**

**Івасишина Н.В.**, канд. екон. наук., **Додух К.М.**, **Пальчик А.Д.**

### **ОБОСНОВАНИЕ МАРШРУТА ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ**

**Анотація.** Рассмотрено влияние параметров автомобильных дорог на скорость движения автомобилей по ее элементарным участкам. Скорость движения на элементарных участках дороги определяется геометрическими элементами дороги и интенсивностью движения автомобилей. Сумма проезде элементарных участков автомобильных дорог, которые входят в маршрут, будет составлять время его проезде. Минимальное время проезде маршрута будет критерием для его выбора.

**Ключевые слова:** автомобильная дорога, маршрут, скорость, автомобиль, время проезде, минимальное время проезде

UDC 656.13

Ivasyshyna N., Cand. Econ. Sci. (Ph.D.), Dodukh K., Palchyk A.

## SUBSTANTIATION OF ROUTE OF CARGO TRANSPORTATION BY ROAD TRANSPORT

**Annotation.** The influence of road parameters on vehicle speed at elementary sections has been reviewed. The speed of movement on elementary part of road. These sections are identified by geometrical parameters of road and density of car traffic. The sum of traveled elementary road sections, which are included to the itinerary, will constitute the passage time. The minimal time of travel through the itinerary will be the criterion for its selection.

**Key words:** road, itinerary, speed, vehicle, passage time, minimal time of travel

### Постановка проблеми

Розвиток автомобільних перевезень вимагає відповідних умов руху на автомобільних дорогах та забезпечення безпеки руху. Тип автомобіля, його технічний стан, параметри дороги, стан покриття, інтенсивність руху та погодні умови є основними чинниками для швидкості руху автомобілів. Так як маршрут перевезень вантажів проходить по різних дорогах виникає необхідність визначення часу проїзду по кожному варіанту маршруту із урахуванням дорожніх та погодних умов. Критерієм маршруту буде мінімальний час проїзду.

### Основна частина

Мережа автомобільних доріг складається із доріг різних категорій, які відрізняються параметрами (геометричними елементами, дорожнім одягом, штучними спорудами, схемами організації дорожнього руху). Швидкість руху автомобілів залежить як від типу автомобіля так і від дорожніх та погодних умов. Економічна ефективність залежить від часу проїзду, який в свою чергу залежить від дорожніх умов та прокладеного маршруту по мережі автомобільних доріг.

Маршрут може бути прокладений як по одній дорозі так і по декількох дорогах або їх ділянках. В такому випадку маршрут буде складатись:

$$L = \sum_{i=1}^n l_i, \quad (1)$$

де  $L$  – довжина маршруту;

$l$  – довжина окремої дороги або ділянки дороги.

У свою чергу кожна дорога або її ділянка поділяється на ділянки із визначеною середньою швидкістю руху.

Виходячи з цього необхідно прокладати маршрути із умови мінімального часу проїзду:

$$T \rightarrow \min, \quad (2)$$

де  $T$  – час проїзду вибраного маршруту

На першому етапі визначається можливість проїзду автомобільного транспорту, яка характеризується навантаженням на вісь автомобіля від 6,0 т до 11,5 т 6.0т – дорога 5 категорії, 10,0т – дороги 4,3 категорії і 11,5т – дороги 1,2 категорії та автомагістралі.

Швидкість автомобіля залежить від типу автомобіля: легковий, вантажний, автобус, авто потяг, які мають різні тягово-швидкісні характеристики. Розрахункова швидкість руху автомобілів буде залежати від дорожніх умов. К Під дорожніми умовами розуміємо:

- ширина проїзної частини,
- кількість смуг руху в одному напрямку,
- ширина узбіччя,
- радіус горизонтальної кривої,
- позовжній похил,
- наявність обмежень швидкості,
- стан покриття,
- погодні умови.

На даній ділянці дороги визначається чинник, який найбільше впливає на зниження швидкості руху автомобіля (1 ):

- інтенсивності руху ( $V_N$ );
- радіусу горизонтальної кривої ( $V_R$ );
- величини позовжнього похилу ( $V_i$ );
- показника рівності покриття ( $V_P$ );
- величини обмеження швидкості ( $V_O$ );

- величини середньої швидкості вільного руху ( $V_{віль}$ ),

$$\bar{V}_j = \min (V_N, V_R, V_i, V_P, V_O, V_{віль}). \quad (3)$$

Мінімальне значення буде відповідати тому показнику, що найбільше впливає на змінення швидкості, по відношенню до швидкості вільного руху.

