



ВЛИЯНИЕ НА РЕЖИМА НА ПОТЕГЛЯНЕ ВЪРХУ РАЗХОДА НА ГОРИВО НА ХИБРИДЕН АВТОМОБИЛ С ПАРАЛЕЛНА КОМПАНОВКА

Славчо Божков, Мариан Мутафчиев, Пенко Петков¹

sbozhkov@vtu.bg, marian_mutafchiev@abv.bg

Roman Petrov²

roman.petrov@novsu.ru

¹*Висше транспортно училище “Тодор Каблешков” – София
ул. “Гео Милев” №158, 1574 София
РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ*

²*Institute of Electronic and Information Systems, Yaroslav-the-Wise Novgorod State
University, 173003 Veliky Novgorod
RUSSIA*

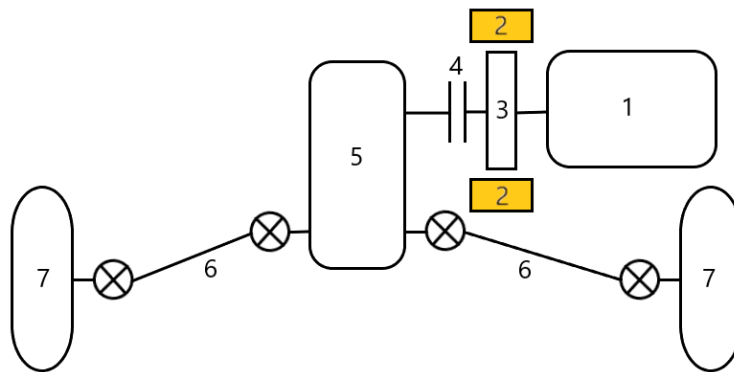
Ключови думи: *хибриден автомобил, режим, разход, гориво*

Резюме: *Хибридните автомобили са екологични и икономични превозни средства с висока ефективност в градски условия на движение. Интензивното движение в големите градски агломерации се характеризира с чести потегляния на превозните средства, изчакване на задръжки пред светофарно регулираните кръстовища, честа промяна на скоростта на движение, свързано с ускоряване, намаляване на скоростта, спиране, последващо потегляне и ускоряване и т.н. При този режим на движение с чести потегляния се получава увеличаване на разхода на гориво на класическия автомобил поради работа на двигателя с вътрешно гориво на частични режими с висок специфичен разход на гориво, което от своя страна увеличава и вредните емисии. Хибридният автомобил използва два източника на енергия, единият от които е двигател с вътрешно горене (ДВГ), а другият – електродвигател (ЕД), задвижван от акумулаторна батерия. Компановката на два източника на енергия дава определени предимства на хибридният автомобил пред класическия, които се изразяват във възможност за намаляване на разхода на гориво при чести потегляния. Потеглянето може да се осъществи с електродвигател, а спирането да се използва за рекуперативно зареждане на акумулаторната батерия. Изследването на този режим е от съществено значение за оценка на ефективността на хибридните автомобили.*

В статията се разглежда влиянието на режима на потегляне върху разхода на гориво на хибриден автомобил с паралелна компановка в условията на движение на град София.

МЕТОДИКА

При провеждане на изследването на влиянието на режима на потегляне върху разхода на гориво на хибриден автомобил е използвана методиката за определяне на енергийната ефективност, изложена в [2]. Компановката на хибридния автомобил е избрана като част от серия изследвания в тази област, които са свързани и с други видове компановки на хибридни автомобили, които обаче не са предмет на настоящата работа. Като обект на изследване е избран хибриден автомобил с паралелна компановка с марка Honda CR-Z (фиг.1). Този тип хибридни автомобили спадат към клас лек хибрид (mild hybrid) [1]. Двигателят с вътрешно горене 1 е свързан с електродвигателя 2, чийто ротор е самият маховик 3. Чрез съединителя 4 мощностните потоци се насочват към предавателната кутия 5, откъдето чрез полуваловете 6 се предават към ходовите колела 7.



Фиг.1 Компановка на изследвания хибриден автомобил

Електродвигателят предава въртящ момент (двигателен или спиращен) при съответното управление от контролер и електронен блок за управление (система за подпомагане на ДВГ - ИМА – integrated motor assistant). Техническите характеристики на изследвания хибриден автомобил са представени в табл.1 [5].

