

## ОЦІНКА ТЯГОВО-ШВИДКІСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ, ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТА ТОКСИЧНОСТІ АВТОМОБІЛЯ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ДВИГУНІВ РІЗНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Сахно В.П., доктор технічних наук  
Корпач О.А.

Постановка проблеми. 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 саму модель автомобіля, може сягати двох і більше разів.

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

Мета роботи – оцінка тягово-швидкісних властивостей, паливної економічності і токсичності автомобіля при використанні двигунів різної потужності з однаковою трансмісією.

Основна частина. В останній час широко використовуються математичне моделювання для оцінки експлуатаційних властивостей автомобіля при русі його в різних умовах. Застосування розрахункових методів з використанням сучасної обчислювальної техніки сприяє вирішенню більшості практичних задач щодо аналізу і оцінки тих чи інших конструктивних чи експлуатаційних заходів, направлених на покращення тягово-швидкісних, економічних і екологічних показників транспортних засобів.

В роботах [1, 2, 3, 4] розроблено методику розрахункового визначення тягово-швидкісних властивостей, паливної економічності і газів автомобіля. Для реалізації методики розроблено математичну модель руху автомобіля ГАЗ 31105 «Волга» за міським їздовим циклом при оснащенні різними двигунами.

Автомобіль ГАЗ 31105 «Волга» за період випуску з 2004 по 2011 р. комплектувався як бензиновими двигунами (ЗМЗ 402.10, ЗМЗ 40621.10, ЗМЗ 40525.10, Chrysler 2.4 ДОНС) так і дизелем (ГАЗ-560 Штайер). При цьому трансмісія автомобіля для двигунів виробництва Заволжського моторного заводу (ЗМЗ) залишалася незмінною, хоча різниця в потужності між ними складає 40%. [5,6]

На рис.1 наведено зовнішні швидкісні характеристики двигунів ЗМЗ 402.10, ЗМЗ 40621.10, ЗМЗ 40525.10.

Показники тягово-швидкісних властивостей доцільно оцінювати максимальною швидкістю руху автомобіля, часом і шляхом розгону автомобіля до максимальної швидкості та середньою швидкістю руху автомобіля при заданих дорожніх умовах.

Для цього найбільш раціонально використовувати методику наведену роботі [1], що базується на диференціальному рівнянні руху автомобіля, яке використовується в теорії автомобіля:

$$\frac{dV}{dt} \cdot M_a \cdot \delta_{об} = P_{кол}(V) - P_{оп}(V, V^2) \pm G_a \cdot \sin \alpha, \quad (1)$$

де  $M_a$  – повна маса автомобіля, кг;  $\delta_{об}$  – коефіцієнт, який ураховує обертові маси автомобіля;

$P_{кол}(V)$  – повна колова сила на ведучих колесах автомобіля, Н;

$P_{оп}(V, V^2)$  – сума сил опору руху автомобіля, які залежать від швидкості його руху, Н;

$G_a \cdot \sin \alpha$  – сила опору підйому, Н;

$G_a$  – сила тяжіння від повної маси автомобіля, Н;

$\alpha$  – кут поздовжнього нахилу полотна дороги;

$V$  – швидкість руху автомобіля, м/с;

$dV/dt$  – прискорення автомобіля, м/с<sup>2</sup>.

