

УДК 629.113  
UDC 629.113

## ПЕРЕВІРКА АДЕКВАТНОСТІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЯГОВО-ШВИДКІСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ АВТОМОБІЛЯ

Сахно В.П., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна  
Корпач О.А., Національний транспортний університет, Київ, Україна

## CHECKING THE ADEQUACY OF THE MATHEMATICAL MODEL THAT DETERMINES TRACTION-SPEED CHARACTERISTICS AND FUEL EFFICIENCY OF AUTOMOBILES

Sakhno V.P., Ph.D., National Transport university, Kyiv, Ukraine  
Korpatch O.A., National Transport university, Kyiv, Ukraine

## ПРОВЕРКА АДЕКВАТНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯГОВО-СКОРОСТНЫХ СВОЙСТВ И ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ

Сахно В.П., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев,  
Украина  
Корпач О.А., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Вступ. Сучасна автомобільна промисловість характеризується високою конкуренцією, тому кожний виробник зацікавлений у можливості охопити якомога ширше коло потенційних споживачів, а отже і отримати більший прибуток. З цією метою у модельних рядах ведучих автомобілебудівних компаній присутні автомобілі з широкою гамою двигунів, які характеризуються різними експлуатаційними характеристиками (потужністю, витратою палива, токсичністю, надійністю, ремонтпридатністю і т.д.). Так, різниця в потужності двигунів, що встановлюються на одну й ту ж саму модель автомобіля, може сягати двох і більше разів. Потужність двигунів автомобілів в умовах експлуатації також може змінюватися в результаті переведення їх на живлення альтернативними паливами або переобладнанням шляхом заміни силової установки, наприклад, бензинового двигуна на дизель.

При цьому конструктори, використовуючи двигуни різної потужності, не завжди вносять корективи у трансмісію автомобіля, в результаті чого його експлуатаційні властивості можуть бути не оптимальними.

Постановка проблеми. В дослідженнях [1-4] встановлено, що використання двигунів різної потужності та однакової трансмісії призводить до значної зміни показників тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності автомобілів.

Метою досліджень була перевірка адекватності розробленої математичної моделі і вихідних положень, покладених в основу розрахунку параметрів тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності автомобілів з двигунами різної потужності, в зв'язку з використанням певних допущень про характер протікання швидкісної зовнішньої характеристики двигуна, величину питомої витрати палива в режимах часткових навантажень, величину коефіцієнта опору кочення та ін. шляхом дорожніх випробувань автомобіля.

Об'єктом експериментальних досліджень був автомобіль ГАЗ 31105 «Волга» з бензиновим двигуном Chrysler 2.4-DOHC (рис. 1).

Основна частина. Для досягнення мети була складена програма експериментальних досліджень, яка включала:

1. Визначення показників та характеристик тягово-швидкісних властивостей автомобіля ГАЗ 31105 «Волга» з двигуном Chrysler 2.4-DOHC відповідно до ГОСТ 22576-90[5] – часу і шляху розгону до заданої швидкості (100 км/год).
2. Визначення витрати палива автомобілем при виконанні послідовних фаз руху згідно з операційними картами міського їздового циклу на дорозі відповідно до ГОСТ 20306-90[6] автомобілем ГАЗ 31105 «Волга» з двигуном Chrysler 2.4-DOHC.
3. Визначення часу виконання міського їздового циклу на дорозі.



Рисунок 1 – Автомобіль ГАЗ 31105 «Волга» під час дорожніх випробувань

Згідно з ГОСТ 22576-90 та ГОСТ 20306-90 для автомобілів повною масою до 3,5 т можливе проведення експериментальних досліджень при навантаженні половиною повної маси вантажу, але не менше 180 кг.

Автомобіль зважувався на стаціонарних автомобільних вагах середнього класу точності УЦК 1-50/100-10-10-2 згідно ГОСТ 9483-73 з найбільшою межею вимірювань в 30 т та ціною поділки 10 кг. Маса автомобіля разом з водієм та одним пасажиром складала 1730 кг.

