

Ю. В. Зибцев<sup>1</sup>  
В. А. Кашканов<sup>2</sup>  
І. В. Віштак<sup>2</sup>  
П. А. Ворошилов<sup>1</sup>

## МЕТОДИ УТОЧНЕННЯ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ АВТОМОБІЛЯ НА ДОРОЗІ ПРИ ДІАГНОСТИЦІ

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет

<sup>2</sup>Вінницький національний технічний університет

У статті описано, як відкалібрувати спідометр автомобіля в дорозі без дорогого обладнання. Найбільш точні результати виходять при використанні елементів розмітки, наприклад, стандартного шлагбаума. Найбільш практичним способом є синхронний запис показань спідометра та відображення супутникового приймача GPS та/або ГЛОНАСС. Також у ХНАДУ обґрунтовані методи перевірки автомобіля по розгону і вибігу на дорогу простими вимірювальними засобами – спідометром і секундоміром телефону.

Експерименти показали, що реальна картина протидії не укладається у загальноприйняті моделі, і це слід враховувати при розрахунках нормативів діагностичних параметрів – шляху і часу виходу та розгону. Для перевірки автомобіля відомим методом необхідна горизонтальна ділянка дороги довжиною 2,5...3 км. На більшій частині території України такі ділянки трапляються дуже рідко, тому пропонується перевірити автомобіль на розгоні на II та III передачах та накаті від 50 або 40 км/год до 20 км/год., використовуючи доступну довжину 0,5 км.

Вивчено поведінку автомобіля в таких умовах, виявлено та описано деякі невідомі особливості. Запропоновано методи розрахунку контрольних значень часу розгону та часу вибігу. Спідометр – це перетворювач частоти обертання вихідного валу трансмісії чи коліс автомобіля. Він неминуче відображає всі похибки, що викликаються невизначеністю радіусу кочення колеса, зокрема і через атмосферні умови, ступінь прогріву шин, завантаження автомобіля та його розподілу у поздовжньому і поперечному напрямках тощо. В умовах необхідно вдосконалювати безстендові методи діагностування, доступні для рядових водіїв, тобто. методи перевірки на дорозі без складного чи надмірно дорогого обладнання. Тому калібрування спідометра є необхідним етапом випробувань і у відповідальних випадках має виконуватися на початку та наприкінці кожного випробувального дня. Експериментально оцінено необхідну тривалість вимірів, похибку та варіацію швидкості при її підтримці водієм або круїз-контролем. Градування GPS краще вести під час руху на південь. Отримано градувальне рівняння для Honda Civic 2006:  $VGPS = 0,9528$   $Vспід.$  - 0,83.

**Ключові слова:** спідометр, швидкість, GPS, градування, автомобіль, дорога, час.

### Вступ

В експлуатації показники автомобілів поступово погіршуються, що треба своєчасно виявляти. Це завдання вирішують за допомогою тягових роликів стендів. Однак тягові стенди дорогі і на багатьох СТО їх немає. Власники СТО вважають, що немає попиту на такі послуги: клієнт приїжджає із конкретною скаргою на погіршення технічного стану, тому від СТО потрібне не підтвердження цього факту, а пошук та усунення дефекту, що викликає непрацездатний стан автомобіля. Інший аргумент – сучасний автомобіль має бортові засоби діагностики і тому не потребує зовнішнього діагностування. Обидва ці аргументи є неправомірними.

Водій звертається на СТО, коли помітив погіршення тягових властивостей автомобіля та не зміг проблему усунути самотужки. Але досвіду водіїв не завжди вистачає, щоб своєчасно виявити це погіршення. Відомі випадки, коли водій помічав зниження тягових властивостей автомобіля у два-три рази. Адже при цьому автомобіль не просто «погано їде» – він марно витрачає паливо, тобто. непоновлювані природні ресурси, і це вже не особиста турбота власника автомобіля, а проблема всього суспільства. Дорогою водій безперервно здійснює органолептичний моніторинг стану автомобіля. Але можливості органів чуття обмежені, через що він може відчувати появу несправності надто пізно. Тому є корисним забезпечити його знаннями і прийомами більш раннього виявлення дефектів, тобто самодіагностики. У популярних журналах та в мережі «Інтернет» можна зустріти багато порад такого плану, але жодна з них не виходить на рівень чисельних значень критеріальних параметрів.

