

УДК 629.3.027.5.002.8

## МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЧАСУ ТА ШЛЯХУ РОЗГОНУ АВТОМОБІЛЯ

**П.В. Литвин**, старший викладач кафедри автомобілів та автомобільного господарства Державний ВНЗ «Національний гірничий університет» м. Дніпропетровськ, Україна, e-mail: [litvinpv\\_ne@mail.ru](mailto:litvinpv_ne@mail.ru)

**О.І. Пучков**, старший викладач кафедри автомобілів та автомобільного господарства Державний ВНЗ «Національний гірничий університет» м. Дніпропетровськ, Україна

**О.Г. Каплун**, студент групи АТммС-12.1, Державний ВНЗ «Національний гірничий університет» м. Дніпропетровськ, Україна

**Анотація.** Запропоновано методику та алгоритм виконання розрахунків динамічної характеристики часу та шляху розгону автомобіля, що дозволить мати наближені до експериментальних параметри.

*Ключові слова:* прискорення автомобіля, динамічний фактор, час розгону, шлях розгону, експериментальні параметри.

## METHOD OF CALCULATION TIME AND THE PATH ACCELERATION

**P.V. Litvin**, Senior lecturer of Department of Automobiles and Automobile Economy, State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: [litvinpv\\_ne@mail.ru](mailto:litvinpv_ne@mail.ru)

**O.I. Puchkov**, Senior lecturer of Department of Automobiles and Automobile Economy, State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnepropetrovsk, Ukraine

**O.G. Kaplun**, Student, State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnepropetrovsk, Ukraine

**Abstract.** Proposed the method and algorithm of the calculations of the dynamic characteristics, time and path of acceleration, which will have close to the experimental parameters

*Keywords:* acceleration of automobile, dynamic characteristic, time of acceleration, path of acceleration, experimental parameters.

**Вступ.** Прискорення автомобіля цілком характеризує динаміку його розгону. Однак для аналізу динаміки розгону різних автомобілів більш наочне уявлення дають графіки часу і шляху розгону. **Час розгону** - це час, протягом якого автомобіль збільшує швидкість у заданих межах, а **шлях**

**розгону** - це шлях, який автомобіль проходить при збільшенні швидкості в заданих межах.

Залежність швидкості при розгоні від часу та шляху розгону автомобіля називають швидкісною характеристикою розгону. Ці показники, як правило, визначаються експериментально.

**Мета роботи.** Розробити методикю та алгоритм отримання залежностей часу та шляху розгону автомобіля для їх подальшого порівняння.

**Матеріал та результати дослідження.** Вихідними даними для отримання динамічних характеристик є: вихідні характеристики двигуна, значення передаточних чисел трансмісії, вагові та геометричні параметри автомобіля.

При визначенні часу і шляху розгону приймаються наступні допущення:

- розгін починається з мінімально стійкої швидкості обертання колінчастого валу (процес рушання з місця і розгін автомобіля до швидкості, що відповідає мінімальній швидкості нижчій передачі коробки передач і мінімальних обертів колінчастого валу, через складність та маловивченість процесів, не розглядаються;

- двигун працює в режимі зовнішньої швидкісної характеристики;
- характеристика руху під час розгону є рівноприскореною;
- на першій передачі швидкість збільшується по лінійному закону;
- за час перемикування передачі опір рухові залишається постійним;
- розрахунок виконується для горизонтальної ділянки дороги.

Для розрахунків задаються одним з принципів перемикування передач:

- при максимальному значенні динамічного фактору (максимальному крутному моменті);
- при максимальній потужності двигуна;
- при максимальній частоті обертів колінчастого валу;
- при експлуатаційних умовах.

В реальних експлуатаційних умовах момент перемикування передач залежить від умов руху та манери керування. В більшості випадків перемикування передач здійснюється при частоті обертів колінчастого валу  $\omega_{пер} = (0,7 \dots 0,8) \omega_{max}$ .

Характеристики часу та шляху розгону можуть бути отримані за графоаналітичною методикою. Але ця методика є спрощеною та доволі приближною. Аналіз різних методик розрахунку параметрів динаміки розгону автомобіля показує наявність певних недоліків, тому пропонується наступна методика.