Безпосередньо перед заїздами по визначенню параметрів тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності перевірялась відсутність підвищеного опору руху автомобіля. Для цього був проведений замір шляху вибігу автомобіля зі швидкості 50 км/год у двох протилежних напрямках руху. Експериментальні дані порівнювалися з даними за технічними умовами. Відповідно до технічних умов шлях вибігу повинний бути не меншим 500 м.

Провівши 4 заїзди і визначивши середнє арифметичне, було встановлено, що вибіг автомобіля зі швидкості 50 км/год складає 614,2 м, що відповідає технічним умовам на автомобіль.

У відповідності з ГОСТ 22576-90 та ГОСТ 20306-90 заміри проводилися на прямолінійній, горизонтальній ділянці дороги «с. Трипілля – с. Долина» з асфальтобетонним гладким, сухим і чистим покриттям з шириною проїжджої частини 6 м (рис. 2). Поздовжній ухил складав не більше ніж 0,2 % на ділянках не більше 50 м. Довжина ділянки для вимірювань складала більше ніж 4,4 км.



Рисунок 2 – Схема дороги для дорожніх випробувань

Згідно з ГОСТ 20306-90 за операційними картами на дорозі для виконання випробувань були розмічені 20-метровою рулеткою ділянки 200, 215, 400, 600, 636, 800, 830, 1100, 1160, 1400, 1445, 1700, 1780, 2200, 2296, 3000, 3110, 3862, 4000 м.

Для визначення показників тягово-швидкісних властивостей автомобілів було використано вимірювально-реєструючий прилад з функцією відеозапису teXet DVR-3GP виробництва ЗАО «Электронные системы «Алкотел» (Росія), за допомогою якого вимірювались: поточні координати, швидкість, шлях і час руху та інше.

Даний пристрій складається з вимірювально-записуючої частини та знімного GPS-приймача (рис. 3.).



а)

б)

Рисунок 3 – Складові частини вимірювально-реєструючого приладу teXet DVR-3GP: а) вимірювально-записуюча частина; б) знімний GPS-приймач

Вимірювально-записуюча частина (рис 4.6. а) базується на основі електронно-обчислювальної апаратури з мікропроцесором Ambarella A2S60, внутрішньою пам'яттю для зберігання зібраної інформації, вбудованим 3-х осьовим датчиком прискорення (G-sensor), що синхронізує дані з GPS та відеореєструючої апаратури, необхідної для запису потокового відео.

Друга частина – знімний 30 каналний GPS приймач SiRF Star III (рис 4.6. б), з технологією TTFX (Time to First Fix), яка забезпечує більш точне і надійне позиціонування при слабкому сигналі супутників. Даний GPS приймач характеризується високою точністю і чутливістю, адже маючи 30 незалежних каналів дозволяє обробляти одночасно сигнали всіх видимих GPS- та WAAS- супутників одночасно.

Робота приладу базується на визначенні координат положення автомобіля у реальному часі шляхом прийому сигналу від супутників GPS. У подальшому дані оброблюються мікропроцесором приладу і визначаються швидкість руху та пройдений шлях. Прилад також реєструє час від початку до кінця руху автомобіля, причому для підвищення точності синхронізує його з даними супутників.

Всі визначені параметри записуються у пам'ять приладу і далі можуть використовуватися для обробки та аналізу.

Під час проведення дорожніх випробувань проводилося тарування приладу teXet DVR-3GP шляхом порівняння величини відстані між розміченими ділянками на дорозі та данини вимірювань приладу. Встановлено, що прилад дозволяє проводити вимірювання з високою точністю, адже похибка не перевищувала 2 м на 200 м шляху, що складає 1%.

Для визначення показників паливної економічності використовувався контрольно-діагностичний прилад Multitronics TC 50UPL (рис. 4.) з можливостями маршрутного комп'ютера, який дозволяв вимірювати миттєву і сумарну за поїздки витрату палива та контролювати загальний стан автомобільного двигуна, шляхом визначення температури охолоджуючої рідини, оливи, частоти обертання колінчастого валу, положення дросельної заслінки, напруги бортової мережі та ін.