### Стан питання та завдання дослідження

У ХНАДУ розроблено метод діагностування автомобіля за часом розгону та вибігу на дорозі від однієї заданої швидкості до іншої [1]. Швидкість запропоновано вимірювати спідометром, час –

секундоміром, вбудованим у мобільний телефон. Спідометр градуують, тобто порівнюють його показники з істинною швидкістю, якою приймають показання більш точного вимірювального засобу, наприклад, радара, GPS-навігатора або ГЛОНАСС. Під час виконання наукових досліджень, наприклад, при порівняльних випробуваннях різних палив, необхідно прагнути до сумісності умов проведення тестів. Один із найважливіших показників, за якими оцінюється сумісність, – швидкість автомобіля. Найбільшу точність вимірювання швидкості забезпечують безконтактні оптичні спідометри CORREVIT у складі систем CORRSYS-DATRON (приблизно 20000 US \$), трохи їм поступаються прилади VBOX фірми RACELOGIC (приблизно 10000 US \$). Іноді за зразок приймають швидкість автомобіля, що йде паралельно, з більш досконалим спідометром.

Найчастіше застосовують опосередкований метод: вимірюють час проходження автомобілем ділянки відомої довжини – прольоту між кілометровими стовпами або іншими мітками на дорозі, природними або штучними (слід пам'ятати, що при встановленні кілометрових стовпів можливі неточності; зокрема, приймач GPS показав довжину прольотів між трьома послідовними стовпами на новій дорозі 1037 та 1057 м). Проф. В. А. Петрушов запропонував використовувати стійки зі світловідбиваючими елементами та електронну систему реєстрації моментів проходження автомобілем цих стійок. Метод розрахований на умови полігонних випробувань та не може бути рекомендований пересічному користувачеві автомобіля для застосування на дорогах загального користування. Дослідники ХНАДУ використовують із цією метою ділянки доріг із бар'єрною огорожею, яка може бути досить точною розміткою дороги. Часто такі ділянки пов'язані зі штучними спорудами: мостами, шляхопроводами, греблями, насипами тощо.

Однак при розробці методів і режимів діагностування на дорогах обмеженої довжини по розгонах на нижчих передачах і вибігів із малих швидкостей іноді виникають складності, спричинені порушеннями лінійності графіків градування на малих швидкостях і відсутністю на спідометрах багатьох автомобілів поділів нижче 20 км/год. Це висуває завдання удосконалення прийомів градування спідометра.

### Градування спідометра

Найкращі результати дає градування з надійної розмітки дороги, наприклад, бар'єрної огорожі. Однак така огорожа є не скрізь. Крім того, на результат суттєво впливає тривалість виміру: чим більший пройдений при вимірі шлях, тим точніше обчислення середньої швидкості і тим впевненіше водій витримує задану швидкість (табл. 1). Тип шин впливає на калібрування, хоч і мало: раніше на всесезонних шинах КАМА EURO 224 було отримано калібрувальне рівняння  $y = 0,91575 \times 0,7093$ , тепер на зимових шинах Fulda Kristall Montero 3 того ж розміру  $y = 0,9106 \times 0,2197$ , тобто графік йшов на 0,49 км/год нижче, а коефіцієнт нахилу був на 0,0056, тобто на 0,6 %. Розрив у часі між цими двома калібруваннями 19 місяців.

Таблиця 1

Градування спідометра автомобіля Volkswagen Passat B4 за відеозаписом огороження (Ti – поточний час, Vi – середня швидкість на інтервалі, Vсер – середня швидкість від початку виміру)

Шлях, м	Ti, с	Vi	Vсер	Ti, с	Vi	Vсер	Ti, с	Vi	Vсер
	40 км/ч			50 км/год			60 км/год		
24	44,133	37,03	37,03	151,6	38,10	38,10	45,967	45,45	45,45
54	46,933	38,57	37,87	154	45,00	41,65	47,866	56,87	51,16
84	49,6	40,49	38,77	155,932	55,90	45,82	49,8	55,84	52,74
114	52,2	41,54	39,46	158,132	49,09	46,64	51,799	54,03	53,07
144	54,966	39,05	39,37	160,265	50,63	47,42	53,799	54,00	53,26
174	57,7	39,50	39,40	162,465	49,09	47,70	55,799	54,00	53,39
204	60,533	38,12	39,20	164,532	52,25	48,32	57,799	54,00	53,48
234				166,665	50,63	48,60	59,733	55,84	53,77
264	66,2	38,12	38,95	168,8	50,59	48,82	61,699	54,93	53,90
294	68,933	39,52	39,01	171	49,09	48,85	63,599	56,84	54,19
324	71,666	39,52	39,05	173,16	50,00	48,95	65,5	56,81	54,42
354	74,466	38,57	39,01	175,433	47,51	48,83	67,4	56,84	54,62

