

Подригало М.А.

Тарасов Ю.В.

Драгун О.С.

*Харківський національний автомобільно -
дорожній університет*

E-mail: yuriy.ledd@gmail.com

Радченко І.О.

Лукашенко С.С.

*Національна академія Національної
гвардії України*

E-mail: Lukash88888@gmail.com

ОЦІНКА ПИТОМОЇ ПОТУЖНОСТІ ДВИГУНА ПРИ ПРОЕКТУВАННІ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

УДК 629.113-592

DOI 10.37700/ts.2020.21.222-228

Подригало М.А., Тарасов Ю.В., Драгун О.С., Радченко І.О., Лукашенко С.С. «Оцінка питомої потужності двигуна при проектуванні автотранспортних засобів»

Зростання динамічних властивостей автотранспортних засобів є об'єктивним і безперервним процесом. Запас потужності, потрібний для створення необхідного прискорення, повинен закладатися в конструкцію при проектуванні автомобіля. Для інтенсивного розгону автотранспортного засобу від мінімальної швидкості або з місця, а також для обгону транспорту, що йде попереду зі зниженою швидкістю, автотранспортному засобу, що виконує обгін дуже важливо підвищити свою швидкість за максимально короткий час з тим, щоб обійти цей транспорт по найкоротшому шляху. Слід зазначити також, що обгін необхідно забезпечити при мінімальному збільшенні потужності двигуна, оскільки резерв потужності двигуна, який закладається при проектуванні, обмежений такими факторами, як собівартість виробництва, собівартість транспортної роботи, запас паливних резервів і т.д.

Правильний вибір значень динамічних властивостей сприяє підвищенню конкурентоспроможності автотранспортних засобів на світовому ринку. Слід зазначити, що той виробник, який здатний прогнозувати розвиток вимог суспільства до того чи іншого показника динамічних властивостей, має високі шанси на успіх. Тому, створюючи новий автотранспортний засіб, конструктори повинні враховувати експлуатаційні, споживчі та властивості безпеки, які будуть затребувані суспільством.

Необхідно мати математичний апарат, який дозволяє на стадії проектування здійснювати раціональний вибір питомої потужності двигуна за умовою забезпечення необхідних динамічних характеристик автотранспортних засобів і від часу початку проектування продукції, і конкурентоспроможності його на ринку.

Отримані залежності дозволяють здійснювати на стадії проектування раціональний вибір потужності двигуна за умовою забезпечення необхідних динамічних характеристик автотранспортного засобу. Для реалізації потенційних можливостей автотранспортних засобів необхідно встановлювати двигуни, потужність яких значно перевищує ті, що реально використовуються. Реалізація запропонованих рекомендацій забезпечить високий технічний рівень і конкурентоспроможність перспективних автотранспортних засобів на світовому ринку. Отримані результати можуть бути рекомендовані фахівцям для використання при проектуванні, виробництві, сертифікації та експлуатації автотранспортних засобів.

Ключові слова: ефективна потужність, глибини прогнозу, питома потужність, конструктивна швидкість, час, конкурентоспроможність

Подригало М.А., Тарасов Ю.В., Драгун А.С., Радченко І.А., Лукашенко С.С. «Оценка удельной мощности двигателя при проектировании автотранспортных средств»

Рост динамических свойств автотранспортных средств является объективным и непрерывным процессом. Запас мощности, необходимый для создания требуемого ускорения, должен закладываться в конструкцию при проектировании автомобиля. Для интенсивного разгона автотранспортного средства от минимальной скорости или с места, а также для обгона транспорта, идущего впереди с пониженной скоростью, обгоняющему автотранспортному средству очень важно повысить свою скорость за максимально короткое время с тем, чтобы обогнать этот транспорт по кратчайшему пути. Следует отметить также, что обгон нужно обеспечить при минимальном увеличении мощности двигателя, поскольку резерв мощности двигателя, закладываемый при проектировании, ограничен такими факторами, как себестоимость производства, себестоимость транспортной работы, запас топливных резервов и т.д.