Сумарний час розгону складається із часу розгону на кожній передачі  $t_i$  та часу на перемикування передач  $t_{пер}$  і визначається по формулі

$$\sum t = \sum_{i=1}^n \Delta t_i + \sum_{i=1}^n t_{nep} \quad (1)$$

Час розгону  $\Delta t_i$ , в інтервалі швидкостей від  $V_i$  до  $V_{i+1}$  визначають так

$$\Delta t_i = \frac{2 \cdot (V_{i+1} - V_i) \cdot \delta}{g \left[ D_i + D_{i+1} - f_0 \left( 1 + \frac{V_i^2}{1500} \right) - f_0 \left( 1 + \frac{V_{i+1}^2}{1500} \right) \right]} \quad (2)$$

де:  $\delta$  – коефіцієнт урахування обертових мас трансмісії автомобіля,  $\delta = 1 + 0,03 \dots 0,05 + (0,04 \dots 0,06) u_k^2$ . ( $u_k$ , – передаточне число тої ступені коробки передач, при якій визначається час розгону).

Сумарний час розгону на одній передачі визначають підсумовуванням часу в інтервалах швидкостей на цій передачі.

$$t_1 = \Delta t_1; \quad t_2 = t_1 + \Delta t_2; \quad t_3 = t_2 + \Delta t_3, \quad (3)$$

а загальний час перемикання:

$$\sum t_{nep} = t_{nep} \cdot (n - 1) \quad (4)$$

де:  $n$  – кількість ступенів у коробці перемикання передач.

Час одного перемикання передачі, залежить від типу, вантажопідйомності транспортного засобу, способу перемикання та майстерності водія і рекомендується приймати  $t_{nep} = 0,8 \dots 1,2$  с.

Падіння швидкості при перемиканні передач знаходимо, прийнявши, що при перемиканні передач двигун від'єднаний від трансмісії, опір руху автомобіля створюється опорами повітря й кочення коліс, які за час перемикання передачі зменшують швидкість руху автомобіля на величину  $\Delta V_{nep}$ :

$$\Delta V_{nep} = \frac{t_{nep} g}{\delta} \left[ \frac{K_{II} F_a V_i^2}{m_a g} + f \left( 1 + \frac{V_i^2}{1500} \right) \right] \quad (5)$$

де  $V_i$  - швидкість автомобіля при перемиканні на  $i$ -тій передачі;

Сумарний час розгону автомобіля дорівнює

$$\sum t = \sum_{i=1}^n \Delta t_i + \sum_{i=1}^n \Delta t_{n_i} \quad (6)$$

де:  $\sum_{i=1}^n \Delta t_i$  - сумарний час розгону на всіх передачах;  $\sum_{i=1}^n \Delta t_{n_i}$  - сумарний час при перемиканні всіх передач.

Результати розрахунків зручно показати в вигляді графіків. Отримані параметри заносяться в таблицю 1, за результатами розрахунків будується графік часу розгону.

Сумарний шлях  $S_p$  розгону автомобіля складається із шляху  $S_i$ , що пройде автомобіль на кожній передачі за час  $t_i$ , і шляху  $\Delta S_n$ , що проходить автомобіль за час перемикання передач.

Величина шляху при розгоні автомобіля в інтервалі швидкостей  $V_i$  до  $V_{i+1}$  визначається так,

$$\Delta S_{1,2} = \frac{V_1 + V_2}{2} \cdot \Delta t_{1,2} \quad (7)$$

Тоді шлях розгону на  $i$ -цій передачі буде,

$$S_1 = \Delta S_1 ; S_2 = S_1 + \Delta S_2 ; S_3 = S_2 + \Delta S_3 ; \dots S_n = S_{n-1} + \Delta S_n . \quad (8)$$

Шлях, що проходить автомобіль за час перемикання передач, визначимо по формулі,

$$S_{nep_i} = \left( V_{nep_i} - \frac{\Delta V_{nep_i}}{2} \right) \cdot t_{nep} \quad (9)$$

де  $V_{ni}$  - швидкість автомобіля у момент початку перемикання передач.

Загальний шлях розгону визначають по формулі,

$$\sum S = \sum_{i=1}^n \Delta S_i + \sum_{i=1}^n S_{nep_i} \quad (10)$$

*Пропонується наступний алгоритм виконання розрахунків:*

1. Визначаємо максимальну швидкість в кінці розгону на першій передачі,

$$V_{max1} = \frac{\omega_{nep} \cdot r_k}{U_{K1} \cdot U_{PK} \cdot U_0} ; \quad (11)$$

де  $\omega_{nep}$  - максимальна частота обертів колінчастого валу перед вмиканням наступної передачі;

2. Визначаємо величину динамічного фактору в кінці розгону на першій передачі (при  $\omega_{nep}$ ), для чого розраховуємо:

– потужність, що розвиває двигун в кінці розгону:

$$N_{\Pi max} = N_{max} \left[ a \cdot \frac{\omega_{nep}}{\omega_N} + b \cdot \left( \frac{\omega_{nep}}{\omega_N} \right)^2 - c \cdot \left( \frac{\omega_{nep}}{\omega_N} \right)^3 \right] ; \quad (12)$$

– окружну силу на ведучих колесах в кінці розгону на першій передачі:

$$P_{K1max} = \frac{N_{\Pi max} \cdot \eta_{TP} \cdot U_{K1} \cdot U_{PK} \cdot U_0}{\omega_{nep} \cdot r_K} ; \quad (13)$$

– силу опору повітря в кінці розгону:

$$P_{\Pi max1} = K_{\Pi} \cdot F_a \cdot V_{max1}^2 ; \quad (14)$$

– значення динамічного фактору на першій передачі в кінці розгону:

$$D_{max1} = \frac{P_{K1max} - P_{Пmax1}}{G_a}; \quad (15)$$

3. Визначаємо час розгону на першій передачі

$$t_{P1} = \frac{2 \cdot \delta \cdot V_{max1}}{g \cdot \left[ D_{max1} - f_0 \cdot \left( 1 + \frac{V_{max1}^2}{1500} \right) \right]}; \quad (16)$$

4. Визначаємо шлях розгону на першій передачі:

$$S_1 = 0,5 \cdot V_{max1} \cdot t_{P1}; \quad (17)$$

5. Визначаємо величину падіння швидкості за час перемикавання передачі:

$$\Delta V_{nep} = \frac{t_{nep} \cdot g}{\delta} \left[ \frac{K_{П} \cdot F_a \cdot V_{max1}^2}{m_a \cdot g} + f_0 \cdot \left( 1 + \frac{V_{max1}^2}{1500} \right) \right]; \quad (18)$$

6. Визначаємо шлях, що пройде автомобіль за час перемикавання з першої на другу передачу:

$$S_{nep1} = \left( V_{n_i} - \frac{\Delta V_{nep1}}{2} \right) \cdot t_{nep}; \quad (19)$$

7. Вираховуємо початкову швидкість на  $i$ -тій передачі (після перемикавання)

$$V_{min(i+1)} = V_{max i} - \Delta V_{П}; \quad (20)$$

8. Визначаємо максимальну швидкість в кінці розгону,

$$V_{max} = \frac{\omega_{nep} \cdot r_k}{U_{Ki} \cdot U_{PK} \cdot U_0}; \quad (21)$$

де:  $\omega_{nep}$  - максимальна частота обертів колінчастого валу перед вмиканням наступної передачі,  $U_{Ki}$  - передаточне число цієї ступені КП.

9. Визначаємо величини динамічного фактору на початку і в кінці розгону при відповідних швидкостях, використавши наступні формули:

– частота обертів колінчастого валу (в момент ввімкнення наступної передачі та в кінці розгону)

$$\omega_i = \frac{V_i \cdot U_K \cdot U_{PK} \cdot U_0}{r_k}; \quad (22)$$

– потужність, що розвиває двигун в момент ввімкнення передачі та в кінці розгону (формула 2.36 методичний посібник ч. I)

$$N_i = N_{\max} \left[ a \cdot \frac{\omega_i}{\omega_N} + b \cdot \left( \frac{\omega_i}{\omega_N} \right)^2 - c \cdot \left( \frac{\omega_i}{\omega_N} \right)^3 \right]; \quad (23)$$

– окружну силу на ведучих колесах в момент ввімкнення передачі та в кінці розгону

$$P_{Ki} = \frac{N_i \cdot \eta_{TP} \cdot U_K \cdot U_{PK} \cdot U_0}{\omega_i \cdot r_K}; \quad (24)$$

– силу опору повітря в момент ввімкнення передачі та в кінці розгону

$$P_{Pi} = K_{Pi} \cdot F_a \cdot V_i^2; \quad (25)$$

– значення динамічного фактору на початку та в кінці розгону

$$D_i = \frac{P_{Ki} - P_{Pi}}{G_a}; \quad (26)$$

10. Приймаємо три – чотири проміжних значення швидкостей в інтервалі  $V_{\min} - V_{\max}$  для даної передачі та вираховуємо відповідні їм значення динамічного фактору. Для цього послідовно обчислюємо:

$$10.1. \quad \omega_j = \frac{V_j \cdot U_K \cdot U_{PK} \cdot U_0}{r_k}; \quad (27)$$

$$10.2. \quad M_j = \frac{N_{\max}}{\omega_i} \cdot \left[ a \cdot \frac{\omega_j}{\omega_N} + b \cdot \left( \frac{\omega_j}{\omega_N} \right)^2 - c \cdot \left( \frac{\omega_j}{\omega_N} \right)^3 \right]; \quad (28)$$