Як бачимо з табл. 1, нестабільність підтримки швидкості водієм у середньому становить  $\pm 2$  км/год, а на початку режиму може досягати  $\pm 5$  км/год. Проблема підтримки постійної швидкості знімається круїз-контролем (табл. 2).

Таблиця 2

**Градування спідометра автомобіля Honda Civic на швидкості 91 км/год при працюючій системі круїз-контролю**

Шлях, м	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Час, с	2,08	4,16	6,24	8,32	10,39	12,47	14,54	16,62	18,70	20,79	22,87	24,95
$V_i$ , км/год	86,53	86,53	86,53	86,53	86,83	86,53	87,04	86,53	86,53	85,87	86,53	86,53
$V_{сер}$ , км/год	86,53	86,53	86,53	86,53	86,59	86,58	86,65	86,63	86,62	86,55	86,53	86,53

Система «адаптивний круїз-контроль» забезпечила найкращу стабільність. Проте електронна система «адаптивний круїз-контроль» у базових комплектаціях встановлюється лише на дорогі автомобілі чи йде як опція, тобто за додаткову оплату [2]. Кількість таких автомобілів у легковому автопарку України невелика. З іншого боку, ця система починає працювати зі швидкостей 30–40 км/год, іноді 30 миль на годину, тобто не забезпечує градування спідометра в зоні малих швидкостей, де воно особливо потрібне під час діагностування на дорогах обмеженої довжини.

Отже, постає завдання: проградувати спідометр автомобіля без системи круїз-контролю на дорозі без бар'єрної огорожі чи іншої розмітки.

Найбільшу точність вимірювання швидкості забезпечують безконтактні оптичні спідометри CORREVIT у складі систем CORRSYS-DATRON (приблизно 20 000 US \$), трохи їм поступаються приладами VBOX фірми RACELOGIC (приблизно 10 000 US \$). При незалежних полігонних випробуваннях, які проводять експерти автомобільних журналів, перевірку спідометра зараз виконують за супутниковими сигналами GPS або ГЛОНАСС за допомогою системи VBOX Racelogic (Великобританія) [3]. Спрощений варіант такої системи VBOX Lite + OLED-дисплей коштує 2 400 доларів США.

Для нерегулярних перевірок, коли покупка дорогого обладнання не окупається, пропонується виконувати градування за показаннями автомобільного навігатора (500–600 грн) або приймача супутникових сигналів GPS або ГЛОНАСС, а щоб усунути шкідливий вплив нестабільності швидкості, вести паралельну синхронну відеозйомку спідометра. При подальшій обробці відеозаписів спідометра вибирати блоки кадрів із потрібною швидкістю та підбирати до них синхронні блоки кадрів приймача.

Експериментальну перевірку цієї пропозиції було проведено на дорозі загального користування з помірною інтенсивністю руху. Покриття сухе та чисте. Температура повітря  $-2$  °C. Автомобіль – Honda Civic (2006), на борту водій та оператор, сумарна маса 1 540 кг. Шини зимові Fulda Kristal Montero 3 205/55 R16 91T, тиск 0,216 МПа (2,2 бар). Динамічний радіус середній – 0307 м [4].

Обладнання: спідометр автомобіля штатний цифровий – рис. 1, приймач GPS Magellan Triton 300 (США) – рис. 2, цифрові фотоапарати з функцією відеозапису Canon PowerShot A700 і A2000 IS (Японія).



Рис. 1. Спідометр та тахометр Honda Civic 2006 (20 – поточна швидкість, округлена до цілих одиниць)



Рис. 2. Приймач GPS Magellan Triton 300 на екрані програми Virtual Dub (48,4 – поточна швидкість, 163,2 – максимальна зареєстрована)

Під час експерименту водій керував автомобілем та знімав спідометр фотоапаратом, що встановлений на маточині керма (рис. 3). Оператор одночасно знімав приймач GPS іншим фотоапаратом (помістити і спідометр, і GPS-приймач у поле зору основного фотоапарата не вдалося технічно). Апарати були синхронізовані. Однак водій та оператор не погоджували моменти увімкнення та вимкнення відеозапису, тому чистова синхронізація здійснювалася за однаковими сигналами на звуковій доріжці апаратів.



