

І. А. Мармут¹
В. А. Кашканов²
В. О. Зуєв³

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОЗГОНУ АВТОМОБІЛЯ SKODA OCTAVIA НА РОЛИКОВОМУ СТЕНДІ

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

²Вінницький національний технічний університет

³Галицький фаховий коледж імені В'ячеслава Чорновола

Як відомо, основними характеристиками, які визначають стан силового агрегату, є рівень потужності та крутний момент. Ці параметри впливають на динамічні якості автомобіля і можуть також відігравати роль у споживанні палива та рівнях викидів шкідливих речовин.

Для перевірки цих характеристик використовуються тягові роликові стенди інерційного типу. Ці стенди дають змогу моделювати реальні умови руху та навантаження. Зазвичай на таких стендах вимірюють тягове зусилля на ведучих колесах, що дає змогу легко розрахувати потужність при певних режимах руху.

Однак, створення повноцінного навантаження на ведучих колесах автомобіля, що діагностується, потребує застосування потужних навантажувально-приводних пристроїв. Це значно підвищує вартість стенда та його металоємність.

Альтернативою цьому методу є метод стисненого розгону. У цьому методі навантаження створюється порівняно невеликою інерційною масою разом із навантажувально-приводним пристроєм помірної потужності. Діагностичним параметром у цьому методі може бути тягова сила на колесах, прискорення, час або шлях розгону коліс у вибраному діапазоні швидкостей. Для точності вимірювання краще використовувати час розгону. Однак усі переваги методу можуть проявитися лише за правильним вибором режимів випробувань. Під час випробувань результати залежать від точності та стабільності утримування режиму випробувань. Час розгону буде вимірюватися тим точніше, чим повільніше розганяються колеса та ролики стенда. Під час випробувань необхідно обрати швидкісний режим вимірювання, щоб забезпечити досить стійку величину крутного моменту.

У статті виконано аналіз режимів розгону автомобіля на роликовому стенді та їхнього впливу на точність діагностування. Найменша похибка досягнута при вимірюванні часу розгону від 50 до 70 км/год на IV передачі з додатковим навантаженням або на V передачі без навантаження.

Ключові слова: навантажувальний режим, роликовий стенд, тягова сила, прискорення, час розгону коліс, діапазон швидкостей.

Вступ

Найкращими стендами для перевірки тягово-економічних властивостей є інерційні стенди [1]. Діагностування на інерційних роликових стендах зводиться до вимірювання часу розгону та (або) вибігу від заданої швидкості до іншої. Інерційну масу таких стендів прагнуть виконати такою, щоб імітувати розгін у дорожніх умовах. Звідси при всій простоті таких стендів з'являється їхній суттєвий недолік – висока металоємність. Для мобільного стенда це обертається підвищенням як початкової вартості, так й експлуатаційних витрат. Спроби знизити металоємність стенда шляхом встановлення підвищених передач між роликами та маховиками ускладнюють конструкцію, збільшують вартість та знижують надійність. Позитивне вирішення проблеми дає застосування комбінованих тягово-гальмівних стендів інерційно-силового типу та перевірка на них автомобілів за динамікою стисненого розгону. За такого методу навантаження створює порівняно невелика інерційна маса у поєднанні з навантажувально-приводним пристроєм (НПП) помірної потужності. Це дає змогу зменшити металоємність стенда [2]. Зокрема, інерційна маса стенда пересувної станції діагностики легкових автомобілів (ПДС-Л), приведена до контакту коліс автомобіля з робочою поверхнею роликів, становить 200 кг, потужність НПП – 40 кВт, а власна маса стенда – всього 400 кг. Його можна перевозити разом із розбірною естакадою на вантажівці категорії N_1 або буксирувати на спеціальному причепі зі ще більш легким тягачем. Такий стенд є у ХНАДУ на кафедрі технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. М. Я. Говоруценка.

Критеріями зниження інерційної маси та потужності НПП можуть бути граничні метрологічні характеристики [2]. Це можна також з'ясувати шляхом розробки методу, який є основним завданням цього дослідження.

Теорія методу стисненого розгону та його реалізація описані в попередніх публікаціях [3–5]. Діагностичним параметром у цьому методі може бути тягова сила на колесах, прискорення, час або шлях розгону коліс у вибраному діапазоні швидкостей. З погляду точності вимірювання кращий час розгону. Однак, всі переваги методу можуть проявитися лише за правильного вибору режимів випробувань. Це друге завдання дослідження.

Мета дослідження. Виконати аналіз режимів розгону автомобіля на роликовому стенді та їхній вплив на точність діагностування на прикладі Skoda Octavia.

Результати дослідження

Обґрунтування режиму випробувань методом обмеженого розгону. Режим випробувань характеризується величиною навантаження, що створюється НПП стенда, обраною передачею в трансмісії та швидкісним діапазоном.

Під час випробувань точність результату залежить від точності та стабільності витримування режиму випробувань. Час розгону буде вимірюваний тим точніше, чим повільніше розганяються колеса та ролики стенда. Але просто збільшувати тривалість розгону небажано: це вимагатиме високої потужності НПП, який працює при високих швидкостях. Багато використовувати ділянку невеликих крутних моментів двигуна (тобто малі оберти та вищі передачі) у поєднанні з найбільшим можливим навантаженням з боку стенда. Але робота двигуна на малих обертах може бути нестабільною. Відповідно, нестабільним буде і створюваний крутний момент. Тому потрібно вибрати швидкісний режим виміру, щоб забезпечувалася досить стійка величина моменту.

Крім того, крутний момент залежить від темпу розгону [6]. Темп розгону визначається темпом натискання на педаль акселератора. Крутний момент двигуна знижується зі збільшенням кутового прискорення колінчастого валу і при прискоренні 9 c^{-2} зниження становить приблизно 4 % порівняно із зовнішньою швидкісною характеристикою двигуна (ЗШХД).

У публікаціях шведського науково-дослідного інституту Rototest наведено результати випробувань двигуна автомобіля VW Passat 1,8 T з турбонаддувом (рис. 1) [7]. У міру збільшення темпу розгону ($\text{rpm/s} = \text{об/хв за секунду}$) максимальний крутний момент досягається пізніше і знижується. Цей факт необхідно враховувати під час розрахунку нормативних значень часу розгону та вибору режиму випробувань для конкретної моделі автомобіля.