Правильный выбор значений динамических свойств способствует повышению конкурентоспособности автотранспортных средств на мировом рынке. Следует отметить, что тот производитель, который способен прогнозировать развитие требований общества к тому или иному показателю динамических свойств, имеет высокие шансы на успех. Поэтому, создавая новое автотранспортное средство, конструкторы должны учитывать эксплуатационные, потребительские и свойства безопасности, которые будут востребованы обществом.

Необходимо иметь математический аппарат, который позволяет на стадии проектирования осуществлять рациональный выбор удельной мощности двигателя по условию обеспечения требуемых динамических характеристик автотранспортных средств и от времени начала проектирования продукции, и конкурентоспособности его на рынке.

Полученные зависимости позволяют осуществлять на стадии проектирования рациональный выбор мощности двигателя по условию обеспечения требуемых динамических характеристик автотранспортного средства. Для реализации потенциальных возможностей автотранспортных средств необходимо устанавливать двигатели, мощность которых значительно превышает реально используемые. Реализация предлагаемых рекомендаций обеспечит высокий технический уровень и конкурентоспособность перспективных автотранспортных средств на мировом рынке. Полученные результаты могут быть рекомендованы специалистам для использования при проектировании, производстве, сертификации и эксплуатации автотранспортных средств.

Ключевые слова: эффективная мощность, глубины прогноза, удельная мощность, конструктивная скорость, время, конкурентоспособность

M. Podrigalo, Yu. Tarasov, A. Dragun, I. Radchenko, C. Lukashenko "Estimation of specific engine power when designing motor vehicles"

The growth of the dynamic properties of motor vehicles is an objective and continuous process. The power reserve required to create the required acceleration must be incorporated into the design when designing the car. For intensive acceleration of a vehicle from the minimum speed or from a standstill, as well as for overtaking vehicles in front at a reduced speed, it is very important for an overtaking vehicle to increase its speed in the shortest possible time in order to bypass this vehicle on the shortest path. It should also be noted that overtaking should be ensured with a minimum increase in engine power, since the engine power reserve, laid down during design, is limited by factors such as production costs, transportation costs, fuel reserves, etc.

The correct choice of the values of the dynamic properties helps to increase the competitiveness of the vehicle in the world market. It should be noted that the manufacturer who is able to predict the development of the society's demand for one or another indicator of dynamic properties has a high chance of success. Therefore, creating a new vehicle, designers must take into account the operational, consumer and safety properties will be in demand by society.

It is necessary to have a mathematical apparatus that allows, at the design stage, to carry out a rational choice of the specific engine power according to the condition of ensuring the required dynamic characteristics of vehicles and from the time of the start of product design, and its competitiveness in the market.

The obtained dependencies make it possible to carry out at the design stage a rational choice of engine power according to the condition of ensuring the required dynamic characteristics of the vehicle. To realize the potential capabilities of vehicles, it is necessary to install engines, the power of which significantly exceeds the actually used ones. Implementation of the proposed recommendations will ensure a high technical level and competitiveness of promising vehicles in the world market. The results obtained can be recommended to specialists for use in the design, production, certification and operation of vehicles.

Keywords: effective power, forecast depth, specific power, design speed, time, competitiveness

Вступ

Потужність двигуна є одним з показників функціональної і технічної ефективності технічного виробу взагалі і автотранспортних засобів зокрема.

Зростання динамічних властивостей автотранспортних засобів є об'єктивним і безперервним процесом. Формалізація цих вимог здійснюється законодавчо на кожному етапі розвитку конструкцій автотранспортних засобів. На кожному етапі нормативні значення показників динамічних властивостей приймаються постійними. Запас потужності, необхідний для створення необхідного прискорення, повинен закладатися в конструкцію при проектуванні автомобіля. Для інтенсивного розгону автотранспортного засобу від мінімальної швидкості або з місця, а також для обгону транспорту, що йде попереду зі зниженою швидкістю, автотранспортному засобу, що виконує обгін, дуже важливо підвищити свою швидкість за максимально короткий час з тим, щоб обійти цей транспорт по найкоротшому шляху. Автотранспортний засіб, яке володіє великими динамічними властивостями в порівнянні з іншими, буде більш конкурентоспроможним на ринку ніж інші.

Конкурентоспроможність - це властивість об'єктів, що характеризує ступінь задоволення якої-небудь потреби в порівнянні з аналогічними об'єктами, представленими на даному ринку, тобто це здатність товарів відповідати вимогам ринку і запитів покупців.