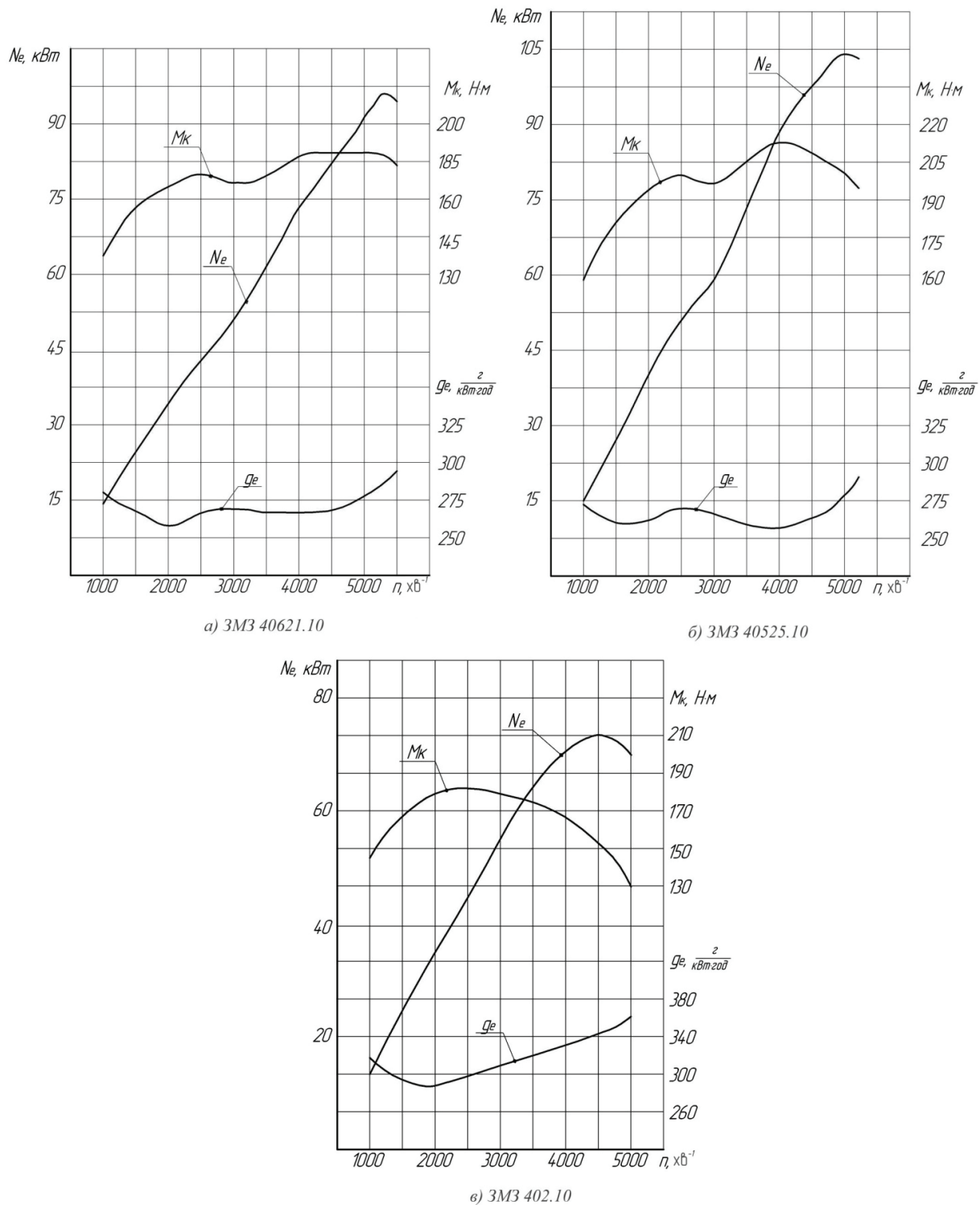


Рисунок 1. – Швидкісні зовнішні характеристики двигунів

Для розрахунку шляху та часу розгону необхідно визначити максимальну швидкість, як за кінематичними параметрами трансмісії, так і за енергетичними можливостями двигуна.

Максимальна швидкість руху автомобіля за енергетичними можливостями визначається за допомогою графо аналітичного методу з побудовою графіку силового балансу.

Так, як характеристики розгону визначають на горизонтальних ділянках дороги ( $\alpha = 0$ ), то після інтегрування диференціального рівняння руху автомобіля з бензиновим двигуном (1) можна визначити показники часу і шляху розгону до максимальної швидкості.

Вихідними даними для розрахунку є швидкісні зовнішні характеристики двигунів (рис.1) та параметри технічної характеристики автомобіля [5,6]

Для визначення середньої швидкості руху автомобіля використана методика, що базується на ймовірнісних методах, яка наведена в роботі [2].

Розв'язок поставленої задачі складається із розгляду таких послідовних питань:

- визначення опору руху та сумарного опору;
- визначення довжини ділянок дороги, які долаються на кожній передачі;
- визначення часу руху на кожній із передач;
- визначення середньої швидкості автомобіля на заданому маршруті.