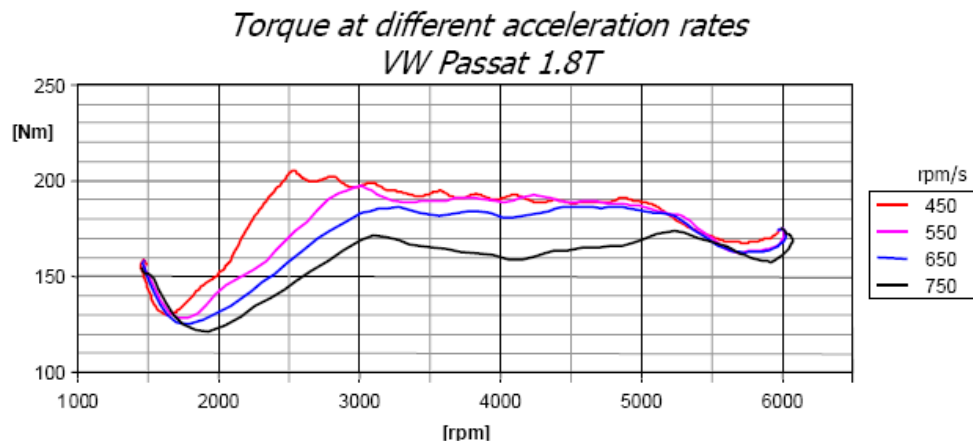


Рис. 1. Результати вимірювання крутного моменту на ступицях провідних коліс автомобіля VW Passat 1.8 T на стенді Rototest VPA-RX 2WD [7]

Далі треба розуміти, що ідеального повторення результатів вимірів бути не може, навіть коли вони йдуть один за одним за короткий період часу. Однією з причин є велика варіація процесу згоряння [7].

На рисунку 2 показана залежність тиску в циліндрі двигуна від кута повороту колінчастого валу протягом 50 спалахів поспіль в одному циліндрі. Кут випередження запалення весь час той самий. Це типовий результат для бензинового двигуна.

У чотиритактному двигуні один спалах припадає на два оберти колінчастого валу, 50 спалахів – на 100 обертів. При радіусі кочення колеса порядку 0,3 м та загальному передатному числі трансмісії близько 4-х відповідний шлях автомобіля – приблизно 50 м. На швидкості 60 км/год тривалість розглянутого інтервалу становитиме приблизно 3 с. Якщо прийняти, що при діагностуванні вимірюється час розгону від швидкості V до швидкості $V+20$ км/год, час виміру виявиться того ж самого порядку. Отже, є ризик помітного відхилення результату виміру від реального середнього. Це змушує або розширити вказаний діапазон швидкостей, або проводити не один вимір, а більше.

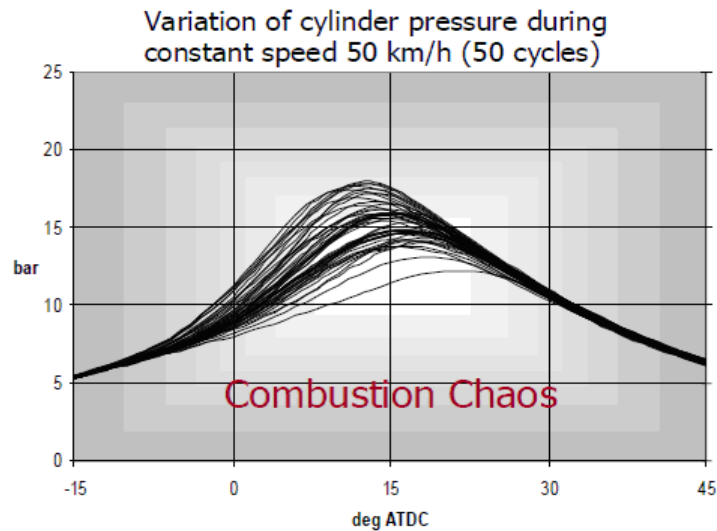


Рис. 2. Варіація тиску газів у циліндрі (напис на рисунку: «Хаотичне згоряння») [7]

Для перевірки висловлених положень було проведено експеримент, під час якого проводився розгін автомобіля Skoda Octavia з двигуном AGU 1,8 T-99 (110 кВт) на роликівому стенді ПДС-Л.

Перед вимірами автомобіль та стенд були прогріті до робочого стану. Розгін проводився на різних передачах за мінімально стійкої швидкості (35...40 км/год, залежно від передач).

Сигнали від первинних датчиків передавалися через аналого-цифровий перетворювач (АЦП) на комп'ютер, який реєстрував поточний час, швидкість автомобіля, ступінь відкриття дросельної заслінки, частоту обертання колінчастого валу та витрату палива (рис. 3).

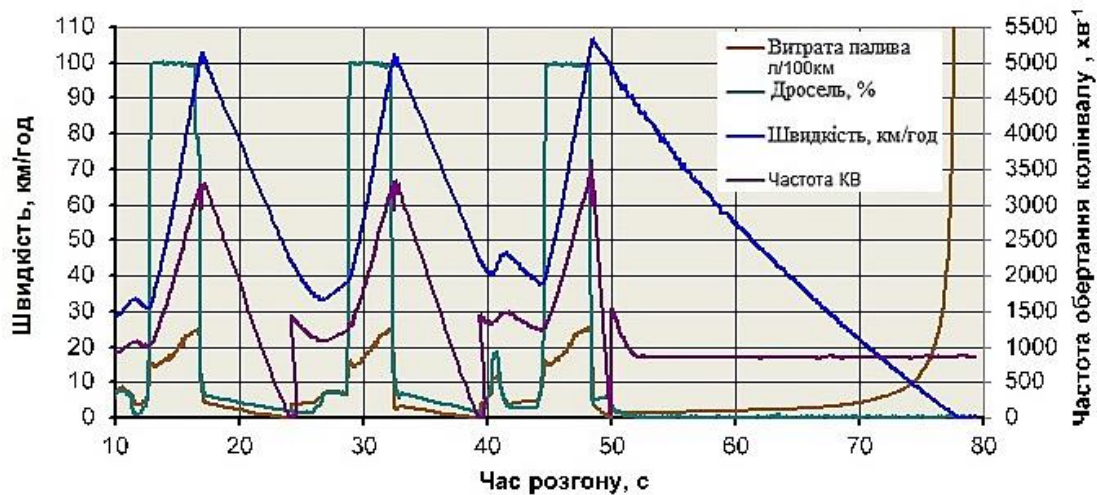


Рис. 3. Параметри, зареєстровані у трьох послідовних розгонах (автомобіль Skoda Octavia на стенді ПДС-Л)

Крім зазначеного, на результати виміру впливають кутові коливання приводу, викликані наявністю пружних елементів у трансмісії, пружність шин та її нерівномірність по колу, коливання опору НПП (наявність кінцевого числа поршнів у мотор-наосі) і т. д.