Рис. 3. Відеозйомка спідометра та тахометра

При вимірах автомобіль рухався спочатку на північ, потім на південь. Тривалість вимірів була різною – від 5 до 50 с, залежно від того, що дозволяла дорожня ситуація та як довго відбувалась індикація спідометром одного значення швидкості.

Приймач GPS був налаштований на режим запису треку та зміни індикації за одну секунду. Тест виконувався в межах міста, тому було обрано верхню межу швидкості 70 км/год за спідометром. Розглянемо обробку даних у програмі Virtual Dub з прикладу градування швидкості 10 км/ч (табл. 3). Індикація швидкості «10» на спідометрі утримувалася на кліпі відеозапису MVI\_4007.avi від початку до моменту 0:00:37.533. На кліпі відеозапису показань приймача MVI\_6393.avi зареєстрована частина цього періоду загальною тривалістю 30,38 с (з чисто технічних причин, які не мають принципового значення, обробка цього періоду виконана у зворотному порядку). За цей час індикація приймача змінилася 29 разів. У кожному інтервалі зареєстровані швидкість ( $V_i$  GPS), початок та кінець індикації цієї швидкості, за їх різницею обчислена тривалість індикації ( $t_i$ ) та добуток  $V_i * t_i$ . Підраховані наростаючим підсумком сумарний час  $\Sigma t_i$  та сума згаданих творів  $\Sigma V_i * t_i$ . У рядку «Сума» підраховані суми показників за весь період, у рядку «Середн.» обчислено середнє арифметичне значення показника за період – середнє значення швидкості  $V_i$  GPS 9,3035 км/год, тривалість інтервалу індикації  $t_i$  1,0476 с.

Середньозважене значення швидкості  $V_{сер.взв}$  обчислювалося для кожного інтервалу, починаючи з першого, як приватне від поділу  $\Sigma V_i * t_i$  на  $\Sigma t_i$ . Підсумкове середньозважене значення швидкості у всьому періоді становило 9,3036 км/год, тобто практично збіглося із середнім арифметичним. Це дало змогу зробити важливий висновок про можливість обчислювати справжню швидкість за період як середнє арифметичне, не витрачаючи часу та сил на обчислення середньозваженого значення. Нормативні значення часу розгону і часу вибігу обчислюються як розв'язання диференціального рівняння руху методом кінцевих різниць за заданих крайових умов (наприклад,  $v_1 = 60$ ,  $v_2 = 100$ ).

Нормативи слід розраховувати на конкретні режими випробувань. На основі розрахунків та експериментів рекомендуються такі режими: розгін на III передачі з 50 до 100 км/год, на II передачі – з 20 до 80 км/год або до відсічення; задньопривідні автомобілі можна додатково перевіряти по розгону на I передачі з нуля до 40 км/год або до відсічення. Перевірки з вибігу виконувати з 50 чи 40 км/год до 20 км/год.

Також для кожного інтервалу підрахована у відсотках похибка середньозваженого значення на інтервалі щодо підсумкового за період ( $\epsilon$  %). Похибка стала менше 2 % на 10-му інтервалі, менше 1 % – на 19-му і менше – 0,1 % на 25-му. Це дає змогу оцінити необхідну кількість вимірів (інтервалів) залежно від припустимої похибки результату.