В якості вихідних даних при розрахунках середньої швидкості руху приймалися параметри автомобіля ГАЗ 31105 «Волга», а саме параметри його двигунів і трансмісії, що складають силовий агрегат, та параметри дороги, опір яких задано нормальним законом розподілу з параметрами:

- дороги з асфальтобетонним покриттям –  $m_{\psi}=0,022$ ;  $\sigma_{\psi}=0,012$ ;
- дороги з перехідними типами покриття –  $m_{\psi}=0,027$ ;  $\sigma_{\psi}=0,015$ ;
- дороги з щебеним, гравійним покриттям –  $m_{\psi}=0,032$ ;  $\sigma_{\psi}=0,018$ ;
- ґрунтової дорogi у задовільному стані –  $m_{\psi}=0,045$ ;  $\sigma_{\psi}=0,022$ ,

де  $m_{\psi}$  та  $\sigma_{\psi}$  – математичне очікування та середнє квадратичне відхилення коефіцієнта опору дороги.

Зважаючи на порівняльний аналіз впливу використання двигунів з різною потужністю, на показники паливної економічності, у якості оціночного показника приймаємо витрату палива у міському їздовому циклі на дорозі [7] з використанням методики розрахунку наведеної в [3].

У відповідності із нормативними документами витрату палива автомобіля в міському циклі на дорозі визначають шляхом дорожніх випробувань автомобіля. Для порівняльної оцінки паливної економічності автомобілів можна провести розрахункове дослідження. Методику як розрахунків, так і випробувань зручно розглянути далі на основі положень за ГОСТ 20306-90.

Міський їздовий цикл на дорозі, як залежність умовної швидкості руху автомобіля від шляху, показаний на рис. 2.

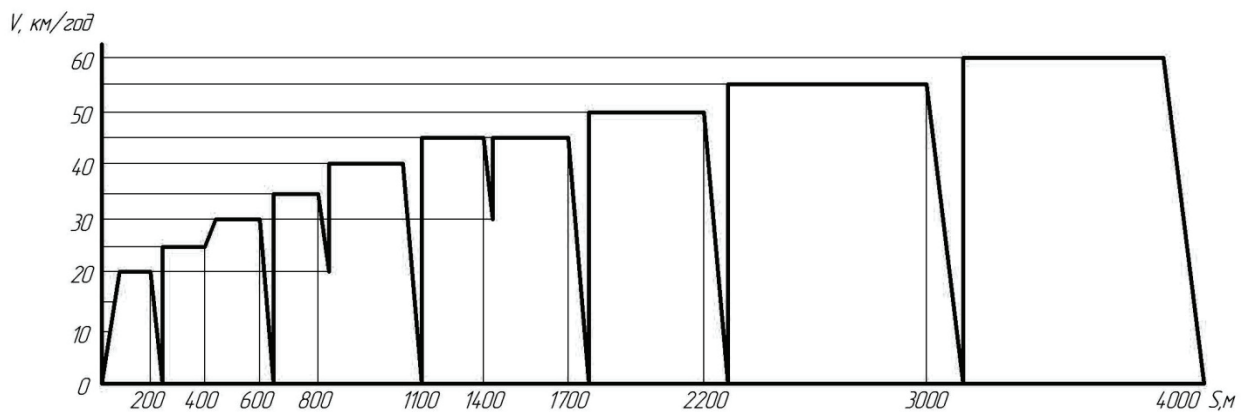


Рисунок 2. – Схема міського їздового циклу для АТЗ повною масою менше 3,5 т [7]

Дорожні ділянки для вимірювань витрати палива в міському циклі мають бути прямолінійними, горизонтальними, із цементно- або асфальтобетонним гладким, сухим і чистим покриттям.

Швидкісні режими руху нормуються операційною картою та графічною схемою усього циклу для кожного типу автомобіля. Характерним є включення до циклу типових фаз руху: розгін; усталена швидкість; сповільнення за допомогою двигуна або гальмівної системи; повна зупинка. Послідовне виконання названих фаз (операцій) встановлено через певні відстані шляху.

Витрата палива автомобілем визначається в неусталеному та усталеному режимах руху, а також за повного і часткового використання потужності двигуна, що відповідає певній фазі руху згідно з операційною картою.

Витрата палива автомобілем визначається у неусталеному та усталеному рухах, а також за повного і часткового використання потужності двигуна.

Витрата палива при неусталеному русі визначається за повного використання потужності двигуна, що відповідає режимам розгону автомобіля.