Даний прилад підключається до універсального діагностичного роз'єму автомобіля типу OBD-II і дозволяє зчитувати дані з електронного блоку керування (ЕБУ).

При визначенні сумарної витрати палива за поїздку даний прилад зчитує інформацію про час відкриття форсунок системи живлення двигуна з ЕБУ та, враховуючи запрограмоване значення витрати палива за певний проміжок часу (1 мс), визначає кількість палива, що було впрорнуто за один робочий цикл. Далі прилад сумує циклові витрати палива і визначає сумарну витрату палива автомобілем за поїздку.



Рисунок 4 – Контрольно-діагностичний прилад Multitronics TC 50UPL

З метою досягнення підвищеної точності вимірювань контрольно-діагностичний прилад Multitronics TC 50UPL має можливість корекції показників витрати палива шляхом введення коефіцієнта поправки. Цей коефіцієнт визначається шляхом порівняння реальної витрати палива та витрати знайденої приладом.

У загальному випадку коефіцієнт поправки:

$$k_{\Pi} = \frac{Q_E \cdot (100 + k_{\Pi 0})}{Q_B} - 100 \quad (1)$$

де  $Q_E$  – еталонне значення витрати палива, л;  
 $Q_B$  – вимірне приладом значення витрати палива, л;  
 $k_{\Pi 0}$  – коефіцієнт поправки, встановлений до моменту виміру;

Для визначення еталонного значення витрати палива необхідно на рівній ділянці дороги залити до горловини паливний бак. Після чого обнулити у приладі значення сумарної витрати палива за поїздку і здійснити пробіг автомобіля з витратою не менше як 25 л палива. Доливши за допомогою мірних колб паливо до горловини бака, визначаємо величину  $Q_C$  витрати палива.

У зв'язку зі зміною температури палива в баці автомобіля в процесі експериментальних досліджень додатково було введено коефіцієнт  $\beta$ , що враховує теплове об'ємне розширення палива. Для бензину марки А-95  $\beta = 0,00124$ . [7]

Остаточне еталонне значення витрати палива, л:

$$Q_E = Q_C \cdot (1 + \beta \cdot (T_1 - T_0)) \quad (2)$$

де  $T_0$  та  $T_1$  – початкова і кінцева температури палива в баці,

Температури  $T_0$  та  $T_1$  палива в баці вимірювалися за допомогою ртутного термометра з ціною поділки 0,1 °С під час першого і другого заливу палива.

Виконавши пробіг автомобілем при витраті 27,8 л палива та вимірявши температури палива в баці, порахований коефіцієнт поправки склав  $k_{\Pi} = 3,2\%$ .

Під час випробувань використовувався автомобільний бензин марки А-95 ДСТУ 4839-2007 ( $l_0 = 14,95$  кг повітря/кг палива) [8].

Оцінки похибок вимірювань під час випробувань здійснювались за методиками [9,10].

Похибки приладів визначалися за прямими вимірюваннями та непрямими одноразовими вимірюваннями.

При прямому вимірюванні похибки визначались наступним чином. При  $n$  вимірах визначалось середнє арифметичне  $A$  та середньоквадратична абсолютна похибка

$$\sigma_A = \pm \sqrt{\frac{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \dots + \varepsilon_n^2}{n(n-1)}}, \quad (3)$$

де  $\varepsilon_i = A - a_i$  - відхилення результату окремого вимірювання від середнього арифметичного.

За середньоквадратичною абсолютною похибкою визначалась гранична абсолютна похибка, перевищення якої малоїмовірно  $\sigma_{\max} \approx 3\sigma_A$ , найімовірніші абсолютна  $\rho_A \approx \frac{2}{3}\sigma_A$  та відносна

$\delta = \pm \frac{\rho}{A}$  похибки.

При однократному замірі використовувалась гранична абсолютна похибка, в якості якої приймалась найменша ціна поділки приладу.