На рисунку 3 привертають увагу окремі деталі. Наприклад, швидкість продовжує зростати і після того, як дросельна заслінка повернулася у вихідне положення та витрата палива різко зменшилася. Це вказує на значну інерційність системи. Графіки набору швидкості у трьох вимірах у межах від 40 до 100 км/год виглядають лінійними та однаковими. Проте докладніший розгляд каже, що це не так.

По-перше, графіки розгону не лінійні – кривизна їх невелика, але відчутна (рис. 4). Вони добре апроксимуються поліномами другого і вищих ступенів. Однак приріст точності із підвищенням ступеня полінома незначний.

По-друге, графіки прискорень, отримані чисельним диференціюванням кривих розгону $V(t)$, відрізняються набагато сильніше (рис. 5).

Помножуючи отримане прискорення на суму інерційних мас провідних коліс, трансмісії, двигуна та стенда, визначали силу, під дією якої відбувається розгін.

Суму опорів руху (втрати в трансмісіях автомобіля та стенда, опір коченню коліс по роликівому і

навантаження, створюване НПП), визначали множенням сповільнення вибігу (при дії НПП) на приведену масу системи при вибігу. Підсумовуючи силу, що розганяє, і силу опорів, отримували силу тяги на колесах автомобіля (рис. 6).