$$10.3. \quad P_{Kj} = \frac{M_j \cdot U_K \cdot U_{PK} \cdot U_0 \cdot \eta_{TP}}{r_K}; \quad (29)$$

$$10.4. \quad P_{Pj} = K_{Pi} \cdot F_a \cdot V_j^2; \quad (30)$$

$$10.5. \quad D_j = \frac{P_{Kj} - P_{Pj}}{G_a}; \quad (31)$$

11. Визначаємо дискретні значення часу розгону в інтервалах швидкостей від  $V_i$  до  $V_{i+1}$  на цій передачі

$$\Delta t_i = \frac{2 \cdot (V_{i+1} - V_i) \cdot \delta}{g \left[ D_i + D_{i+1} - f_0 \left( 1 + \frac{V_i^2}{1500} \right) - f_0 \left( 1 + \frac{V_{i+1}^2}{1500} \right) \right]} \quad (32)$$

і заносимо їх в табл. 1. та обчислюємо сумарний час з наростаючим підсумком;

12. Визначаємо шлях розгону в інтервалах швидкостей на певній передачі

$$S_1 = 0,5 \cdot V_{\max 1} \cdot t_{P1}; \quad (33)$$

13. Розраховуємо сумарний шлях розгону на даній передачі

14. Визначаємо величину падіння швидкості за час перемикання передачі

$$\Delta V_{\text{пер}} = \frac{t_{\text{пер}} \cdot g}{\delta} \left[ \frac{K_{\Pi} \cdot F_a \cdot V_{\max}^2}{m_a \cdot g} + f \cdot \left( 1 + \frac{V_{\max}^2}{1500} \right) \right]; \quad (34)$$

15. Визначаємо шлях, що пройде автомобіль за час перемикання цієї передачі

$$S_{\text{пер}_i} = \left( V_{n_i} - \frac{\Delta V_{\text{пер}_i}}{2} \right) \cdot t_{\text{пер}}; \quad (35)$$

16. Отримані значення заносимо у відповідні клітини табл. 1.

17. Виконуємо розрахунки для кожної ступені коробки передач (поз. 7 – 16), результати заносимо до таблиці 1.

Розрахунки та побудову графічних залежностей доцільно виконувати з використанням програмних матеріалів «Excel» чи «Mathcad».

За результатами даних таблиці 1 будують графіки часу й шляху розгону.

### Висновок.

У роботі запропоновано методику та алгоритм виконання розрахунків динамічної характеристики часу та шляху розгону автомобіля. Методика та алгоритм розрахунків дають змогу виконати порівняльний аналіз динамічних характеристик різних автомобілів, також визначати раціональні моменти перемикання передач, в тому числі використовується в навчальному процесі.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Волков В. П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля: Навч. посібник. – Харків: ХНАДУ, 2003. – 292 с.
2. Литвинов А. С., Фаробин Я. Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств: Учебник для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство». – М.: Машиностроение, 1989. – 240 с.
3. Основенко М. Ю., Сахно В. П. Автомобілі: Навч. посібник. – К.: НМК ВО, 1992. – 344 с.

Таблиця 1 – Результати розрахунків часу й шляхи розгону на першій передачі

№	Найменування параметра	Чисельні значення					
I передача	Швидкість $V_{\max 1}$						
	Динамічний фактор $D_{\max 1}$						
	Час розгону $t_{p1}$						
	Шлях розгону $S_{p1}$						
Пер.	Час перемикання, с.						
	Шлях за час перемикання						
Друга передача	Швидкість $V_i$						
	Динамічний фактор $D_i$						
	Час розгону в інтервалі $\Delta t_i$						
	Сумарний час розгону $t_p$						
	Шлях розгону в інтервалі $\Delta S_i$						
	Сумарний шлях розгону $S_p$						
Пер.	Час перемикання, с.						
	Шлях за час перемикання						
Наступна передача	Швидкість $V_i$						
	Динамічний фактор $D_i$						
	Час розгону в інтервалі $\Delta t_i$						
	Сумарний час розгону $t_p$						
	Шлях розгону в інтервалі $\Delta S_i$						
	Сумарний шлях розгону $S_p$						
I т.д.							

УДК 721.011

## ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ОСТАНОВОК ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

**В.В. Плахотник**, кандидат технических наук, доцент кафедры строительной, теоретической и прикладной механики

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина

**В.Н. Марьенко**, аспирант кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина, e-mail: [vados.v-ma@ya.ru](mailto:vados.v-ma@ya.ru)