## Обробка результатів градування спідометра на швидкості 10 км/год

№ інт.	Vi GPS	Індикація Vi GPS				$\Sigma ti$	$\Sigma Vi*ti$	V ср. взв.	$\epsilon \%$
		початок	кінець	трив. ti	Vi*ti				
1	9	43,01	43,712	0,702	6,318	0,702	6,318		
2	9,2	41,792	42,993	1,201	11,0492	1,903	17,3672	9,126222	1,906705
3	9,1	40,857	41,758	0,901	8,1991	2,804	25,5663	9,117796	1,997269
4	8,5	39,84	40,841	1,001	8,5085	3,805	34,0748	8,955269	3,744188
5	8,9	38,552	39,806	1,254	11,1606	5,059	45,2354	8,941569	3,891442
6	9,4	37,638	38,488	0,85	7,99	5,909	53,2254	9,007514	3,182637
7	8,8	36,87	37,554	0,684	6,0192	6,593	59,2446	8,985985	3,41404
8	9,1	35,852	36,853	1,001	9,1091	7,594	68,3537	9,001014	3,252502
9	9,7	34,818	35,819	1,001	9,7097	8,595	78,0634	9,08242	2,377508
10	9,5	33,8	34,801	1,001	9,5095	9,596	87,5729	9,12598	1,909308
11	9,3	32,749	33,767	1,018	9,4674	10,614	97,0403	9,14267	1,72991
12	9,7	31,532	32,716	1,184	11,4848	11,798	108,5251	9,198601	1,128731
13	9,6	30,514	31,498	0,984	9,4464	12,782	117,9715	9,229502	0,796591
14	9,2	29,88	30,48	0,6	5,52	13,382	123,4915	9,22818	0,810809
15	9,1	28,845	29,846	1,001	9,1091	14,383	132,6006	9,219259	0,906695
16	9	27,828	28,829	1,001	9,009	15,384	141,6096	9,204992	1,06004
17	9,1	25,926	27,794	1,868	16,9988	17,252	158,6084	9,193624	1,182232
18	9,3	24,958	25,893	0,935	8,6955	18,187	167,3039	9,199093	1,12345
19	9,5	24,024	24,942	0,918	8,721	19,105	176,0249	9,213551	0,968041
20	9,6	23,423	23,79	0,367	3,5232	19,472	179,5481	9,220835	0,889753
21	9,4	22,022	23,373	1,351	12,6994	20,823	192,2475	9,232459	0,764809
22	9,7	21,138	21,838	0,7	6,79	21,523	199,0375	9,247665	0,601368
23	9,4	19,903	21,104	1,201	11,2894	22,724	210,3269	9,255716	0,51483
24	9,7	17,834	19,853	2,019	19,5843	24,743	229,9112	9,291969	0,125164
25	9,6	16,884	17,801	0,917	8,8032	25,66	238,7144	9,302977	0,006845
26	9,3	15,816	16,867	1,051	9,7743	26,711	248,4887	9,30286	0,008104
27	9,1	13,881	15,782	1,901	17,2991	28,612	265,7878	9,289382	0,152974
28	9,7	12,796	13,83	1,034	10,0298	29,646	275,8176	9,303704	-0,00096
29	9,3	12,029	12,763	0,734	6,8262	30,38	282,6438	9,303614	2,22E-14
Сума	269,8			30,38	282,6438		565,2876	9,303614	2,22E-14
Середн.	9,3035			1,0476	9,3036		$\sigma$	0,306458	

Викид похибки 0,152974 на 27 інтервалі пояснюється тим, що швидкість 9,1 км/год індикувалася на двох інтервалах поспіль.

Аналогічно опрацьовано результати градування для інших швидкостей. Отримано достатній матеріал для градування спідометра, оброблено та представлено у вигляді табл. 4 та рис. 4.

Таблиця 4

## Градувальна таблиця спідометра Honda Civic (2006)

Спідометр	10	18	20	30	31	39	40	51	52	62	62	71
GPS	9,30	16,58	17,55	27,56	28,41	36,20	37,42	48,18	48,77	58,23	57,65	67,26

Для порівняння: на тому ж рис. 4 показані результати градування, виконаного на цьому автомобілі в 201 р., але в теплу погоду та на літніх шинах ContiPremiumContact\_2 205/55 R16 91V, а також запозичені з [5] результатів перевірки спідометра під час полігонних випробувань. Як бачимо з рівнянь апроксимації, найбільша розбіжність між трьома градування становить 2,3 %. Це прийнятно для звичайних розрахунків, але у відповідальних випадках, наприклад, при зіставленні розрахунків з експериментом у дослідженнях слід користуватися індивідуальними та більш точними градуваннями. Порівняння між собою двох градувань одного автомобіля, але з різними покриттями та отриманих різними методами (по GPS та розмітці дороги), показало різницю 1,1 %.

Зазначимо деякі особливості методики та отриманих даних.