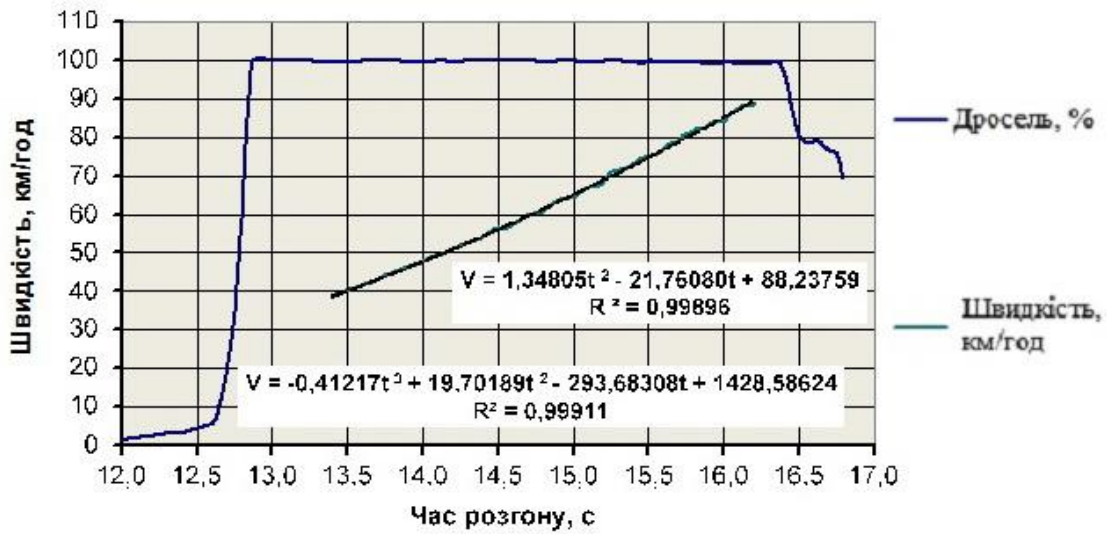


Рис. 4. Обробка кривої швидкості в межах одного розгону

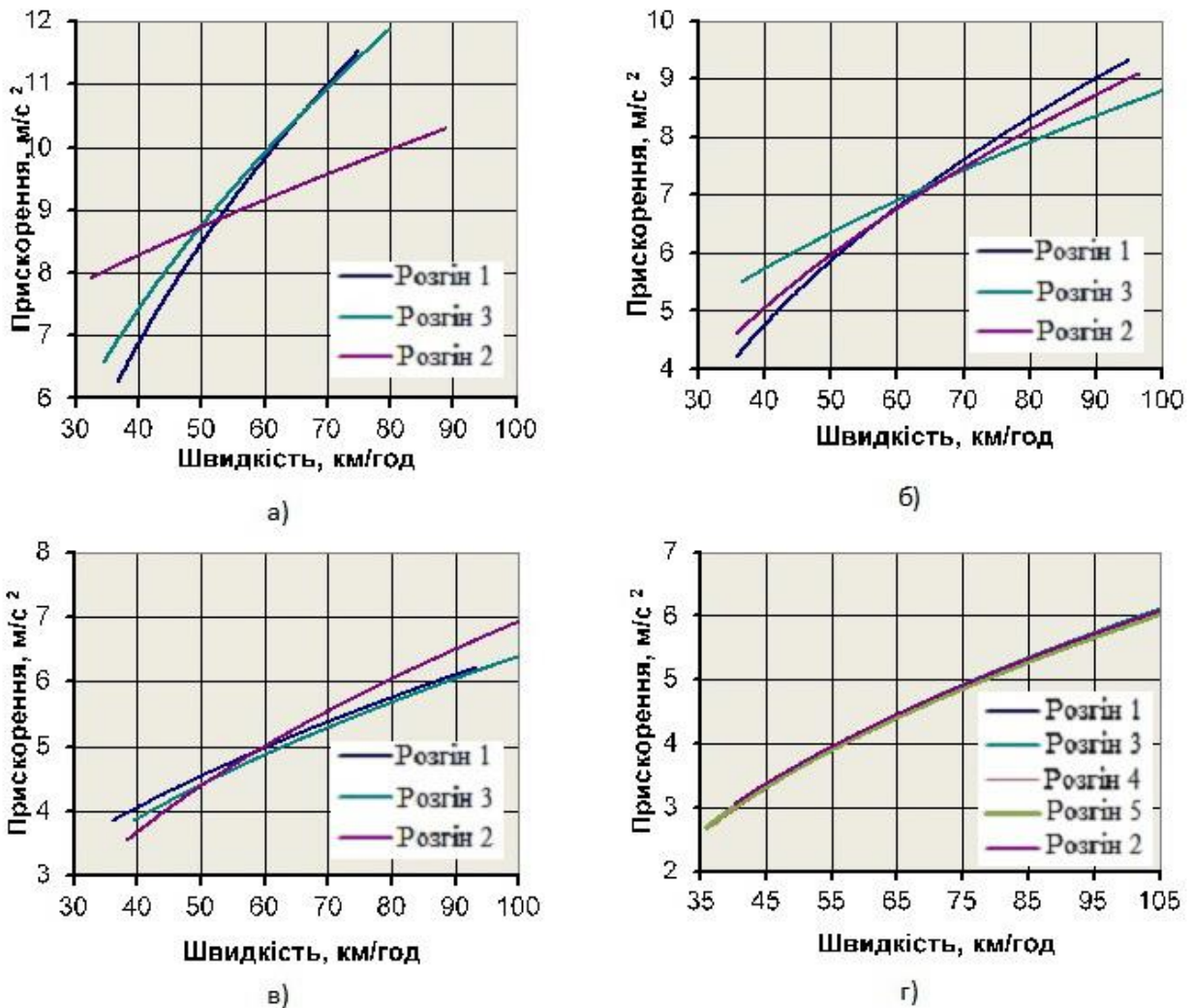


Рис. 5. Прискорення розгону на другій (а), третій (б), четвертій (в) та п'ятій (г) передачах

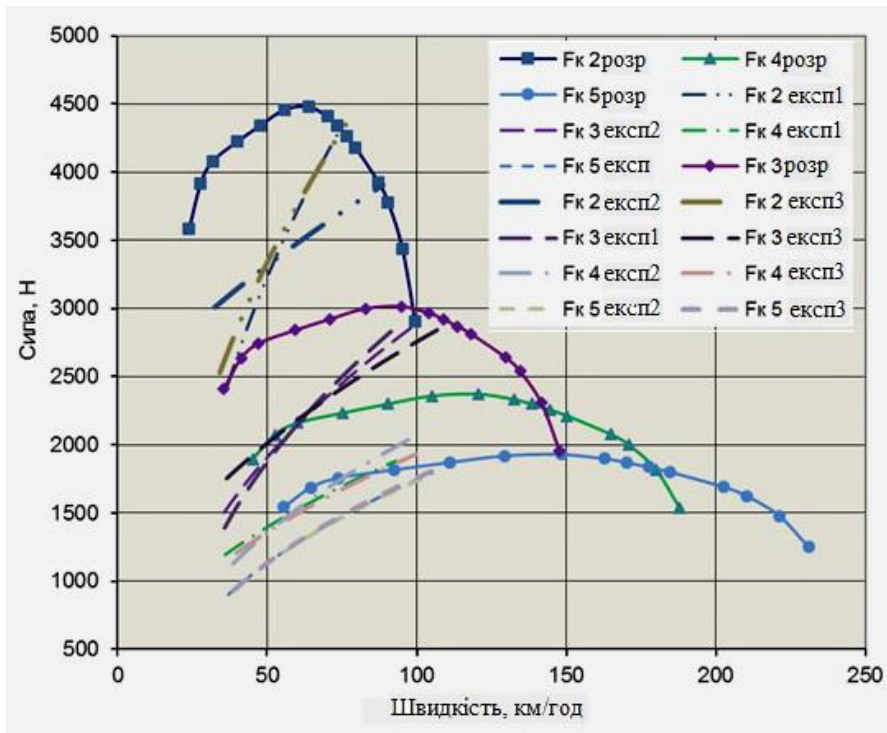


Рис. 6. Тягова сила на різних передачах (розрахункові значення з ЗШХД та отримані внаслідок експерименту)

Для наочності краще порівнювати роботу двигуна на різних передачах не за тяговими силами, а за кривими крутного моменту (рис. 7). Їх розраховували з урахуванням передавальних чисел трансмісії і радіуса колеса при припущенні, що ККД трансмісії на різних передачах однаковий. У коробках передач, де немає прямої передачі та кількість пар зачеплень на різних передачах однакова, таке припущення правомірне. Для порівняння на нижченаведених діаграмах отримані графіки наведені разом із кривими моменту за заводськими даними та за даними Rototest. На рисунках 7...11 показані криві моменту, які відновлені за вимірами розгону без додаткового навантаження від НПП (бн) та з навантаженням (навант.). Цифра після Me означає номер передачі, де виконувався розгін, цифра наприкінці позначення – номер виміру.

На рисунку 7 явно простежується тенденція до зниження реалізованого крутного моменту при використанні нижчих передач і великих прискорень розгону.