Витрата палива при усталеному русі автомобіля з постійною швидкістю визначається з рівняння секундної витрати палива та при визначеному часі руху на заданій ділянці.

Витрата палива автомобілем при роботі його двигуна на холостому ході (х.х.) визначається з рівняння годинної витрати палива за умови заданого часу роботи двигуна на х.х.

Остаточна сумарна витрата палива при виконанні автомобілем міського їздового циклу є сума витрат палива на і-х ділянках маршруту:

Таблиця 1. – Результати розрахунку експлуатаційних властивостей автомобіля ГАЗ 31105 «Волга»

Модифікація		ЗМЗ 402.10	ЗМЗ-40621.10	ЗМЗ-40525.10		
Тип двигуна		Бензиновий	Бензиновий	Бензиновий		
Об'єм, см <sup>3</sup>		2445	2285	2464		
Потужність двигуна, к.с./кВт при хв <sup>-1</sup>		100/ 73,5/ 4500	130,6/ 96/5200	140 / 102,9 /4700		
Крутний момент, Н·м при хв <sup>-1</sup>		182,4 / 2400-2600	188/4000	210 / 4200 213,5/4000		
Передаточні числа коробки передач						
Передаточне число	1-а	3,786	3,786	3,786		
	2-а	2,188	2,188	2,188		
	3-я	1,304	1,304	1,304		
	4-а	1,00	1,00	1,00		
	5-а	0,794	0,794	0,794		
	Задній хід	3,28	3,28	3,28		
	Головна передача	3,9	3,9	3,9		
Максимальна швидкість						
Максимальна швидкість за технічною характеристикою, км/год		159	173	185		
Максимальна швидкість розрахункова, км/год		160,682	173,616	185,226		
Час/Шлях розгону						
Передача	τ, с	S, м	τ, с	S, м	τ, с	S, м
1-а	4,272	18,192	4,647	23,361	3,726	16,812
2-а	3,638	48,313	4,041	61,65	3,154	43,335
3-я	10,139	229,628	11,492	299,281	8,569	20,586
4-а	13,453	438,489	15,954	600,018	10,246	346,602
5-а	32,888	1359,356	27,06	1233,364	40,212	1850,761
Розгін до 29 м/с	19,368	333,681	16,956	285,318	15,272	255,586
Σ	64,392	2093,978	63,194	2217,674	65,908	2458,096
Середня швидкість руху автомобіля при заданому значенні математичного очікування та середньо квадратичному відхиленні коефіцієнта опору дороги м/с						
$m_{\psi}=0,022; \sigma_{\psi}=0,012$		34,566	44,461	44,426		
$m_{\psi}=0,027; \sigma_{\psi}=0,015$		34,466	44,059	44,416		
$m_{\psi}=0,032; \sigma_{\psi}=0,018$		34,138	43,346	44,321		
$m_{\psi}=0,045; \sigma_{\psi}=0,022$		32,823	41,438	43,486		
Загальний час на виконання автомобілем міського їздового циклу, с						
		568,207	567,747	564,938		
Витрата палива при виконанні автомобілем міського їздового циклу						
Q, кг		0,805	0,692	0,803		
Q, л		1,073	0,923	1,07		
Кількість шкідливих речовин у відпрацьованих газах при виконанні автомобілем міського їздового циклу (без каталітичного нейтралізатора)						
CO, г		19,972	17,199	19,899		
CH, г		11,502	9,905	11,46		
NO <sub>x</sub> , г		64,084	55,247	63,751		
Сумарна токсичність приведена до CO, г		2690,173	2319,16	2676,297		

Токсичність відпрацьованих газів автомобілів з двигунами різної потужності також доцільно визначати на основі виконання автомобілем міського їздового циклу (рис. 2), а оцінювати масою забруднюючих речовин, викинутих у навколишнє середовище, згідно з методикою наведеною в [4].

Масу забруднюючих речовин визначають через концентрації шкідливих речовин в ВГ двигуна автомобіля з використанням витрати повітря і палива на певній ділянці маршруту.

Концентрації шкідливих речовин отримують експериментально при стендових випробуваннях. За відсутності даних випробувань з певною достовірністю можна використовувати відомості щодо концентрацій отриманих з ідеальних характеристик двигуна.