З одного боку, конкурентоспроможність визначається якістю товару, а з іншого боку - його ціною [1].

Правильний вибір значень динамічних властивостей сприяє підвищенню конкурентоспроможності автотранспортних засобів на світовому ринку [1]. Слід зазначити, що той виробник, який здатний прогнозувати розвиток вимог суспільства до того чи іншого показника динамічних властивостей, має високі шанси на успіх. Тому, створюючи новий автотранспортний засіб, конструктори повинні враховувати експлуатаційні, споживчі та властивості безпеки, які будуть затребувані суспільством.

Актуальність проблеми

Слід зазначити також, що обгін необхідно забезпечити при мінімальному збільшенні потужності двигуна, оскільки резерв потужності двигуна, який закладається при проектуванні, обмежений такими факторами, як собівартість виробництва, собівартість транспортної роботи, запас паливних резервів і т.д.

На етапі попереднього проектування автотранспортних засобів визначення максимальної ефективної потужності двигуна здійснюється за відомими залежностями.

Необхідно мати математичний апарат, який дозволяє на стадії проектування здійснювати раціональний вибір питомої потужності N_{num} двигуна за умовою забезпечення необхідних динамічних характеристик автотранспортних засобів і від часу початку проектування продукції, і конкурентоспроможності його на ринку.

Аналіз останніх досліджень

При проектуванні автотранспортних засобів, для визначення необхідного запасу потужності двигуна необхідно знати режими руху автомобіля, що характеризуються величинами прискорень при розгоні. Для визначення цих режимів використовувалися теоретичні (математичне моделювання [2, 3]) і експериментальні [4, 5] методи дослідження.

В роботі [6] визначено взаємозв'язок між швидкістю, прискоренням і питомою потужністю, необхідною для розгону автотранспортних засобів. Однак, у відомій літературі відсутній прогноз зростання питомих потужностей легкових автомобілів, що ускладнює створення конкурентоспроможної продукції.

Формулювання мети дослідження

Метою дослідження є підвищення конкурентоспроможності автотранспортного засобу за рахунок раціонального вибору питомої потужності N_{num} двигуна за умовою забезпечення необхідних динамічних характеристик автотранспортного засобу і від часу початку проектування продукції.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступне завдання: визначити залежності для прогнозування питомої потужності N_{num} на етапі проектування для автотранспортних засобів від часу початку проектування продукції і конкурентоспроможності його на ринку.

Результати дослідження

В роботі [7] показано, що максимальна конструктивна швидкість автотранспортних засобів має тенденцію до зростання. У роботах [8, 9] отримана емпірична залежність (1).

$$V_{\max} = 3,6 \sqrt{\frac{2\varphi g m_a}{C_x \rho F}} [1,043 - \exp((- \bar{c} \pm \Delta_c) \lambda)] =$$

$$= 582 \{1,043 - \exp[-(0,382 \pm 0,140) \lambda]\} , \text{ км / год} \quad (1)$$

де \bar{c} – математичне очікування коефіцієнт c ;

m_a – маса автомобіля;

φ – коефіцієнт зчеплення ведучих коліс з дорогою;

g – прискорення вільного падіння, $= 9,81 \text{ м / с}^2$;

C_x – коефіцієнт лобового аеродинамічного опору автомобіля;

ρ – щільність повітря;

F – площа лобового розтину (мидель) автомобіля.

Δ_c – середньо квадратичне відхилення параметра c .

Це дозволяє прогнозувати величину максимальної конструктивної швидкості на період часу

$$\lambda_{\text{роз}} = \lambda_O + \Delta\lambda , \quad (2)$$

де λ_O – відносний час, відповідний моменту початку проектування автомобіля;

$\Delta\lambda$ – зміна відносного часу, відповідна тривалості проектування, випуску і терміну служби автотранспортного засобу,

$$\Delta\lambda = \Delta\lambda_{\text{ПР}} + \Delta\lambda_{\text{ВИП}} + \Delta\lambda_{\text{СЛ}} . \quad (3)$$

Рівняння (1) з урахуванням (2) набуде вигляду

$$V_{a \max} = 582 \{1,043 - \exp[-(0,382 \pm 0,14)(\lambda_O + \Delta\lambda)]\} , \text{ км / год} \quad (4)$$

Щодо точно на етапі попереднього проектування можна прогнозувати величину повної маси автотранспортного засобу m_{Π} .