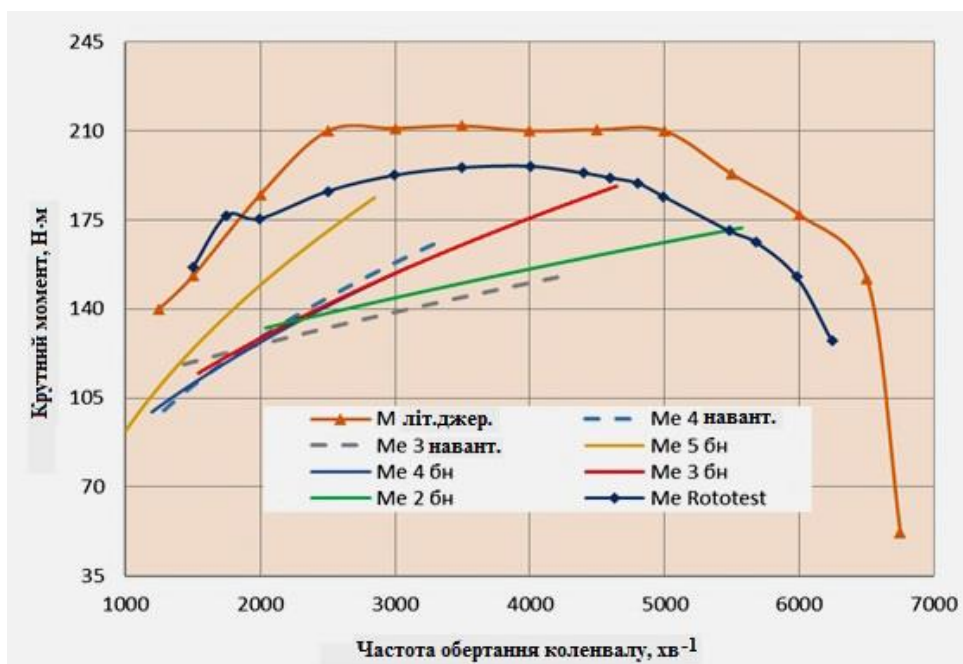


Рис. 7. Криві крутного моменту двигуна, відновлені по розгону на різних передачах

Крім того, під час використання 2-ї та 3-ї передачі спостерігається значний розкид кривих прискорень розгону (рис. 5а, б) та моментів двигуна (рис. 8, 9). На 4-й передачі він значно знижується (рис. 10). Примітно, що підвищення навантаження зменшує такий розкид (пунктирні криві на рис. 9).