З метою отримання достовірних даних було проведено 12 заїздів (по 6 в прямому і зворотному напрямі). Результати вимірювань наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати експериментальних досліджень при виконанні автомобілем міського їздового циклу на дорозі

| № Заїзду                           | Час заїзду, с | Шлях заїзду, м | Витрата палива, мл |
|------------------------------------|---------------|----------------|--------------------|
| 1                                  | 543,75        | 4004           | 490                |
| 2                                  | 530,25        | 4016           | 470                |
| 3                                  | 543,00        | 4005           | 480                |
| 4                                  | 535,34        | 4011           | 460                |
| 5                                  | 542,53        | 4008           | 490                |
| 6                                  | 540,15        | 4014           | 450                |
| 7                                  | 538,97        | 4001           | 490                |
| 8                                  | 538,03        | 4012           | 450                |
| 9                                  | 538,38        | 4006           | 480                |
| 10                                 | 527,96        | 4012           | 440                |
| 11                                 | 531,03        | 4012           | 480                |
| 12                                 | 530,40        | 4001           | 470                |
| Середнє значення                   | 536,6492      | 4008,5         | 470,8333           |
| Результати за математичною моделлю | 532,064       | 4000           | 450,042            |
| Похибка, %                         | 0,86          | 0,21           | 4,62               |

Порівнявши результати дорожніх випробувань та отриманих за допомогою математичної моделі, встановлено, що похибка при визначенні сумарного часу виконання циклу складала 0,86%, а похибка вимірювання витрати палива 4,62%, що свідчить про адекватність розробленої математичної моделі.

На рис. 5 наведено порівняння результатів, отриманих експериментально та за допомогою математичної моделі.

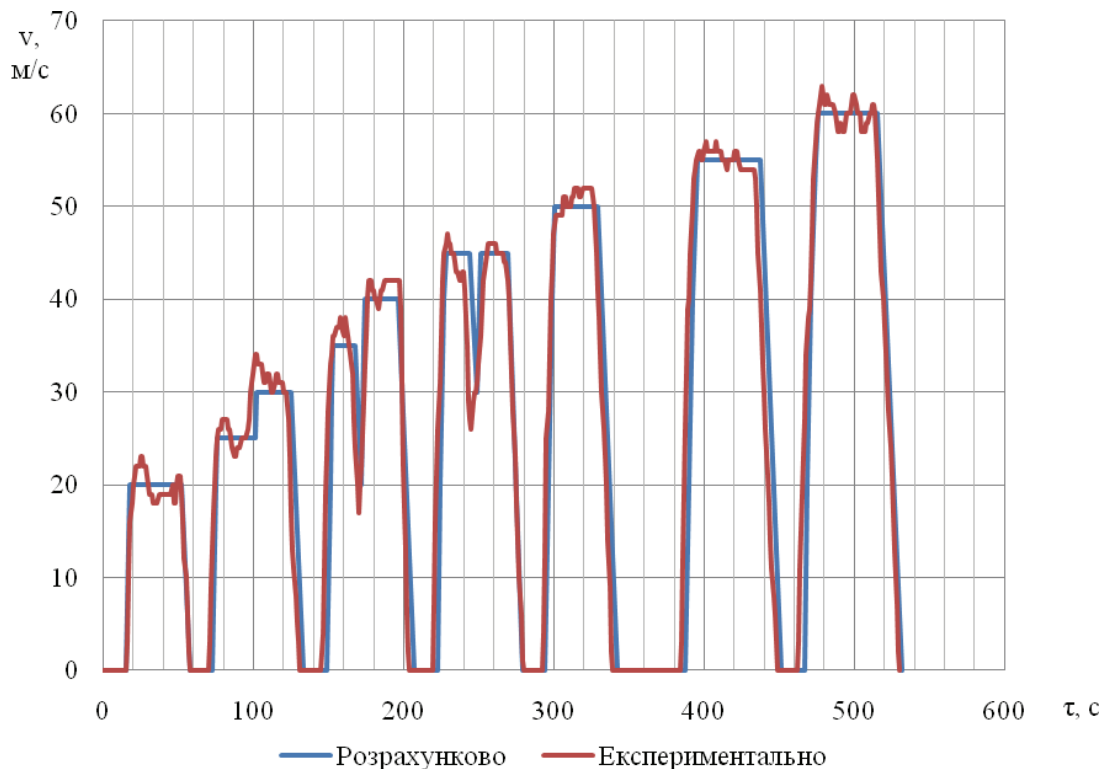


Рисунок 5 – Порівняння результатів експериментальних та розрахункових досліджень

Оцінка тягово-швидкісних властивостей автомобіля здійснювалася за шляхом розгону його з місця до 100 км/год. Результати наведено в табл. 2