Середня швидкість вільного руху визначається як середньостатистичне значення за формулою:

$$V_{віль} = V_{л} \cdot \alpha + V_{в} \cdot \beta + V_{ав} \cdot \gamma + V_{ан} \cdot \rho, \quad (4)$$

де  $V_{л}, V_{в}, V_{ав}, V_{ан}$  – відповідно середні швидкості вільного руху легкових, вантажних автомобілів, автобусів та автопотягів, км/год.;

$\alpha, \beta, \gamma, \rho$  – частки відповідно легкових, вантажних автомобілів, автобусів та автопотягів в транспортному потоці;

Значення середньої швидкості руху різних типів автомобілів в залежності від категорії дороги наведенні в таблиці 1.

**Таблиця 1** – Середні швидкості вільного руху

№ п/п	Категорія дороги	Кількість смуг руху	Середня швидкість, км/год			
			Легкові	Вантажні	Автобуси	Автопотяги
1	Ia	6	91,13	75,70	77,50	81,03
2	Ia, Ib	4	88,04	75,77	74,61	80,00
3	II	2	84,29	71,90	71,50	72,93
4	III	2	79,72	67,06	69,33	71,11
5	IV	2	75,83	64,08	67,03	68,75

Зменшення середньої швидкості вільного руху залежить від радіуса горизонтальної кривої.

В результаті обробки даних спостережень були отримані наступні залежності середньої швидкості руху від радіуса горизонтальної кривої (рис.1):

При  $R < 100$  м

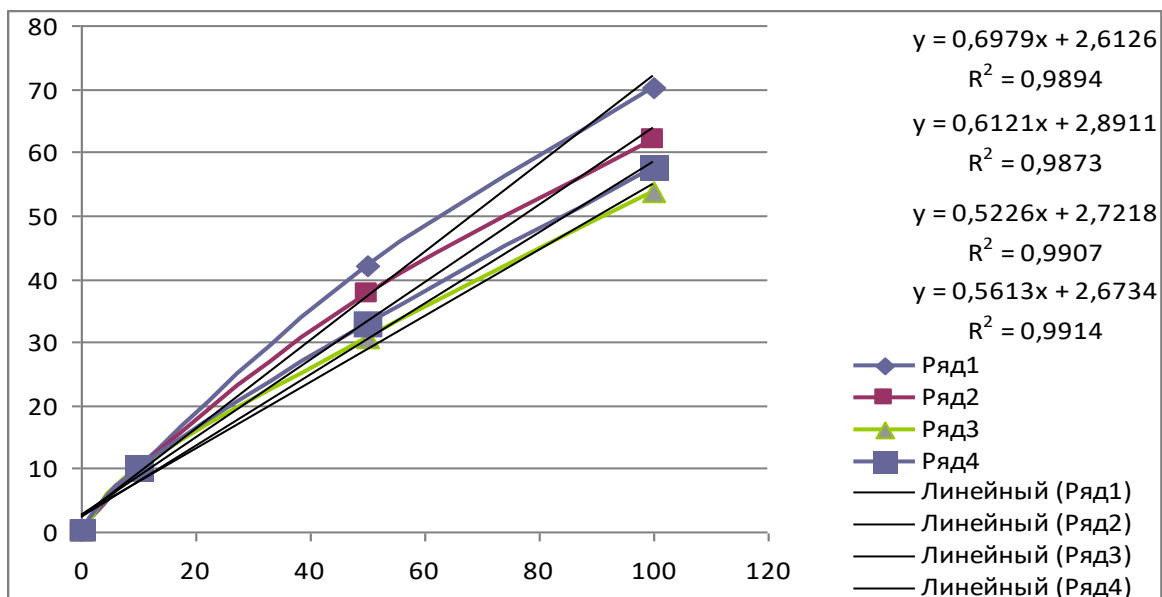


Рисунок 1 – Залежність середньої швидкості руху від радіуса горизонтальної кривої до 100м

Загальний вигляд рівняння:

$$V = AR + B;$$

$$V = 0,6979R + 2,6126 \text{ легкові};$$

$$V = 0,6121R + 2,8911 \text{ вантажні};$$

$$V = 0,5226R + 2,7218 \text{ автобуси};$$

$$V = 0,5613R + 2,673 \text{ автопотяги}.$$

Значення коефіцієнтів А і В визначені:

Коефіцієнт А

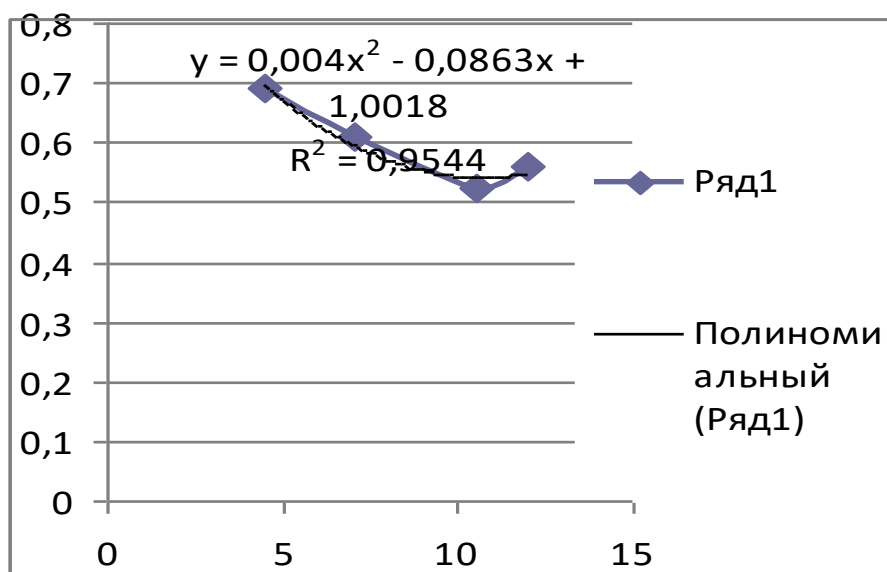


Рисунок 2 – Залежність коефіцієнта А від довжини автомобіля коефіцієнт В

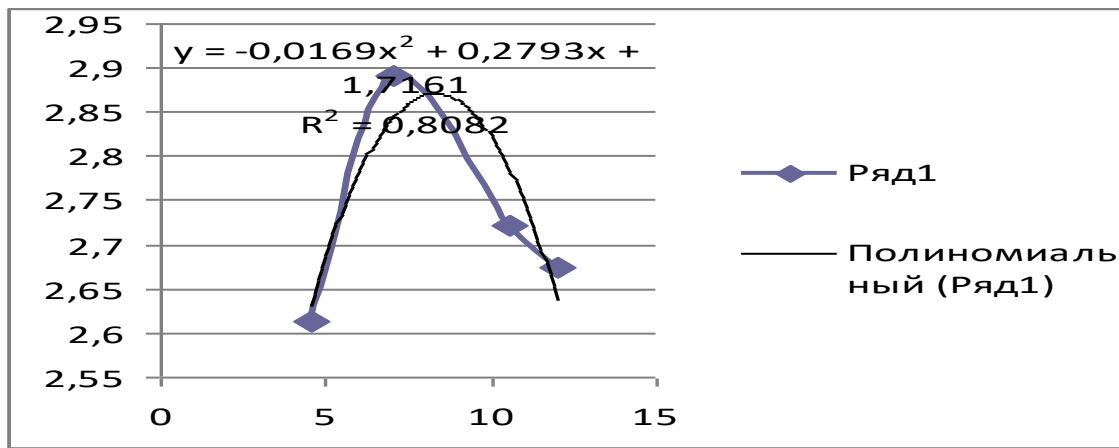


Рисунок 3 – Залежність коефіцієнта В від довжини автомобіля

$$A = 0,004L_a^2 - 0,0863L_a + 1,0018$$

$$B = -0,0169L_a^2 + 0,2793L_a + 1,716.$$

Загальний вигляд рівняння: при радіусі горизонтальної кривої до 100м

$$V = (0,004l^2 - 0,0863l + 1,0018)R + (-0,0169l^2 + 0,2793l + 1,7161),$$

де  $l$  – довжина автомобіля, м

$R$  – радіус горизонтальної кривої, м

При радіусах горизонтальної кривої від 100 м до 600 м. Горизонтальні криві радіусом більше 600 м не впливають на швидкість автомобілів.