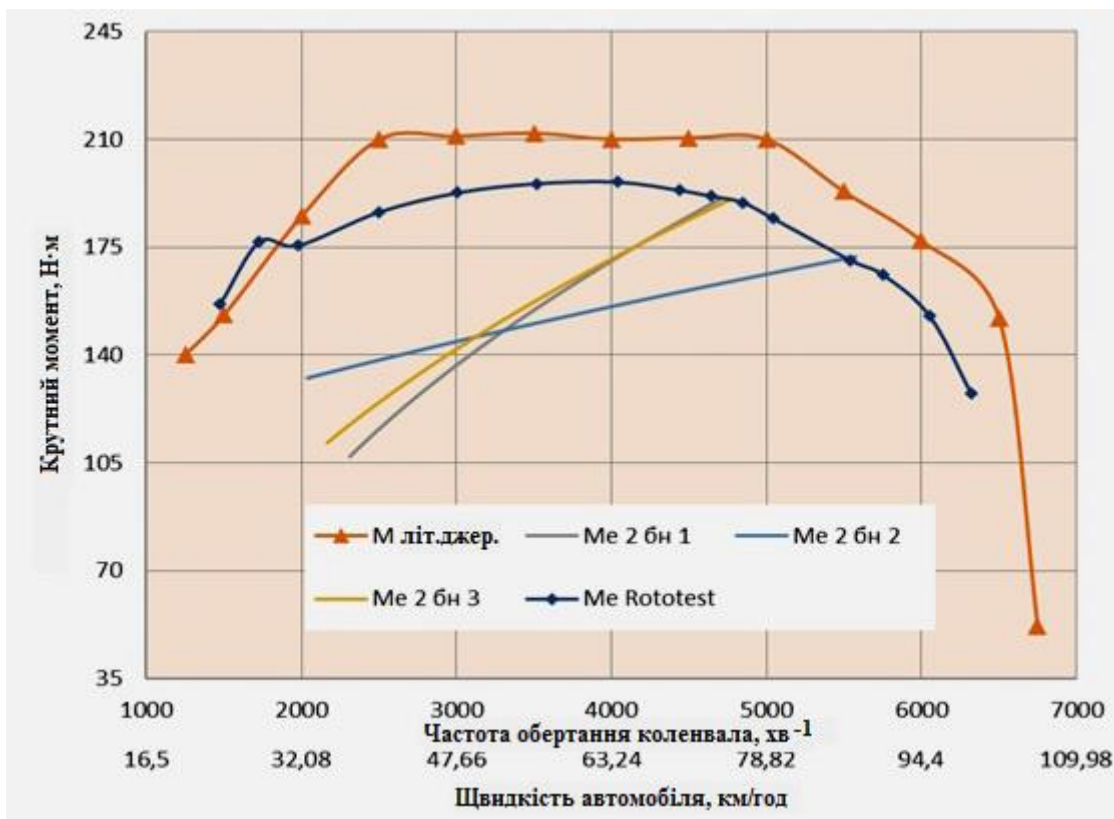


Рис. 8. Криві крутного моменту двигуна, відновлені по розгону на 2-й передачі

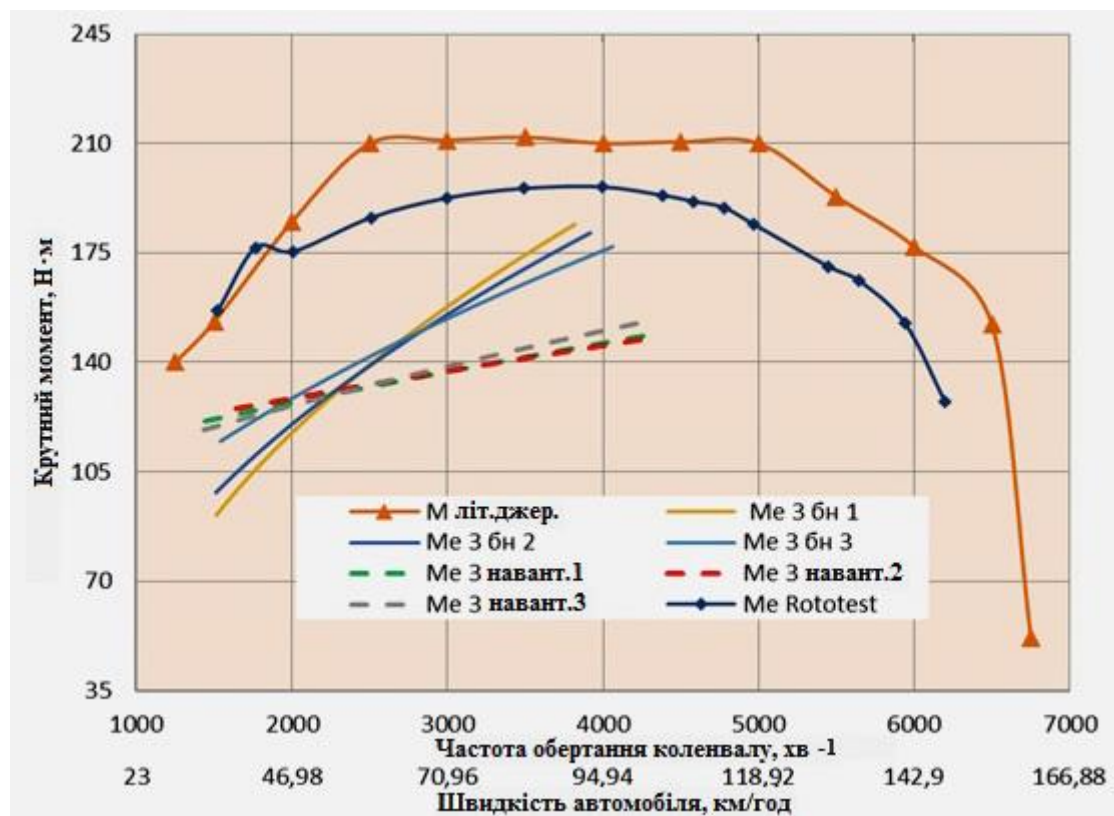


Рис. 9. Криві крутного моменту двигуна, відновлені по розгону на 3-й передачі

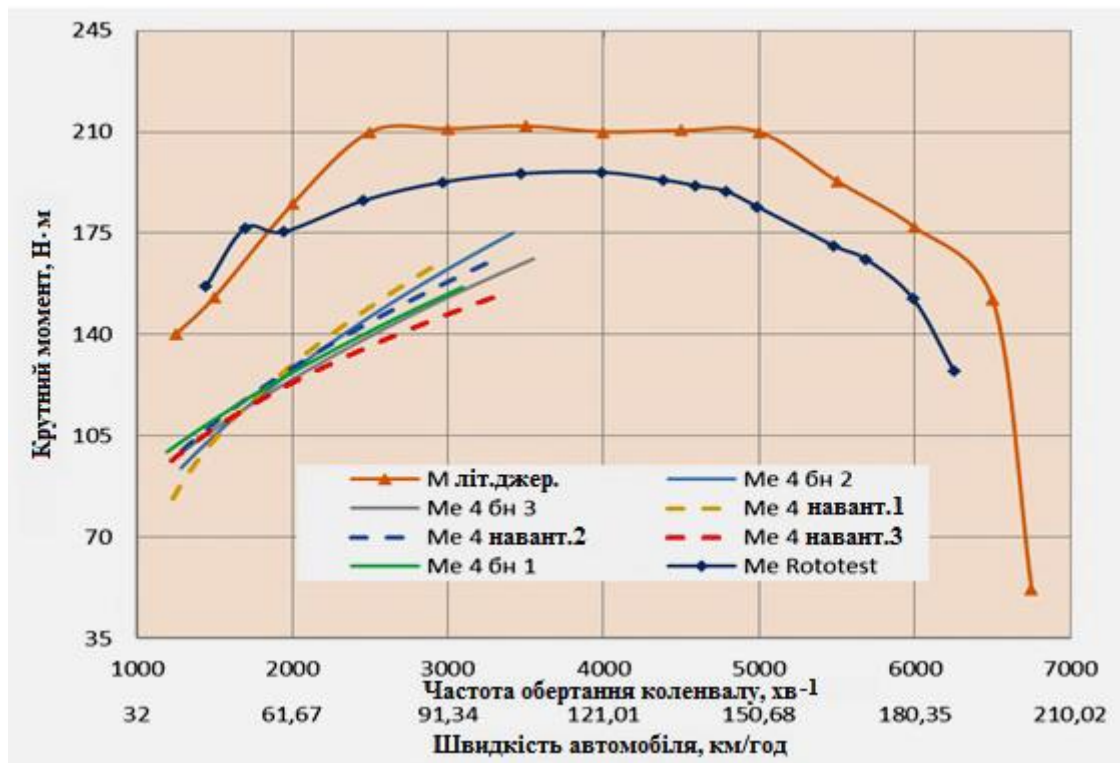


Рис. 10. Криві крутного моменту двигуна, відновлені по розгону на 4-й передачі

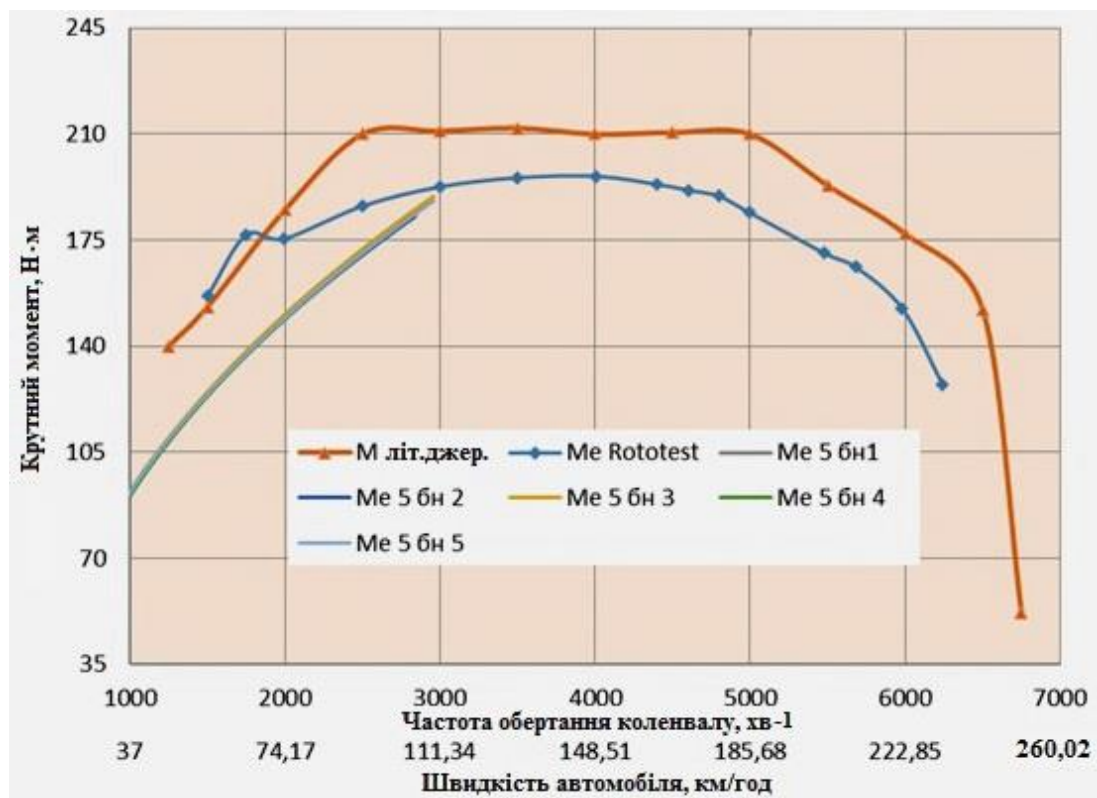


Рис. 11. Криві крутного моменту двигуна, відновлені по розгону на 5-й передачі

Із цих діаграм чітко бачимо, що на вищих передачах варіація результатів менша. На 5-й передачі розгін виявився можливим лише за відключеного НПП.

На всіх графіках є перетин кривих, поблизу яких відмінності від середнього значення мінімальні.

Мінімальна відносна похибка при випробуваннях отримана у діапазоні швидкостей від 50 до 70 км/год (рис. 12). Вимірювальну систему стенда налаштували на реєстрацію часу розгону у цьому діапазоні. Результати вимірів представлені у таблицях 1-6.

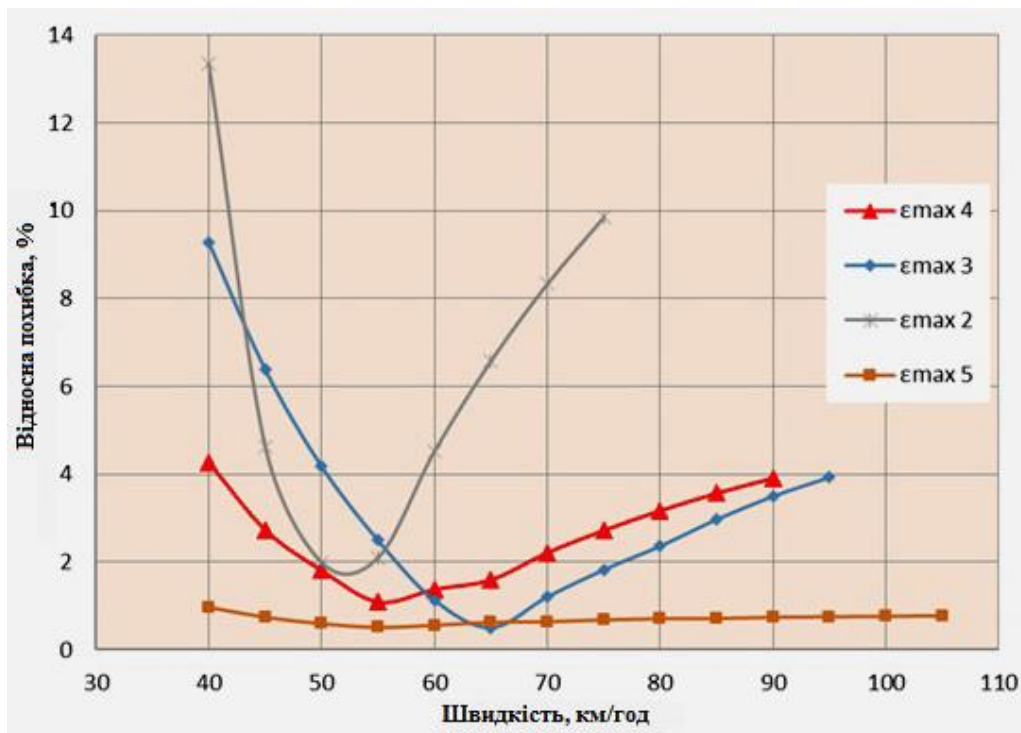


Рис. 12. Залежність відносної похибки на різних передачах від швидкості випробувань

Таблиця 1