В роботі [10] запропоновано новий показник - рівень енергетичної навантаженості автомобіля Y_W .

$$Y_W = \frac{2N_{e \max}}{m_{\Pi} V_{a \max}^2} . \quad (5)$$

де $N_{e \max}$ – максимальна потужність двигуна;

m_{Π} – повна маса автомобіля.

Аналіз результатів розрахунку показника Y_W , проведений в роботі [10] показав, що він має менше розсіювання, ніж, наприклад, питома потужність автотранспортного засобу $N_{\text{нум}}$, визначено, що незалежно від року випуску, виду і класу АТЗ цей показник дорівнює

$$Y_W = \bar{Y}_W \pm \bar{V}_{Y_W} = \bar{Y}_W (1 \pm V_{Y_W}) = 0,047(1 \pm 0,128) , \text{ Вт / Дж.} \quad (6)$$

З рівняння (5) визначимо

$$N_{e \max} = 0,5 Y_W m_{\Pi} V_{a \max}^2 = 0,0235 (1 \pm 0,128) m_{\Pi} V_{a \max}^2 , \text{ Вт.} \quad (7)$$

Підставляючи рівняння (5) (з урахуванням переведення $V_{a \max}$ з км / год в м / с) в вираз (7), отримаємо

$$N_{e \max} = 612,3 (1 \pm 0,128) m_{\Pi} \{1,043 - \exp[-(0,382 \pm 0,14)(\lambda_O + \Delta\lambda)]\}^2 , \text{ Вт,} \quad (8)$$

З рівняння (8) легко перейти до вираження для визначення питомої потужності автомобіля. Після перетворення (8) отримаємо

$$N_{num} = \frac{N_{e \max}}{m_{II}} = 612,3(1 \pm 0,128)\{1,043 - \exp[-0,382(1 \pm 0,366)(\lambda_0 + \Delta\lambda)]\}^2, \text{ Вт / кг} \quad (9)$$

Найбільше значення питомої потужності автотранспортного засобу відповідає знакам «+» в рівнянні (9), а найменше значення - знакам «-»

$$(N_{num})_{\max} = 690,7\{1,043 - \exp[-0,522(\lambda_0 + \Delta\lambda)]\}^2, \text{ Вт / кг} \quad (10)$$

$$(N_{num})_{\min} = 533,9\{1,043 - \exp[-0,242(\lambda_0 + \Delta\lambda)]\}^2, \text{ Вт / кг} \quad (11)$$

Середнє значення питомої потужності автотранспортного засобу

$$\bar{N}_{num} = 612,3\{1,043 - \exp[-0,382(\lambda_0 + \Delta\lambda)]\}^2, \text{ Вт / кг} \quad (12)$$

На рис. 1 наведені графіки залежностей $(N_{num})_{\max}$, $(N_{num})_{\min}$, $\bar{N}_{уд}$ від відносної часу $\Delta\lambda$. Відлік часу (від часу початку проектування автотранспортного засобу). Величина λ_0 відповідає 2019 року.

λ – відносний час;

$$\lambda = \frac{\Gamma_1 - \Gamma_2}{\Gamma_3 - \Gamma_2}; \quad (13)$$

Γ_1 – рік, для якого розглядається необхідне усталене уповільнення;

Γ_2 – рік, від якого умовно ведеться відлік часу, прийнято $\Gamma_2 = 1900$;

Γ_3 – рік, від якого автором роботи [2] був проведений ретроспективний аналіз, $\Gamma_3 = 2000$.

K – початковий коефіцієнт, що відповідає отриманню V_{\max} при $\lambda = 0$.

Використовуючи вираз (13) отримаємо

$$\lambda_0 = \frac{2019 - 1900}{2000 - 1900} = 1,19. \quad (14)$$

На рис. 1 заштрихована зона - це зона, в якій може перебувати значення питомої потужності автотранспортного засобу. При проектуванні доцільно орієнтуватися на середнє значення питомої потужності $\bar{N}_{num}(\Delta\lambda)$ (залежність (12)). Для легкових автомобілів високого класу питома потужність може вибиратися ближче до верхньої межі заштрихованої області (рис. 1).