Щоб зменшити варіацію швидкості, ми включали круїз-контроль, але виявилось, що на цьому автомобілі він працює, починаючи тільки із 50 км/год (тобто 30 миль на годину).



Рис. 4. Градувальний графік спідометра Honda Civic (2006)

Порівняння точності підтримки заданої швидкості діями водія (на швидкості 10 км/год) та системою круїз-контроль (62 км/год) показало, що в обох випадках варіація швидкості відрізняється мало. На швидкості 10 км/год, де підтримувати швидкість набагато складніше, середньоквадратичне відхилення становило 0,306 км/год проти 0,388 км/год при круїз-контролі на швидкості 62 км/год (рис. 5). В останньому випадку спідометр автомобіля стабільно показував швидкість 62 км/год. При градуванні швидкості 71 км/год варіація виявилася набагато меншою ( $\sigma = 0,128$ ).

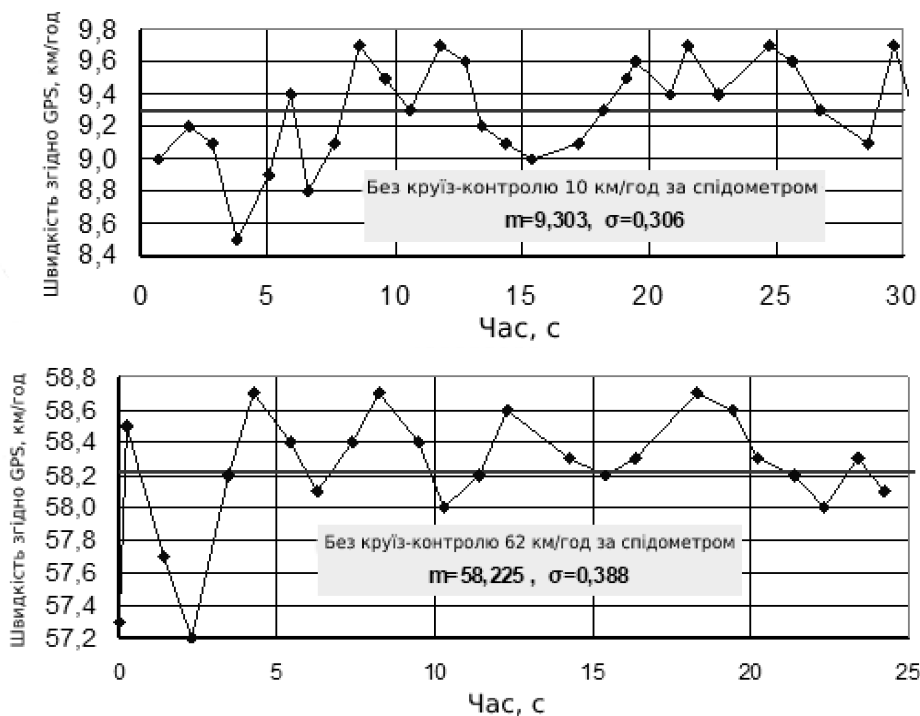


Рис. 5. Варіація середніх значень швидкості GPS за підтримки швидкості водієм (вгорі) і системою круїз-контроль

Отже, навіть за відсутності круїз-контролю можна отримати не менш стабільну швидкість під час виміру (хоча, звичайно, цією системою треба користуватися – вона помітно полегшує працю водія як у звичайному житті, так і під час експериментів).

Потрібно відзначити особливість вимірювань за допомогою приймача GPS: під час руху на північ та південь результати градування трохи відрізняються (табл. 5, рис. 6).

Результати градуювання спідометра під час руху північ і південь

Спідометр	10	18	30	40	51	62	10	20	31	39	52	62	71
GPS (на північ)	9,30	16,58	27,56	37,42	48,18	58,23	9,30	16,58	27,56	37,42	48,77	57,65	67,26

Отже, у відповідальних випадках слід віддавати перевагу калібровці, виконаній під час руху на південь, якщо приймач розташований під лобовим склом. Під час руху на північ можна перенести приймач під похиле заднє скло. Пояснюється це тим, що GPS-приймач, розташований під лобовим склом, приймає сигнали здебільшого з частини неба, до якої рухається автомобіль. Задня частина неба екранована металевим дахом автомобіля і звідти надходить менше сигналів. Супутники американської системи позиціонування GPS мають нахил орбіти до екватора  $55^\circ$ . Тест проходив на  $50^\circ$  північної широти. Тому в північній частині неба супутники піднімаються над горизонтом максимум на  $5^\circ$  і точність виміру невелика. Під час руху на південь перед приймачем відкритий набагато більший сектор спостереження, сигнали надходять від більшої кількості супутників і точність позиціонування вища. Якщо встановити приймач або хоча б його антену на даху автомобіля (як у системі VBOX Racelogic), цей шкідливий ефект послабшає. При користуванні системою ГЛОНАСС його дія теж менша, тому що орбіта супутників російської системи має спосіб  $63... 65^\circ$  [6].