Результати вимірів часу розгону від 50 до 70 км/ год на 2-й передачі

№ розгону	Час розгону, с	Відносна похибка, %	Середнє прискорення	Швидкість початку розгону, км/год	% відкриття дроселя	Темп натискання на педаль, с
1	0,5711	1,68	9,73	33,6	9,0	0,40
2	0,6072	4,54	9,15	33,0	8,0	0,36
3	0,5642	2,86	9,85	34,1	13,7	0,3
Серед. зн .	0,5808	3,03	9,58	33,57	10,2	0,35

Таблиця 2

Результати вимірів часу розгону від 50 до 70 км/ год на 3-й передачі

№ розгону	Час розгону, с	Відносна похибка, %	Середнє прискорення	Швидкість початку розгону, км/год	% відкриття дроселя	Темп натискання на педаль, с
1	0,83	0,69	6,73	34,1	10,4	0,42
2	0,83	0,84	6,72	34,1	12,1	0,25
3	0,81	1,56	6,88	35,1	11,2	0,16
Серед. зн .	0,82	1,03	6,78	34,4	11,2	0,28

Таблиця 3

Результати вимірів часу розгону від 50 до 70 км/год на 3-й передачі під навантаженням від стенда

№ розгону	Час розгону, с	Відносна похибка, %	Середнє прискорення	Швидкість початку розгону, км/год	% відкриття дроселя	Темп натискання на педаль, с
1	1,19	0,55	4,67	33,1	10,9	0,43
2	1,18	0,4	4,71	31,4	12,5	0,38
3	1,18	0,15	4,70	37,7	9,6	0,55
Серед. зн .	1,18	0,36	4,69	34,1	11,0	0,45