Аналіз графіка показав, що при радіусі горизонтальної кривої 100 м спостерігається велике розбіжність теоретичних і експериментальних значень, що викликало необхідність дослідження впливу радіуса горизонтальної кривої на середню швидкість у два етапи: для радіусів до 100 м і від 100 м до 600 м.

Радіус горизонтальної кривої від 100 м до 600 м.

Побудова степеневі лінії тренда шляхом розрахунку точок методом найменших квадратів по наступній формулі:  $V = AR + B$

$$V = 0,0114R + 68.984 \text{ легкові};$$

$$V = 0,0042R + 61.584 \text{ вантажні};$$

$$V = 0,0263R + 51.274 \text{ автобуси};$$

$$V = 0,0225R + 55.25 \text{ авто потяги}.$$

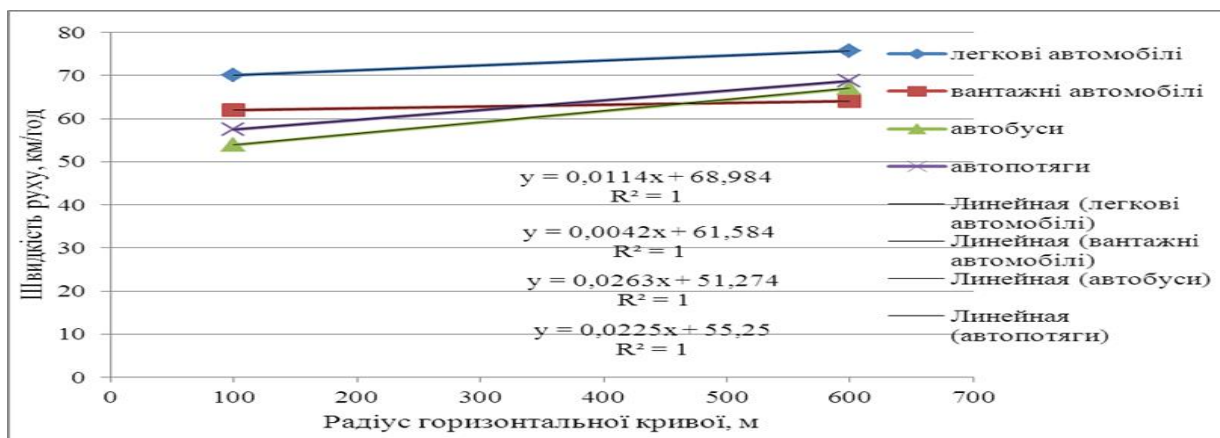


Рисунок 4 – Залежність середньої швидкості руху від радіуса горизонтальної кривої більше 100 м

Для отримання рівняння залежності «радіус горизонтальної кривої – швидкість» у загальному вигляді потрібно визначити коефіцієнти  $A$  і  $B$  для врахування довжини автомобіля. Результати обробки вихідних даних з допомогою електронних таблиць Ексел приведені на рис.5-6.