Зрозуміло, що при градуюванні за розміткою дороги цей негативний фактор не впливає на результат.

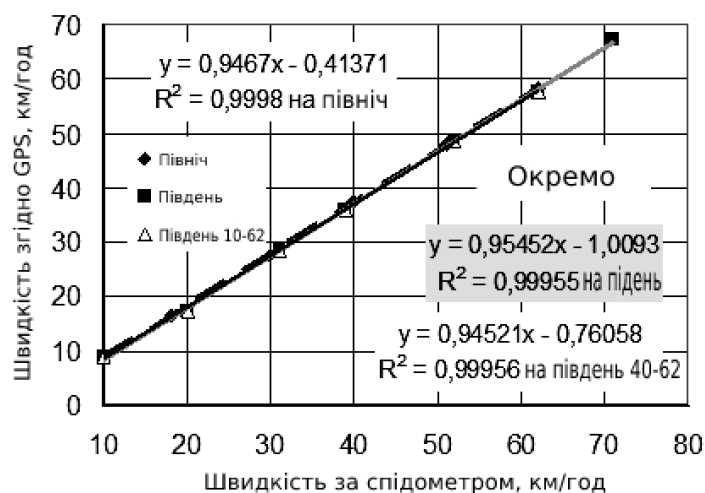


Рис. 6. Роздільна градуювання спідометра по GPS під час руху автомобіля на північ та на південь

Нарешті, вибір у низці випадків швидкостей, не кратних 10, викликаний специфікою роботи електроніки автомобіля: не вдавалося потрібний час підтримувати системою круїз-контролю задану швидкість, наприклад, 60 км/год, а ось приблизна швидкість 62 км/год тривала досить довго.

Зазначимо випадки, коли використовувати калібрування за супутниковими сигналами небажано. Не варто виконувати таке калібрування на дорогах з помітним ухилом. У цьому разі помилка, викликана перепадом висот, може помітно спотворювати показання швидкості. Не слід проводити калібрування на вузьких міських вулицях серед високих будинків, у густому лісі.

### Висновки

1. Усереднений градуювальний графік спідометра автомобіля Honda Civic (2006) добре апроксимується двочленом  $V_{GPS} = 0,9528 V_{спід} - 0,83$ .
2. Градуювання за супутниковими сигналами розходиться з точнішим градуюванням за розміткою дороги на 1 %.
3. При підтримці заданої швидкості водієм стабілізація похибки нижче рівня 2 % відбувається через 10 секунд після початку виміру, нижче 1 % – через 20 секунд, нижче 0,1 % – через 25 секунд (при частоті дискретизації 1 вимірювання в секунду).
4. Система круїз-контролю полегшує виконання градуювання, але не завжди знижує варіацію швидкості. Стабілізація похибки нижче 0,1 % відбувається швидше ніж круїз-контролю – через 5...13 с.
5. Градуювання за сигналами GPS краще проводити під час руху автомобіля на південь.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Білогуров Є. О. Динамічні методи діагностування автомобіля у дорожніх умовах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20. Харків, 2011. 23 с.
- [2] Тарасов Р. Діти еволюції. Огляд преміальних седанів середнього класу. *Клаксон*. 2012. № 10(498).
- [3] Фомін А. Виміряно ЗР. Швидкість: Немаксимальна максималка. *За кермом*. 2009. № 1.
- [4] TRC Tyre data calculator (Шинний калькулятор TRC). URL: [http://www.club80-90syncro.co.uk/Syncro\\_website/TechnicalPages/TRC%20calculator.htm](http://www.club80-90syncro.co.uk/Syncro_website/TechnicalPages/TRC%20calculator.htm) (дата звернення 09.03.2023).
- [5] Ципленков Я., Голованов Л. Епоха змін. Перевірка на дорогах: порівняльний тест Toyota Corolla, Ford Focus, Honda Civic та Hyundai Elantra. Авторевю. 2007. № 8(379).
- [6] Подібність та відмінності супутникових систем навігації ГЛОНАСС та GPS. URL: <http://telemetry.spb.ru/gps-glonass-comparison> (дата звернення 16.03.2023).