Таблиця 2 – Результати експериментального дослідження розгону автомобіля з місця до швидкості 100 км/год

| № заїзду                                    | Час розгону, с |
|---|----------------|
| 1   | 14,08          |
| 2   | 13,46          |
| 3   | 13,58          |
| Середнє значення                            | 13,71          |
| Результати за математичною моделлю          | 12,92          |
| Величина згідно з технічною характеристикою | 12,8           |

Результати експериментальних досліджень показують на високу схожимість з результатами розрахунків на математичні моделі та технічної характеристики автомобіля, похибка складає приблизно 7%.

Висновки. У результаті проведених експериментальних досліджень було підтверджено адекватність математичної моделі для визначенні показників тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності. Встановлено, що похибка при визначенні сумарного часу виконання міського їздового циклу на дорозі у порівнянні з результатами розрахунків на математичній моделі складала 0,86 %, а похибка вимірювання витрати палива – 4,62 %, а похибка визначення часу розгону автомобіля до швидкості 100 км/год приблизно 7 %.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сахно В.П. Математична модель для визначення тягово-швидкісних властивостей автомобіля при використанні двигунів різної потужності / В.П. Сахно, О.А. Корпач // Управління проектами, системний аналіз і логістика: Науковий журнал. – К.:НТУ, 2012. –Вип. 9. – С.165-171
2. Сахно В.П. Математична модель для визначення показників паливної економічності автомобіля з двигунами різної потужності при виконанні міського їздового циклу / Сахно В.П., Корпач О.А. // Вісник Національного транспортного університету: – К.: НТУ, 2012. –Випуск 25. – С. 193–196.
3. Сахно В.П. Оцінка тягово-швидкісних властивостей, паливної економічності та токсичності автомобіля при використанні двигунів різної потужності. / В.П. Сахно, О.А. Корпач // Вісник Національного транспортного університету В 2-х частинах:Ч. 1. – К.: НТУ, 2013. –Випуск 26. – С. 195–199.
4. Сахно В.П. Уточнена математична модель для визначення показників паливної економічності автомобіля з двигунами різної потужності при виконанні міського їздового циклу. / В.П. Сахно, О.А. Корпач // Вісник СевНТУ: зб. Наук. пр. Вип. 142/2013. Серія:Машиноприладобудування та транспорт. – Севастополь, 2013. С. 48-51
5. Автотранспортные средства. Скоростные свойства. Методы испытаний: ГОСТ 22576 – 90. – [введен с 01.01.1992]. – М.: Изд-во стандартов, – 1991. – 13 с.
6. Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний: ГОСТ 20306 – 90. – [введен с 01.01.1992]. – М.: Изд-во стандартов, – 1991. – 34 с.
7. Бензини автомобільні підвищеної якості. Технічні умови: ДСТУ 4839:2007 . – [Чинний від 2007-03-10]. – К. : Держспоживстандарт України 2007. – 14 с. – (Національний стандарт України).
8. Кухлинг Х. Справочник по физике: Пер. с нем. 2-е изд. / Х. Кухлинг – М.: Мир, 1985. – 250 с., ил.
9. Хофман Д. Техника измерений и обеспечения качества: Справочная книга. / Д. Хофман. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 432 С.
10. Румшинский Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. / Л.З Румшинский. – М.: Наука, 1971. – 192 С.