Таблица 1. Технически характеристики на хибриден автомобил Honda CR-Z [5]

Параметър	Означение	Мярка	Стойност
Максимална мощност (ДВГ)		kW/PS/min ⁻¹	84/114/6100
Максимален момент (ДВГ)		Nm/min ⁻¹	145/4800
Максимална мощност (ЕД)		kW/PS/min ⁻¹	10/14/1500
Максимален момент (ЕД)		Nm/min ⁻¹	78.4/1000
Максимална мощност (комбинирана)		kW/PS/min ⁻¹	91/124/6100
Максимален момент (комбиниран)		Nm/min ⁻¹	174/1000-1500
Тягова батерия	Тип	Никел-метал-хидридна (NMH)	
	Напрежение	V	100.8
	Капацитет	Ah	5.75
Максимална маса (gross vehicle weight)	m_{HEV}	kg	1520
Предавателни числа	i_n	1-ва	3.142
		2-ра	1.869
		3-та	1.303
		4-та	1.054
		5-та	0.853
		6-та	0.688
Предавателно число на главното предаване	i_o		4.111
Гуми	195/55R16		
Разход на гориво	Градски	l/100km	7.59
	Магистрален		6.36
	Комбиниран		6.92
Година на производство			2012

Маршрута, по който е извършено изследването се намира на територията на град София и е съставен от натоварени улици и булеварди.

Режима на движение е съобразно управляващата програма на хибридният автомобил и има три разновидности – Нормал, Спорт и Еко.

Измерването и записът на изразходваното гориво в режим на потегляне по експериментален път изисква специализирана апаратура, която да се присъедини към горивната уредба на хибридният автомобил. Изследваният хибриден автомобил е на частно лице и с цел да не се извършват монтажни промени в горивната уредба е прието изразходваното гориво да се определя по теоретичен път с помощта на зависимостите от [3,4]. Режимът на потегляне включва едновременната работа на ДВГ и ЕД, като крайната скорост при потегляне се отчита по края на разхода на електроенергия от ЕД, което се измерва с прибор марка Bosch KTS 560 [6]. Пътните параметри като скорост на движение, ускорение (закъснение), надморска височина, координати и време за движение е извършено чрез прибор, работещ по глобалната система за позициониране (GPS) марка Performance Box Touch [7]. Обработката на експерименталните резултати е извършена с програмен продукт Microsoft Excel.

РЕЗУЛТАТИ

При провеждане на експерименталните изследвания за установяване на влиянието на режима на потегляне върху разхода на гориво за съответните режими на движение на хибридният автомобил са установени следните влияещи фактори:

- N_{start} – брой на потеглянията;
- v_{start} – крайна скорост след потеглянето, km/h;
- a_{start} – ускорение, m/s²;
- L_{start} – изминат пробег, km;
- i – пътен наклон, %.

Посочените фактори влияят пряко върху енергийните показатели:

- $Q_{f,start}$ – изразходвано гориво, l;
- $Q_{D,f,start} = \frac{Q_{f,start}}{100L_{start}}$ – разход на гориво при потегляне, l/100km [1].

Стойностите на измерените влияещи фактори и енергийни показатели са представени в табл.2 за режим Нормал, табл.3 – за режим Спорт и табл.4 – за режим Еко.

Таблица 2. Измерени стойности на влияещите фактори и енергийни показатели при режим Нормал

№	v_{start} , km/h	a_{start} , m/s ²	L_{start} , km	i , %	$Q_{f,start}$, l	$Q_{D,f,start}$, l/100km
П1	22.0	2.367	0.057	12.447	0.009303834124	16.272367062119
П2	5.00	2.490	0.012	0.942	0.000384486487	3.090030489734
П3	19.00	2.216	0.059	1.429	0.004392036217	7.409036428061
П4	22.00	2.388	0.051	5.997	0.007387726876	14.572012668835
П5	49.00	2.533	0.257	0.452	0.041832170930	16.282938881322
П6	66.00	2.141	0.224	4.136	0.068366799408	30.493864414774
П7	20.00	1.794	0.026	6.895	0.005580178251	21.148282207464
П8	46.00	1.645	0.122	4.059	0.030936526519	25.266795898611
П9	24.00	1.535	0.045	-6.177	0.002516558229	5.648293343829
П10	40.00	1.395	0.088	5.093	0.019861998098	22.653573456237
П11	48.00	1.350	0.127	-4.951	0.019649714906	15.494165946729