**Зибцев Юрій Васильович** – старший викладач, інженер, кафедра технічної експлуатації та сервісного обслуговування автомобілів ім. проф. Говорущенка М. Я., e-mail: [dandz2805@gmail.com](mailto:dandz2805@gmail.com)

**Ворошилов Павло Андрійович** – студент, автомобільний факультет, e-mail: [voropasha01@gmail.com](mailto:voropasha01@gmail.com)

Харківський національний автомобільний дорожній університет, м. Харків

**Кашканов Віталій Альбертович** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, e-mail: [kash\\_2004@ukr.net](mailto:kash_2004@ukr.net)

**Віштак Інна Вікторівна** – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри безпеки життєдіяльності та педагогіки безпеки, e-mail: [innavish322@gmail.com](mailto:innavish322@gmail.com)

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

**Y. Zybtssev<sup>1</sup>**  
**V. Kashkanov<sup>2</sup>**  
**I. Vishtak<sup>2</sup>**  
**P. Voroshylov<sup>1</sup>**

## Methods of specifying the speed measurement of a car on the road during diagnostics

<sup>1</sup>Kharkiv National Automobile and Road University

<sup>2</sup>Vinnitsia National Technical University

*This article describes methods of calibrating car speedometer on the road without expensive equipment. The most accurate results are obtained by using marking elements, for instance, the standard road guard fence. The most practical method is synchronous video recording of speedometer and the display of receiver for satellite signals GPS or/and GLONASS. Also, the Khnadu has substantiated methods of checking a car for acceleration and running out onto the road with simple measuring devices - a speedometer and a phone stopwatch.*

*Experiments have shown that the real picture of countermeasures does not fit into generally accepted models, and this should be taken into account when calculating the standards of diagnostic parameters - the path and time of exit and acceleration. For check of the car by a known method the horizontal section of the road 2.5...3 km long is necessary. On the most part of the territory of Ukraine such sections are very rare, so it is proposed to check up a car on an acceleration on II and III gears and on a coasting down from 50 or 40 km/h to 20 km/h, using accessible length of 0,5 km.*

*Behavior of car in such conditions was studied, some unknown specificities are discovered and described. The methods of calculation of control values for time of acceleration and time of coasting are offered. The speedometer is a frequency converter of the output shaft of the transmission or the wheels of the car. It inevitably reflects all the errors caused by the uncertainty of the rolling radius of the wheel, including due to atmospheric conditions, the degree of tire warm-up, vehicle loading and its distribution in the longitudinal and transverse directions, etc. Under these conditions, it is necessary to improve the standless diagnostic methods available to ordinary drivers, i.e. on-the-road inspection methods without complicated or prohibitively expensive equipment. So the calibration of the speedometer is a necessary test step and, in critical cases, must be performed at the beginning and end of each test day. Experimentally estimated the error, the required duration of measurement and speed variation when maintaining it by driver or by cruise control. Grading on GPS better when driving south. Calibration equation was obtained for the 2006 Honda Civic:  $V_{GPS} = 0,9528 V_{speedo} - 0,83$ .*

**Key words:** Speedometer, speed, GPS, calibration, car, road, time.

**Zybtssev Yuriy** – senior teacher, engineer, Department of Technical operation and service maintenance of cars named after Prof. N. Ya. Govorushchenko, e-mail: [dandz2805@gmail.com](mailto:dandz2805@gmail.com)

**Kashkanov Vitaly** – Ph. D. (Eng), Associate Professor, Associate Professor of the department «Automotive and Transport Management», e-mail: [kash\\_2004@ukr.net](mailto:kash_2004@ukr.net)

**Vishtak Inna** – Ph. D. (Eng), Associate Professor, Associate Professor of Life Safety and Safety Pedagogy department, e-mail: [innavish322@gmail.com](mailto:innavish322@gmail.com)

**Voroshylov Pavlo** – student, automobile faculty, e-mail: [voropasha01@gmail.com](mailto:voropasha01@gmail.com)