## REFERENCES

1. Sakhno V.P., Korpach O.A. The mathematical model for determination of traction-speed properties of automobile at the use of engines of different power. Upravlinnja proektamy, systemnyj analiz i logistyka: Naukovyj zhurnal. Kyiv:NTU. 2012. No 9. P. 165-171. (Ukr)
2. Sakhno V.P. , Korpach O.A. Mathematical model for determination of fuel economy of cars with engines of different capacities in the performance of urban driving cycle. Visnyk Nacionalnogo transportnogo universytetu. Kyiv:NTU. 2012. No 25. P. 193-196. (Ukr)
3. Sahnno V.P., Korpach O.A. Rating traction-speed characteristics, fuel efficiency and car emission using engines of different capacities. Visnyk Nacionalnogo transportnogo universytetu V 2-h chastynah:Ch. 1. Kyiv: NTU. 2013. No 26. P. 195-199. (Ukr)
4. Sahnno V.P. , Korpach O.A. Refined mathematical model to determine the fuel economy of cars with engines of various capacities in the performance of the urban driving cycle. Visnyk SevNTU: zb. Nauk. pr. Vyp. 142/2013. Serija: Mashynopryladobuduvannja ta transport. Sevastopol. 2013. No. 142. P. 48-51. (Ukr)
5. GOST 22576-90. Vehicles. Speed properties. Test methods. 01.01.92 entered. Moskva: Izdatelstvo standartov. 1991 P. 13. (Rus)
6. GOST 20306-90. Vehicles. Fuel efficiency. Test methods. Moskva: Izdatelstvo standartov. 1991 P. 31. (Rus).
7. DSTU 4839:2007. Petrol high quality. Specifications. Kyiv: Derzhpozhyvstandart Ukrainy Publ., 2007. 14 p. (Ukr)
8. Kuhling H. Handbook of physics: Trans. with Nam. 2nd ed. Moskva: Mir. 1985 P. 250. (Rus)
9. Hofman D. Measuring and Quality Assurance: Handbook. Moskva: Energoatomizdat. 1983. P. 432. (Rus).

10. Rumshinskij L.Z. Mathematical processing of the experimental results. Moskva: Nauka. 1971. P 192. (Rus).

#### РЕФЕРАТ

Сахно В.П. Перевірка адекватності математичної моделі для визначення тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності автомобіля. / В.П. Сахно, О.А. Корпач // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2013. – Вип. 28.

В статті розглянуто методику проведення експериментальних досліджень тягово-швидкісних властивостей та паливної економічності автомобіля.

Об'єкт дослідження автомобіль ГАЗ 31105 «Волга» з бензиновим двигуном Chrysler 2.4-DOHC.

Мета роботи – перевірка адекватності розробленої математичної моделі і вихідних положень, покладених в основу розрахунку параметрів тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності автомобілів з двигунами різної потужності.

Метод дослідження – дорожні випробування.

В результаті проведених експериментальних досліджень було підтверджено адекватність математичної моделі при визначенні показників тягово-швидкісних властивостей і паливної економічності. Встановлено, що похибка при визначенні сумарного часу виконання автомобілем міського їздового циклу на дорозі згідно ГОСТ 20306-90 у порівнянні з результатами розрахунків на математичній моделі складала 0,86%, похибка вимірювання витрати палива – 4,62%, а похибка визначення часу розгону автомобіля до швидкості 100 км/год приблизно 7%.

Результати висвітлені у статті можуть бути використані при оптимізації трансмісії автомобіля.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** АВТОМОБІЛЬ, ДОРОЖНІ ВИПРОБУВАННЯ, ТЯГОВО-ШВИДКІСНІ ВЛАСТИВОСТІ, ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ, МІСЬКИЙ ЇЗДОВИЙ ЦИКЛ

#### ABSTRACT

Sakhno V.P., Korpach O.A. Checking the adequacy of the mathematical model that determines traction-speed characteristics and fuel efficiency of automobiles. Visnyk National Transport University. – Kyiv. National Transport University. 2013. – Vol. 28.

The article proposes method of experimental studies traction-speed characteristics and fuel efficiency of the vehicle.