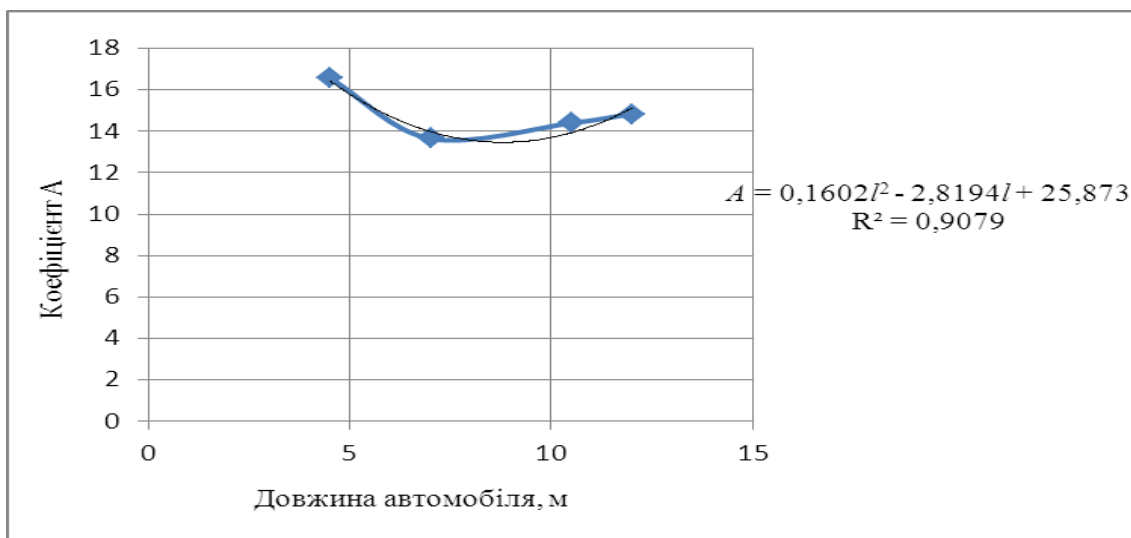


Рисунок 5 – Залежність коефіцієнта А від довжини автомобіля

$$A = 0,1602l^2 - 2,8194l + 25,873 ,$$

$$B = -0,1706l^3 + 4,5072l^2 - 37,169l + 113 .$$

Отже, в загальному вигляді залежність «радіус горизонтальної кривої – швидкість руху» буде мати вигляд:

$$V = (0,1602l^2 - 2,8194l + 25,873)(R) - (-0,1706l^3 + 4,5072l^2 - 37,169l + 113) .$$

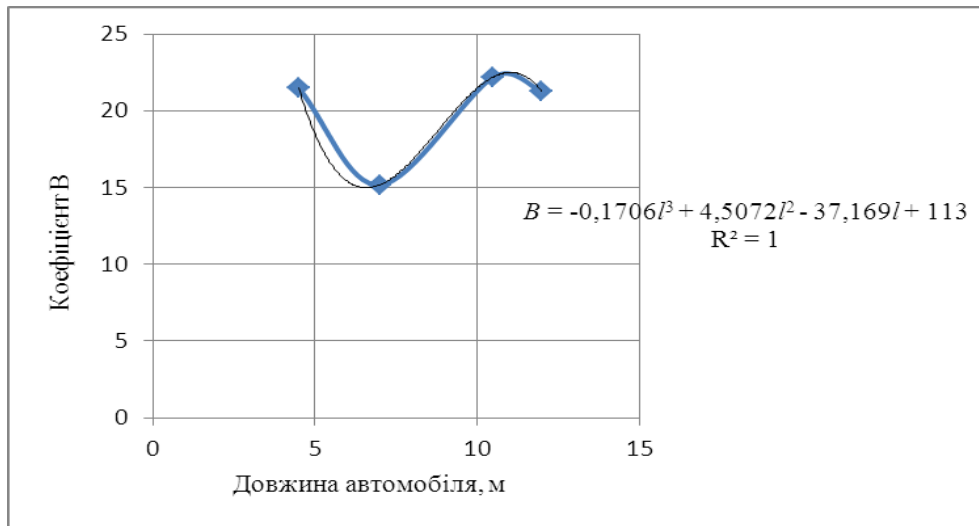


Рисунок 6 – Залежність коефіцієнта В від довжини автомобіля

Зменшення середньої швидкості вільного руху від поздовжнього похилу визначеного на основі проведених експериментальних досліджень :

$$V = V_0 - 283,79i,$$

де  $V_0$  – швидкість вільного руху, км/год;

$i$  – поздовжній похил, в частках одиниці.