П12	17.00	1.205	0.025	-1.506	0.001822483707	7.200476881307
П13	17.00	1.128	0.020	-0.396	0.001892951219	9.258358962958
П14	21.00	1.062	0.027	2.884	0.003561175144	13.132640694926
П15	21.00	2.061	0.014	3.143	0.004711461441	34.064647595183
П16	40.00	1.718	0.074	0.057	0.019661575161	26.657537256969

Таблица 3. Измерени стойности на влияещите фактори и енергийни показатели при режим Спорт

№	v_{start} , km/h	a_{start} , m/s ²	L_{start} , km	i , %	$Q_{f,start}$, l	$Q_{D,f,start}$, l/100km
П1	9.00	2.236		1.906	0.000418486728	8.821227186696
П2	26.00	2.508		0.000	0.008285726907	10.503657491912
П3	27.00	2.663		-3.710	0.007455567224	21.814350488497
П4	18.00	2.269		1.790	0.007100562338	31.626935225266

Таблица 4. Измерени стойности на влияещите фактори и енергийни показатели при режим Еко

№	v_{start} , km/h	a_{start} , m/s ²	L_{start} , km	i , %	$Q_{f,start}$, l	$Q_{D,f,start}$, l/100km
П1	1.00	2.296		0.000	0.000002980264	0.044530061979
П2	1.00	2.137		0.000	0.000003498591	0.025042165580
П3	18.00	2.439		0.000	0.002769848263	9.929278865588
П4	3.00	2.460		0.000	0.000016799688	0.151301945626
П5	16.00	2.361		0.000	0.002008123017	6.928256447223
П6	13.00	2.503		-3.328	0.000904099587	4.395935794985

С помощта на данните от табл.2 до табл.4 е направен анализ на получените експериментални резултати с изчисляване на общи, средни и максимални стойности на факторите и показателите, представени в табл.5.

Таблица 5. Обобщени данни за влиянието на режима на потегляне на хибриден автомобил с паралелна компоновка Honda CR-Z

Фактори и показатели	Мярка	Режими		
		Нормал	Спорт	Еко
N_{start}	Брой	16	4	6
$\overline{v_{start}}$	km/h	29.81	20.00	8.67
$v_{start_{max}}$	km/h	66.00	27.00	18.00
$v_{start_{min}}$	km/h	5.00	9.00	1.00
$\overline{a_{start}}$	m/s ²	1.814	2.419	2.366
$a_{start_{max}}$	m/s ²	2.533	2.663	2.503
$a_{start_{min}}$	m/s ²	1.062	2.236	2.137
$\sum L_{start}$	km	1.229	0.140	0.109
$\overline{L_{start}}$	km	0.077	0.035	0.018
$L_{start_{max}}$	km	2.370	1.196	0.360
$L_{start_{min}}$	km	0.148	0.299	0.090
i_{max}	%	12.447	1.906	0.000
\overline{i}	%	2.157	-0.004	-0.555

$\sum Q_{f,start}$	1	0.241861676715	0.023260343198	0.005705349411
$Q_{f,start,max}$	1	0.068366799408	0.008285726907	0.002769848263
$Q_{f,start,min}$	1	0.000384486487	0.000418486728	0.000002980264
$\overline{Q_{f,start}}$	1	0.015116354795	0.005815085799	0.000950891569
$\max Q_{D,f,start}$	l/100km	34.06464759518 3	31.626935225266	9.929278865588
$\min Q_{D,f,start}$	l/100km	3.090030489734	8.821227186696	0.025042165580
$\overline{Q_{D,f,start}}$	l/100km	16.79031388681 6	18.191542598093	3.579057546830

При анализа на представените резултати в табл.5 се вижда, че върху разхода на гориво при потегляне на хибриден автомобил с паралелна компоновка оказва най-голямо влияние броят на потеглянията N_{start} и максималната достигната скорост при потегляне $v_{start,max}$, която пък е пряко свързана с ускорението при потегляне. Изминатият пробег при потегляне има същото влияние както и скоростта при потегляне. Пътният наклон оказва допълнително влияние върху разхода на гориво при потегляне, както това се вижда при режим Нормал, където той има максимална стойност. И при трите изследвани режима Нормал, Спорт и Еко, разходът на гориво нараства при увеличаване на броя на потеглянията и скоростта при потегляне. Режим Спорт се отличава с максимални стойности на ускорението, а режим Еко – с минимална стойност на средното изразходвано гориво и средния разход на гориво.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализирани са факторите, които оказват влияние върху разхода на гориво в режим на потегляне на хибриден автомобил с паралелна компоновка.