Object of the study – GAZ 31105 "Volga" with a gasoline engine Chrysler 2.4-DOHC.

Purpose of the study – to test the adequacy of the developed mathematical model and the assumptions underlying the calculation of parameters of traction and speed characteristics and fuel efficiency of automobiles with engines of different capacities.

Method of the study – road test.

As a result of experimental research confirmed the adequacy of the mathematical model that determines the traction-speed characteristics and fuel efficiency. It was found that the error in determining the total execution time of a car city driving cycle on the road according to GOST 20306-90 by comparing the results of calculations on a mathematical model was 0.86%, the error of measurement of fuel consumption 4.62 % and the error of time acceleration to 100 km/h is about 7%.

The results can be used to optimize the automobile transmission.

**KEYWORDS:** AUTOMOBILE, ROAD TEST, TRACTION-SPEED CHARACTERISTICS, FUEL EFFICIENCY, CITY DRIVING CYCLE

#### РЕФЕРАТ

Сахно В.П. Проверка адекватности математической модели для определения тягово-скоростных свойств и топливной экономичности. / В.П. Сахно, А.А. Корпач // Вестник Национального транспортного университета. – К. : НТУ, 2013. – Вып. 28.

В статье рассмотрена методика проведения экспериментальных исследований тягово-скоростных свойств и топливной экономичности автомобиля.



Объект исследования – автомобиль ГАЗ 31105 «Волга» с бензиновым двигателем Chrysler 2.4-DONC.

Цель работы – проверка адекватности разработанной математической модели и исходных положений, заложенных в основу расчета параметров тягово-скоростных свойств и топливной экономичности автомобилей с двигателями различной мощности.

Метод исследования – дорожные испытания.

В результате проведенных экспериментальных исследований было подтверждено адекватность математической модели при определении показателей тягово-скоростных свойств и топливной экономичности. Установлено, что погрешность при определении суммарного времени выполнения автомобилем городского ездового цикла на дороге согласно ГОСТ 20306-90 по сравнению с результатами расчетов на математической модели составляла 0,86 %, погрешность измерения расхода топлива – 4,62 %, а погрешность определения времени разгона автомобиля до скорости 100 км / ч примерно 7%.

Результаты статьи могут быть использованы при оптимизации трансмиссии автомобиля .

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** АВТОМОБИЛЬ, ДОРОЖНЫЕ ИСПЫТАНИЯ, ТЯГОВО-СКОРОСТНЫЕ СВОЙСТВА, ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ, ГОРОДСКОЙ ЕЗДОВОЙ ЦИКЛ

**АВТОРИ:**

Сахно Володимир Прохорович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри «Автомобілі», e-mail: sakhno@i.ua, тел. +380676655344, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1. к.301.

Корпач Олексій Анатолійович, Національний транспортний університет, асистент кафедри «Автомобілі», e-mail: mosesoff@bigmir.net, тел. +38093488023, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1. к.306.

**AUTHORS:**

Sakhno Volodymyr P., Ph. D, Engineering (Dr.), professor, National Transport University, head department of automobiles, e-mail: sakhno@i.ua, тел. +38093488023, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of 301.

Korpach Oleksiy A., National Transport University, assistant department of automobiles, e-mail: mosesoff@bigmir.net, тел. +38093488023, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 306.

**АВТОРЫ:**

Сахно Владимир Прохорович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, заведующий кафедрой «Автомобили», e-mail: sakhno@i.ua, тел. +380676655344, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1. к. 301.

Корпач Алексей Анатольевич, Национальный транспортный университет, асистент кафедры «Автомобили», e-mail: mosesoff@bigmir.net, тел. +38093488023 Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1. к. 306.

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

Кравченко О.П., доктор технічних наук, професор, Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля, завідувач кафедри автоніки та управління на транспорті, Луганськ, Україна

Матейчик В.П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, декан автомеханічного факультету, Київ, Україна

**REVIEWER:**

Kravchenko O.P., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, head department of autonics and transport management, Lugansk, Ukraine.

Mateichyk V.P., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, dean of automobile mechanic faculty, Kyiv, Ukraine.