Для легкових автомобілів малих класів, навпаки, питома потужність може перебувати ближче до нижньої межі заштрихованої області (рис. 1).

За результатами проведених досліджень можна зробити наступний висновок:

– для автотранспортних засобів, яким в ході експлуатації необхідна висока динамічність або запас потужності $\bar{N}_{num}(\Delta\lambda)$ необхідно проводити розрахунок максимального значення питомої потужності, що відповідає знакам «+» в рівнянні (9);

– для автотранспортних засобів, яким в ході експлуатації необхідна висока економічність палива або енергії, що витрачається необхідно проводити розрахунок де питома потужність $\bar{N}_{num}(\Delta\lambda)$ може перебувати ближче до нижньої межі знаків «-» в рівнянні (9);

- якщо нам необхідно, щоб автотранспортний засіб «охоплювало» більшу частину суспільства і було більш конкурентоспроможним при проектуванні доцільно орієнтуватися на середнє значення питомої потужності $\bar{N}_{num}(\Delta\lambda)$ (залежність (11)).

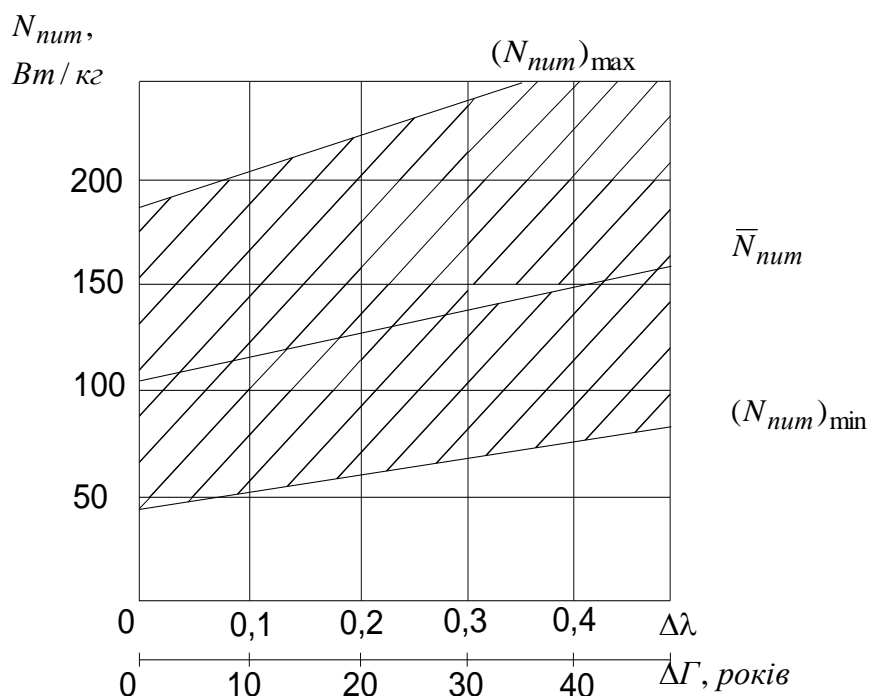


Рис. 1. Залежності прогнозованих значень питомої потужності автотранспортного засобу N_{num} від глибини прогнозу $\Delta\Gamma(\Delta\lambda)$

Висновки

Отримані залежності дозволяють здійснювати на стадії проектування раціональний вибір потужності двигуна за умовою забезпечення необхідних динамічних характеристик автотранспортного засобу. Для реалізації потенційних можливостей автотранспортних засобів необхідно встановлювати двигуни, потужність яких значно перевищує ті, що реально використовуються. Реалізація запропонованих рекомендацій забезпечить високий технічний рівень і конкурентоспроможність перспективних автотранспортних засобів на світовому ринку.