Установено е, че броят на потеглянията N_{start} и максимално достигнатата скорост при потегляне $v_{start,max}$ оказват първостепенно влияние върху изразходваното гориво $Q_{f,start}$ и разхода на гориво при потегляне $Q_{D,f,start}$.

БЛАГОДАРНОСТИ

Настоящото изследване е осъществено при реализирането на договор №192/05.05.2022 към ВТУ “Тодор Каблешков” – София по проект на тема “Изграждане на съвместна научно-практическа лаборатория „Движение“”.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Iqbal Husain. Electric and Hybrid Vehicles Design Fundamentals 2nd ed. ISBN 19781439811788 (e-book), CRC Press Taylor & Francis Group, 2018
- [2] Slavcho Bozhkov, Marian Mutafchiev, Ivan Milenov, Roman Petrov, Viktor Leontiev, Penko T. Bozhkov. Method for Determination of the Hybrid Electric Vehicle Energy Efficiency in Urban Transportation, International Scientific Conference „MACHINERY AND CONSTRUCTION TECHNOLOGIES IN TRANSPORT” - 2020”, Velingrad, 09th -11th September 2020, https://mtc-aj.com/library/1943_EN.pdf
- [3] Slavcho Bozhkov, Ivan Milenov, Roman Petrov, Viktor Leontiev, Penko Bozhkov. Modelling the Hybrid Electric Vehicle Energy Efficiency, IV International Scientific and Practical Conference on Innovations in Engineering and Technology (ISPCJET 2021), June 28-29, 2021, Veliky Novgorod, Russia

- [4] Slavcho Bozhkov, Ivan Milenov, Roman Petrov, Viktor Leontiev, Penko Bozhkov. Analytical Researching the Hybrid Electric Vehicle Energy Efficiency, IV International Scientific and Practical Conference on Innovations in Engineering and Technology (ISPCIET 2021), June 28-29, 2021, Veliky Novgorod, Russia
- [5] <https://automobiles.honda.com/images/2016/cr-z/downloads/2016-cr-z-specifications.pdf>
- [6] https://www.boschaftermarket.com/xrm/media/images/country_specific/bg/equipment_7/pdf_2/kts_560_590_7.pdf
- [7] https://www.vboxmotorsport.co.uk/downloads/datasheets/RLPBT_DATA.pdf

INFLUENCE OF THE START DRIVING MODE UNDER PARALLEL HYBRID ELECTRIC VEHICLE FUEL CONSUMPTION

Slavcho Bozhkov¹, Marian Mutafchiev², Penko Petkov¹
stbozhkov@vtu.bg, marian_mutafchiev@abv.bg
Roman Petrov³
roman.petrov@novsu.ru

¹*Assoc.Proffesor, Eng., PhD, Department of Transport Equipment,*

²*Assoc.Proffesor, Eng., PhD, Department of Material Handling and Construction Machines,*

*Todor Kableshkov University of Transport
Geo Milev str. 158, 1574 Sofia
THE REPUBLIC OF BULGARIA*

³*Institute of Electronic and Information Systems, Yaroslav-the-Wise Novgorod State University, 173003 Veliky Novgorod
RUSSIA*

Key words: *hybrid electric vehicle, mode, fuel, consumption*

Abstract: *Hybrid electric vehicles are environmentally friendly and economical vehicles with high efficiency in urban traffic conditions. Intensive traffic in large urban agglomerations is characterized by frequent starts and stops of vehicles, waiting for delays in front of traffic lights, frequent changes in speed associated with acceleration, deceleration, stopping, subsequent departure and acceleration, etc. This mode of driving with frequent starts increases the fuel consumption of the classic vehicle due to the operation of the internal combustion engine in partial modes with high specific fuel consumption, which in turn increases harmful emissions. The hybrid electric vehicle uses two energy sources, one of which is an internal combustion engine and the other an electric motor powered by a rechargeable battery. The combination of two energy sources gives certain advantages of the hybrid electric vehicle over the classic one, which are expressed in the possibility to reduce fuel consumption during frequent starts of the vehicle. Starting can be done with an electric motor and stopping can be used for recuperative charging of the battery. The study of this driving mode is essential to assess the effectiveness of hybrid electric vehicles.*

The article considers the influence of the start driving mode on the fuel consumption of a parallel hybrid electric vehicle in the traffic conditions of the city of Sofia.