Знаючи масові викиди шкідливих речовин на окремих ділянках циклу, обчислюють сумарні викиди за цикл.

Для порівняння результатів розрахунків масові викиди окремих шкідливих речовин (оксиду вуглецю (CO), вуглеводнів (CH), оксидів азоту (NO<sub>x</sub>)) приводять до єдиного оціночного показника – сумарної токсичності, приведеної до CO, з урахуванням коефіцієнта відносної агресивності кожного компоненту ВГ.

З використанням наведеної методики, були виконані розрахунки тягово-швидкісних властивостей, паливної економічності та токсичності автомобіля ГАЗ 31105 «Волга» з двигунами різної потужності виробництва ЗМЗ та однаковою трансмісією на математичній моделі з використанням програмного середовища Mathcad 15.0, а результати розрахунків приведені в табл. 1.

В результаті проведених розрахунків на математичній моделі, встановлено, що використання двигунів різної потужності з однаковою трансмісією призводить до суттєвої зміни його експлуатаційних властивостей. Так збільшення потужності двигуна на 40% (ЗМЗ 402.10 та ЗМЗ-40525.10) приводить до збільшення максимальної швидкості на 15,27 % (з 160,682 км/год до 185,226 км/год). Час розгону до максимальної швидкості змінюється незначно, а шлях розгону збільшується на 17,4 % (ЗМЗ 402.10 та ЗМЗ-40525.10), що пояснюється і збільшенням максимальної швидкості руху автомобіля. При цьому час і шлях розгону до певної фіксованої швидкості (29 м/с) знижується зі збільшенням потужності двигуна. При збільшенні потужності на 30,6% час і шлях розгону до швидкості 29 м/с знижується на 12,5% та 14,5% відповідно, а при збільшенні потужності на 40% – на 22,2% та 23,4%. Середня швидкість руху автомобіля збільшується при використанні двигунів більшої потужності при русі автомобіля, як по дорогах з асфальтобетонним покриттям так і ґрунтових дорогах.

При русі автомобіля в міському їздовому циклі на дорозі зміна потужності практично не впливає на час виконання циклу. Витрата палива і сумарна токсичність відпрацьованих газів при збільшенні потужності на 7,2% у випадку двигунів ЗМЗ-40621.10 (96 кВт) та ЗМЗ-40525.10 (102,9 кВт) з системами розподіленого впорскування палива зростає на 15,9% та 15,3% відповідно. Збільшення витрати палива і сумарної токсичності відпрацьованих газів на 16,3% та 15,9% при встановленні двигуна ЗМЗ-402.10 (73,5 кВт) у порівнянні з двигуном ЗМЗ-40621.10 (96 кВт) пояснюється використанням карбюраторної системи живлення.

Висновки. Встановлено, що використання двигунів з різною потужністю та однаковою трансмісією, на прикладі автомобіля ГАЗ 31105 «Волга», суттєво впливає на експлуатаційні властивості автомобіля і потребує в умовах експлуатації подальшої оптимізації параметрів «двигун-трансмісія».

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сахно В.П. Математична модель для визначення тягово-швидкісних властивостей автомобіля при використанні двигунів різної потужності. / Сахно В.П., Корпач О.А. //Управління проектами, системний аналіз і логістика. – К.: НТУ – 2011. – Вип. 9. – С.165-171
2. Сахно В.П. До визначення середньої швидкості руху автомобіля при зміні потужності двигуна в широких межах./ Сахно В.П., Шарай С.М., Корпач О.А. // Вісник СевНТУ: зб. Наук. пр. Вип. 134/2012. Серія:Машиноприладобудування та транспорт. – Севастополь, 2012. С. 48-51
3. 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.
4. Сахно В.П. Математична модель для визначення токсичності автомобіля з двигунами різної потужності при виконанні міського їздового циклу./ Сахно В.П., Корпач О.А. //Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». Луцьк, 2012. Випуск №37 –С. 294–299.
5. Кальмансон Л.Д. Автомобили ГАЗ 31105. Руководство по ремонту, эксплуатации и обслуживанию./ Кальмансон Л.Д. и др. – М.: РусьАвтокнига, 2005. – 255 с.
6. Владимиров А.А. Газ 31150-501/590 «Волга». Руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту./ Владимиров А.А., Погребной С.Н. – М.: Издательский Дом Третий Рим, 2008. – 352 с.:ил.