Список використаних джерел

1. Должанський І. Конкурентоспроможність фірми : [навч. посібник] / І. Должанський, Т. Загородна. – К. : Центр навчальної літератури, 2006. – 384 с.
2. Безбородова Г. Б. Моделирование движения автомобиля / Г.Б. Безбородова, В.Г. Галушко. – К.: Вища школа, 1978. – 168 с.
3. Лурье М.И. О выборе рациональной мощности легкового автомобиля в зависимости от условий эксплуатации / М.И. Лурье, Ю.Г. Таубер // Автомобильная промышленность. – 1975. – № 3. – с. 9 – 11.
4. Арсеев Л.А. Цифропечатающий прибор для оценки динамических качеств автомобиля / Л.А. Арсеев, Л.П. Егорычев // Автомобильная промышленность – 1979. – №6. – с. 22 – 23.
5. Подригало М.А. Управляемость и устойчивость автомобиля. Определение понятий / М.А. Подригало // Автомобильная промышленность. – 2008. – № 11. – с. 22 – 23.
6. Подригало М.А. Тяговый баланс или дисбаланс автомобиля / М.А. Подригало // Автомобильная промышленность. – 2010. – № 5. – с. 23 – 26.

7. Ярещенко Н.В. Довгострокове прогнозування швидкостей руху на автомобільних дорогах: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.11 – Автомобільні шляхи та аеродроми / Н.В. Ярещенко. – Х., 1999. – 16 с.
8. Маневренность и тормозные свойства колесных машин / [М.А.Подригало, В.П.Волков, В.И.Кирчатый, А.А.Бобошко]; под ред. М.А.Подригало. – Х.:ХНАДУ, 2003. – 403с.
9. Стабильность эксплуатационных свойств колесных машин / [М.А.Подригало, В.П.Волков, В.А.Карпенко, Е.М.Гецович, А.А.Бобошко, В.М.Ефимчук, А.Н.Матырин]; под ред. М.А.Подригало. – Х.:ХНАДУ, 2003. – 403с.
10. Мазин А.С. Оценка энергетической нагруженности автомобилей / А.С. Мазин, Р.О.Кайдалов, М.А.Подригало// Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. - Х.:НАНГУ, 2017. – Випуск 2 (30). – с.28-36.

References

1. Dolzhanskiy I. Competitiveness of firms: [navch. posibnik] / I. Dolzhansky, T. Zagorodna. - К.: Center for Naval Literature, 2006. -- 384 p.
2. Bezborodova GB Modeling the movement of the car / GB. Bezborodova, V.G. Galushko. - К.: Vishcha school, 1978. -- 168 p.
3. Lurie M.I. On the choice of rational power of a passenger car depending on the operating conditions / M.I. Lurie, Yu.G. Tauber // Automotive Industry. - 1975. - No. 3. - p. 9 - 11.
- 4 Arseev L.A. Digital printing device for assessing the dynamic qualities of a car / L.A. Arseev, L.P. Egorychev // Automotive industry - 1979. –№6. - from. 22 - 23.
- 5 Podrigalo M.A. Vehicle handling and stability. Definition of concepts / M.A. Podrigalo // Automotive industry. - 2008. - No. 11. - p. 22 - 23.
6. M.A. Traction balance or vehicle imbalance / M.A. Podrigalo // Automotive industry. - 2010. - No. 5. - p. 23 - 26.
7. Yarechenko N.V. Dovgostrokove forecasting the speed of ruin on motor roads: author. dis. on the science. steps of cand. tech. Sciences: spec. 05.22.11 - Automobile roads and aerodromes / N.V. Yarechenko. - H., 1999. -- 16 p.
8. Maneuverability and braking properties of wheeled vehicles / [MA Podrigalo, VP Volkov, VI Kirchaty, AA Boboshko]; ed. M.A. Podrigalo. - H.: KHNADU, 2003.-403p
9. Stability of the operational properties of wheeled machines / [M.A.Podrigalo, V.P. Volkov, V.A.Karpenko, E.M. Getsovich, A.A. Boboshko, V.M. Efimchuk, A.N. Matyryn]; ed. M.A. Podrigalo. - H.: KHNADU, 2003.-403p.
10. Mazin A.S. Assessment of the energy loading of cars / A.S. Mazin, R.O. Kaidalov, M.A. Podrigalo // Collection of Science Works of the National Academy of the National Guard of Ukraine. - H.: NANGU, 2017. - Issue 2 (30). - pp. 28-36.