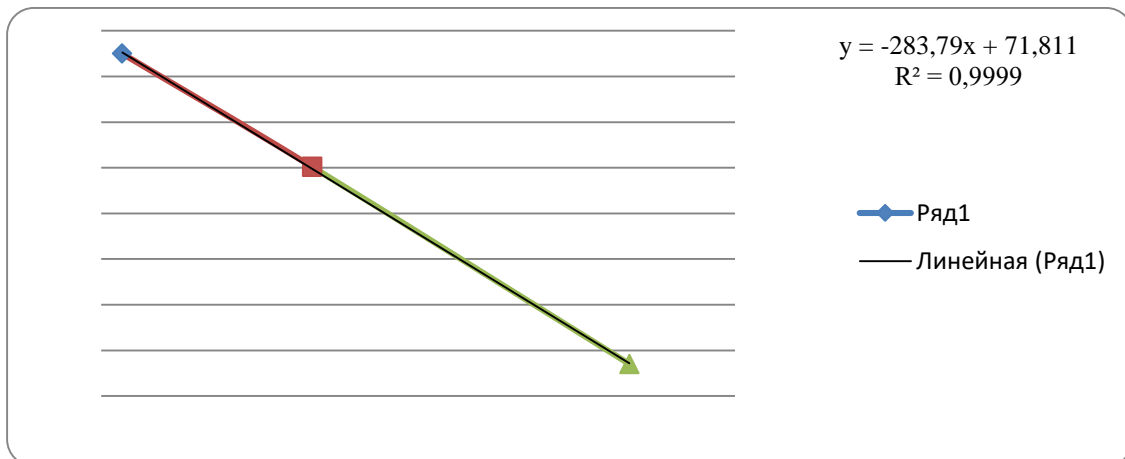


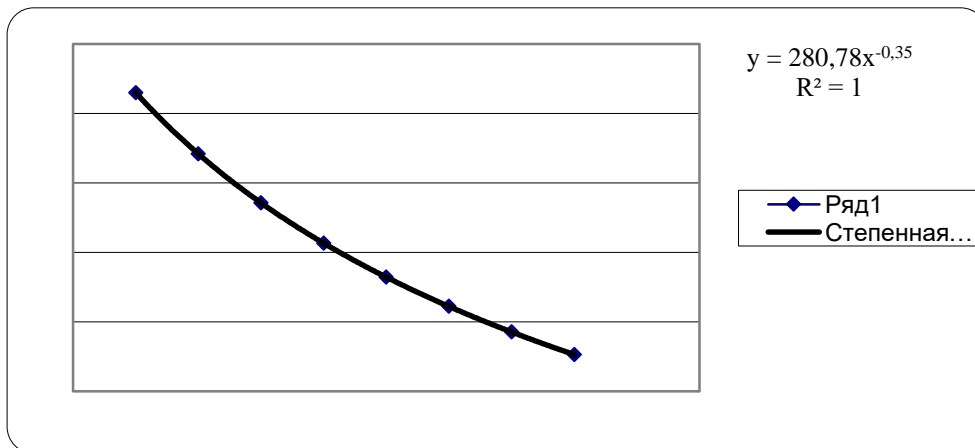
Рисунок 7 – Залежність швидкості руху транспортного потоку від похилу

Середня швидкість на спусках прирівнюється до середньої швидкості вільного руху:

$$V_i = V_{вл.}$$



Середня швидкість в залежності від рівності покриття визначається за формулою або по графіку :



**Рисунок 8** – Залежність середньої швидкості руху від показника рівності дорожнього покриття

$$V_p = 280 \cdot P^{-0,35}$$

де  $p$  – показник поштовхоміру, см/км.

На першому етапі визначається варіант маршруту в якому визначені автомобільні дороги або їх ділянки які визначають маршрут перевезення вантажів. По визначеним автомобільним дорогам складається графік швидкості для кожної дороги або її ділянки. Графік швидкості складається із розрахованих швидкостей руху кожного елементу дороги. Загальний вигляд графіку приведено на рисунку 9.

Прямими і пунктірними лініями показано прямий і зворотній рух автомобілів де:

$V_p$  – швидккість в залежності від рівності покриття;

$V_N$  – швидкість в залежності від інтенсивності руху;

$V_i$  – швидкість в залежності від поздовжнього похилу;

$V_r$  – швидкість в залежності від радіуса горизонтальної кривої;

$V_e$  – швидкість вільного руху;

$V_o$  – обмеження швидкості засобами організації дорожнього руху.

На основі отриманого графіка визначається час проїзду даної дороги або її ділянки враховуючі час відпочинку водіїв:

$$T_i = \sum_{i=1}^n t_i + \sum_{i=1}^g t_j,$$

де  $n$  – кількість ділянок на автомобільній дорозі,

$g$  – відпочинки водіїв,

$t_i$  – час проїзду окремої ділянки автомобільної дороги,

$t_j$  – час одного відпочинку водія.

Загальний час проїзду всього маршруту:

$$T = \sum_{i=1}^k T_i,$$

де  $T_i$  – час проїзду по  $i$ -тій дорозі.