7. ГОСТ 20306-90 Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний.-М.:Издательство стандартов,1991. – 31 с.

#### РЕФЕРАТ

Сахно В.П., Корпач О.А. Оцінка тягово-швидкісних властивостей, паливної економічності та токсичності автомобілі при використанні двигунів різної потужності./ Володимир Прохорович Сахно, Олексій Анатолійович Корпач // Вісник НТУ. – К.: НТУ. – 2012. – Вип. 26.

У статті проведена оцінка зміни тягово-швидкісних властивостей, паливної економічності та токсичності автомобіля з двигунами різної потужності та однаковою трансмісією на прикладі автомобіля ГАЗ 31105 «Волга» з двигунами Заволзького автомобільного заводу (ЗМЗ).

Об'єкт дослідження – автомобіль з двигунами різної потужності

Мета досліджень – оцінка тягово-швидкісних властивостей, паливної економічності і токсичності автомобіля при використанні двигунів різної потужності з однаковою трансмісією.

Метод досліджень – експериментально-розрахункові з використанням математичної моделі.

Встановлено, що зміна потужності двигуна при використанні однакової трансмісії призводить до зміни експлуатаційних властивостей автомобіля. Так збільшення потужності двигуна на 40% призводить до збільшення максимальної швидкості на 15,27 %. При цьому час розгону до максимальної швидкості змінюється незначно, а шлях розгону збільшується на 17,4 %, що пояснюється і збільшенням максимальної швидкості руху автомобіля. Середня швидкість руху автомобіля збільшується при використанні двигунів більшої потужності при русі автомобіля, як по дорогах з асфальтобетонним покриттям так і ґрунтових дорогах.

При русі автомобіля в міському їздовому циклі на дорозі зміна потужності практично не впливає на час виконання циклу. Витрата палива і сумарна токсичність відпрацьованих газів при збільшенні потужності на 7,2% у випадку двигунів з системами розподіленого впорскування палива зростає на 15,9% та 15,3% відповідно.

Результати статті можуть бути використані при оптимізації трансмісії автомобіля.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** АТОМОБІЛЬ, ДВИГУН, ТРАНСМІСІЯ, ПОТУЖНІСТЬ, ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ, ТОКСИЧНІСТЬ

#### ABSTRACT

Sakhno V.P, Korpach O.A. Rating pull-speed characteristics, fuel efficiency and car emission using engines of different capacities. / Volodymyr Prokhorovych Sakhno, Oleksiy Anatoliyovich Korpach // Visnyk NTU. – K.: NTU. – 2012. – Vol. 26.

The paper evaluated changes Pull-speed characteristics, fuel efficiency and emission vehicle with engines of different capacities and the same transmission as an example 31105 GAZ "Volga" with engines Zawolzhsky Motorny Zawodt (ZMZ).

Object of study – a car with engines of different capacities

Purpose of research – evaluation pull-speed characteristics, fuel economy and emission vehicle engines using various capacities with the same transmission.

Method of study – experimental and calculated using a mathematical model.

Found that changing the engine when using the same transmission changes the operational properties of the vehicle. This increase in engine power by 40% leads to an increase in the maximum rate at 15.27%. At the same time, acceleration to maximum speed varies slightly, but the way acceleration increases by 17.4%, which explains the increase in maximum vehicle speed. The average vehicle speed increases when using engines more power while driving is on roads with asphalt pavement and dirt roads.

When driving in urban driving cycle on the road change of power has virtually no effect on the execution cycle. Fuel consumption and the total toxicity of exhaust gases while increasing capacity by 7.2% in the case of engines with fuel injection systems distributed increased by 15.9% and 15.3% respectively.

The results of the article can be used to optimize transmission car.

**KEY WORDS:** AUTOMOBILE, ENGINE, TRANSMISSION, POWER, FUEL EFFICIENCY, TOXICITY

#### РЕФЕРАТ

Сахно В.П., Корпач О.А. Оценка тягово-скоростных свойств, топливной экономичности и токсичности автомобили при использовании двигателей различной мощности. / Владимир Прохорович Сахно, Алексей Анатольевич Корпач // Вестник НТУ. – К.: НТУ. – 2012. – Вип. 26.