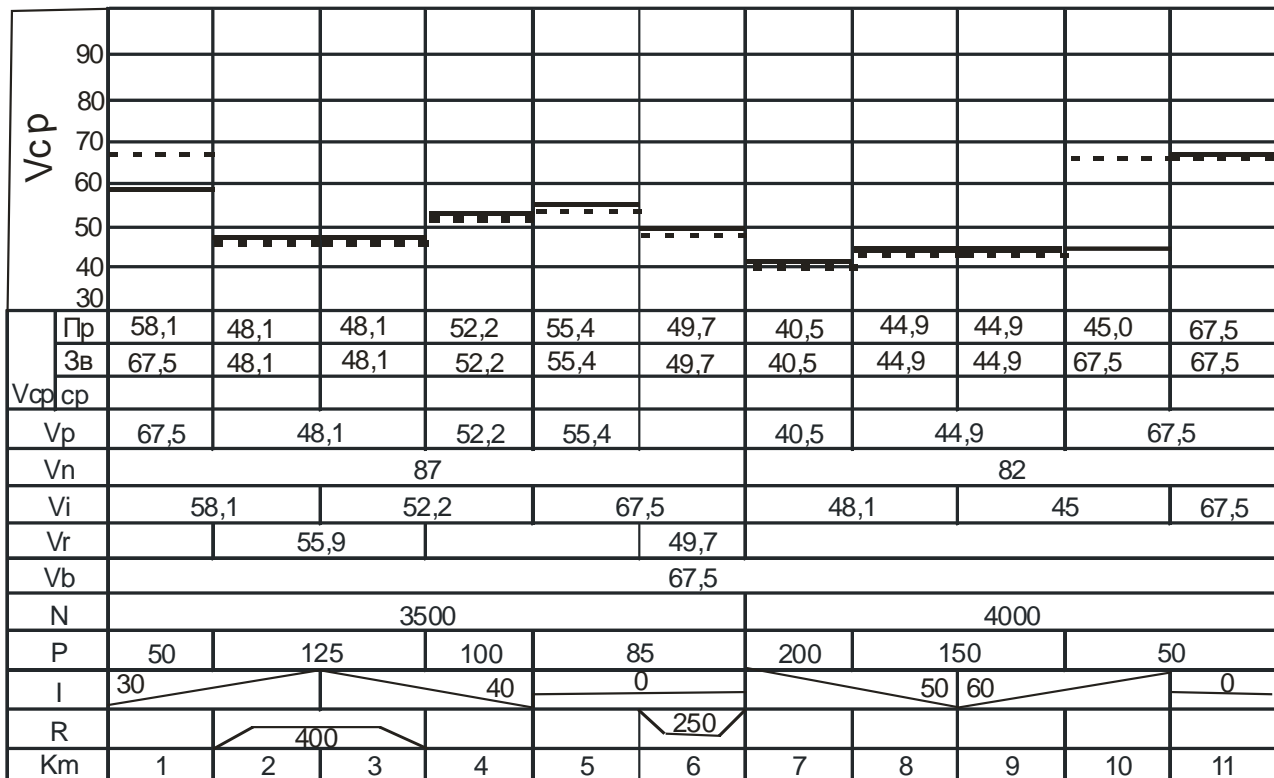


Рисунок 9 – Графік середніх швидкостей руху

### Висновок

Пропонується маршрут із мінімальною витратою часу на виконання маршруту, що відповідає мінімальній вартості проїзду. Маршрут складається із автомобільних доріг або їх ділянок для яких складається графік швидкості.

Використовуючи існуючі розробки, на основі супутникових технологій, визначаються елементи автомобільних доріг та розраховуються швидкості руху на кожному елементі дороги або ділянці дороги. Економічні розрахунки повинні враховувати затрати підприємства на перевезення вантажів по часу проїзду маршруту та вартості однієї години проїзду та відпочинку водія.

### **Література**

1. Додух К.М. Практична пропускна здатність смуги руху автомобільної дороги // International Scientific and Practical Internet Conference. World Science. September 22-24, 2014. Dubai, UAE. С. 38-41.

2. Василичена Л.О. Методика порівняння дорожніх розв'язок в різних рівнях / Василичена Л.О.// Современные технологии строительства и эксплуатации автомобильных дорог: Материалы международной научно-технической конференции молодых учёных и аспирантов. Харьков, 2008. С. 225-230.

3. Пальчик А.М. Транспортні потоки: [монографія] / Пальчик А.М. К.: НТУ, 2009. 171 с.

#### **Рецензенти:**

Павлюк Д.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.  
Кизима С.С., канд. техн. наук, Національний транспортний університет.

#### **Reviewers:**

Pavliuk D.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.  
Kyzyma S.S., Cand. Eng. Sci. (Ph.D.), National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **15.06.2017 р.**