В статье проведена оценка изменения тягово-скоростных свойств, топливной экономичности и токсичности автомобиля с двигателями различной мощности и одинаковой трансмиссией на примере автомобиля ГАЗ 31105 «Волга» с двигателями Заволжского автомобильного завода (ЗМЗ).

Объект исследования – автомобиль с двигателями разной мощности

Цель исследований – оценка тягово-скоростных свойств, топливной экономичности и токсичности автомобиля при использовании двигателей различной мощности с одинаковой трансмиссией.

Метод исследований – экспериментально-расчетный с использованием математической модели.

Установлено, что изменение мощности двигателя при использовании одинаковой трансмиссии приводит к изменению эксплуатационных свойств автомобиля. Так увеличение мощности двигателя на 40% приводит к увеличению максимальной скорости на 15,27%. При этом время разгона до максимальной скорости изменяется незначительно, а путь разгона увеличивается на 17,4%, что объясняется и увеличением максимальной скорости движения автомобиля. Средняя скорость движения автомобиля увеличивается при использовании двигателей большей мощности при движении автомобиля, как по дорогам с асфальтобетонным покрытием, так и грунтовых дорогах.

При движении автомобиля в городском ездовом цикле на дороге изменение мощности практически не влияет на время выполнения цикла. Расход топлива и суммарная токсичность отработавших газов при увеличении мощности на 7,2% в случае двигателей с системами распределенного впрыска топлива возрастает на 15,9% и 15,3% соответственно. Результаты статьи могут быть использованы при оптимизации трансмиссии автомобиля.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** АВТОМОБИЛЬ, ДВИГАТЕЛЬ, ТРАНСМИССИЯ, МОЩНОСТЬ, ТОПЛИВНАЯ ЭКОНОМИЧНОСТЬ, ТОКСИЧНОСТЬ

УДК 629.113

#### ВПЛИВ ПРИСКОРЮВАЛЬНОГО НАСОСА КАРБЮРАТОРА НА ПОКАЗНИКИ АВТОМОБІЛЯ В РЕЖИМАХ ЇЗДОВОГО ЦИКЛУ

Славін В.В.,  
Манько І.В.

Постановка задачі. Згідно статистичним даним [1], автомобільний парк країни складає значна частка автомобілів з карбюраторними двигунами. На теперішній час вони залишаються основним пересувним джерелом забруднення навколишнього середовища викидами монооксиду вуглецю (СО), вуглеводнів ( $C_mH_n$ ), оксидів азоту ( $NO_x$ ). Перш за все, це пов'язано із застарілою конструкцією системи живлення (СЖ), яка не дозволяє досягти сучасного рівня екологічних вимог, а також слід зауважити, що концентрації шкідливих речовин у відпрацьованих газах для цих автомобілів регламентуються нормами, які діяли на час їх виготовлення.

Відомо, що в процесі розгону автомобіля з карбюраторним двигуном спрацьовує прискорювальний насос. Він виконує функцію збагачувального пристрою при різкому відкритті дросельної заслінки, тим самим здійснюючи відчутний вплив на експлуатаційні якості автомобіля.

Згідно [2], під час розгону автомобіля з карбюраторним двигуном витрата палива в 1,35...1,45 разів більше, ніж при рівномірному русі на цій же ділянці. На режими розгону припадає 45...51% загальної кількості споживаного палива.

В час пік частка режимів розгону додатково збільшується на 10...20%. Протяжність ділянок розгону і уповільнення, істотним чином впливають на середню технічну швидкість руху, складають 70...80% від загального шляху, пройденого автомобілем.

Подача додаткового палива викликана порушенням умов сумішоутворення у впускній системі в період відкриття дроселя, в результаті чого до циліндрів у перші секунди після початку різкого розгону надходить тільки частина поданого карбюратором палива. Прискорювальний насос компенсує цей ефект і забезпечує необхідний склад паливоповітряної суміші в циліндрах у перший момент після початку розгону [3].

В процесі розгону бензинового двигуна при різкому відкритті дросельних заслінок збільшується вміст монооксиду вуглецю та вуглеводнів у відпрацьованих газах у порівнянні зі сталими режимами. При цьому встановлено, що час впливу прискорювального насосу на показники роботи двигуна при розгоні близько до 2 с [4].