Таблиця 4

Результати вимірів часу розгону від 50 до 70 км/год на 4-й передачі

№ розгону	Час розгону, с	Відносна похибка, %	Середнє прискорення	Швидкість початку розгону, км/год	% відкриття дроселя	Темп натискання на педаль, с
1	1,12	0,72	4,96	31,2	4,6	0,59
2	1,12	0,85	4,97	38,2	7,21	0,19
3	1,15	1,57	4,85	38,4	4	0,67
Серед. зн .	1,13	1,05	4,93	35,9	5,27	0,48

Таблиця 5

Результати вимірів часу розгону від 50 до 70 км/год на 4-й передачі під навантаженням від стенда

№ розгону	Час розгону, с	Відносна похибка, %	Середнє прискорення	Швидкість початку розгону, км/год	% відкриття дроселя	Темп натискання на педаль, с
1	1,76	0,30	3,15	33,0	5,5	0,44
2	1,77	0,20	3,13	37,1	8,8	0,72
3	1,77	0,10	3,14	34,1	13,9	0,42
Серед. зн .	1,77	0,20	3,14	34,7	9,4	0,53

Таблиця 6

Результати вимірів часу розгону від 50 до 70 км/год на 5-й передачі

№ розгону	Час розгону, с	Відносна похибка, %	Середнє прискорення	Швидкість початку розгону, км/год	% відкриття дроселя	Темп натискання на педаль, с
1	1,34	0,15	4,15	36,1	1,0	0,38
2	1,33	0,66	4,18	38,5	10,2	0,35
3	1,33	0,50	4,18	37,7	2,4	0,24
4	1,35	0,72	4,13	35,4	1,1	0,38
5	1,34	0,29	4,14	34,8	2,2	0,52
Серед. зн .	1,34	0,46	4,14	36,5	3,8	0,37

Висновки

Для підвищення повторюваності та точності результатів випробувань необхідно:

1. До початку випробувань довести до норми тиск повітря у шинах; прогріти трансмісію та двигун автомобіля до робочої температури; прогріти трансмісію стенда пробігом автомобіля на стенді не менше 15...20 хв.

2. Випробування проводити на вищій передачі або на прямій, або близькій до неї.

3. Швидкість початку розгону повинна бути стабілізована (не менше 2 с) і в міру можливості однаковою (чим менше розкид швидкості початку розгону, тим краща повторюваність результатів); величина швидкості має бути мінімально стійкою на даній передачі.

4. Величина швидкісного діапазону 20 км/год є достатньою; зручний діапазон від 50 до 70 км/год, оскільки графіки прискорень перетинаються у цьому діапазоні, отже, варіація прискорень мінімальна.

5. Натискання на педаль акселератора має бути різким з однаковим темпом натискання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Роликові стенди для перевірки гальмівних та тягових властивостей автомобілів (теорія, розрахунок та конструювання): монографія / М. Я. Говорущенко та ін. Харків: ХНАДУ, 2009, 344 с.
- [2] Мармут І. А. Розробка науково-методичних основ проектування пересувних станцій діагностики: дис. ... канд. техн. наук. / Харків. нац. авт.-дор. ун-т. Харків, 2001.
- [3] Мармут І. А., Кашканов В. А., Зуєв В. О. Експериментальне дослідження опору кочення коліс автомобіля на роликовому стенді. *Науковий журнал ВНТУ «Вісник машинобудування та транспорту»*. 2020. № 2(12). С. 68–75.
- [4] Волков В. П., Рабінович Е. Х., Зуєв В. О., Шаліна Д. А. Розрахунок нормативів розгону автомобіля на роликовому стенді. *Вісник НТУ «ХПІ»*. Серія: *Автомобіле- та тракторобудування*. 2012. № 64(970). С. 43–49.
- [5] Дорожнє діагностування легкових автомобілів: монографія / Рабінович Е. Х. та ін. Харків: ХНАДУ, 2018. 279 с.
- [6] Pexa Martin, Pošta Josef, Aleš Zdeněk, Peterka Bohuslav. Moment of inertia measurement of vehicle engine. *Maintenance and*

Reliability. Warsaw, 2010. № 3. S. 44–47. URL: <https://archive.ein.org.pl/sites/default/files/2010-03-07.pdf>. Accessed on: February 19, 2024.

[7] Performance measurements on chassis dynamometers (“rolling roads”). Published by Rototest Research Institute. March 2005. Part 2/2. SAL-N05030802–CH2-PRI04.pdf. URL <http://rototest-research.eu/index.php?DN=30>. Accessed on: February 19, 2024.

Мармут Ігор Арнольдович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. проф. Говоруценка М. Я., e-mail: mia2005.62@ukr.net

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Кашканов Віталій Альбертович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, e-mail: kash_2004@ukr.net

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Зуєв Володимир Олександрович – голова циклової комісії, викладач спеціальних дисциплін, e-mail: vlal.zuyev@gmail.com

Галицький фаховий коледж імені В'ячеслава Чорновола, м. Тернопіль

I. Marmut¹
V. Kashkanov²
V. Zuiiev³

Study of acceleration modes Skoda Octavia on a roller stand

¹Kharkiv National Automobile and Highway University

²Vinnitsia National Technical University

³Vyacheslav Chornovol Halych Vocational College, Ternopil

As you know, the main characteristics that determine the state of the power unit are the power level and torque. These parameters affect the dynamic qualities of the car and can also play a role in fuel consumption and emission levels.

To check these characteristics, traction roller stands of the inertial type are used. These stands allow you to simulate real traffic conditions and loads. Usually, on such stands, the traction force on the driving wheels is measured, which makes it easy to calculate the power in certain driving modes.

However, creating a full-fledged load on the driving wheels of the car being diagnosed requires the use of powerful loading and driving devices. This significantly increases the cost of the stand and its metal content.

An alternative to this method is the compressed acceleration method. In this method, the load is created by a relatively small inertial mass together with a loading and driving device of moderate power. The diagnostic parameter in this method can be traction force on the wheels, acceleration, time or path of acceleration of the wheels in the selected speed range. For measurement accuracy, it is better to use acceleration time. However, all the advantages of the method can be manifested only with the correct choice of test modes. During testing, results depend on the accuracy and stability of maintaining the test mode. Acceleration time will be measured more accurately, the slower the wheels and rollers of the stand accelerate. During the tests, it is necessary to choose the high-speed measurement mode to ensure a sufficiently stable torque value.

The article analyzes the acceleration modes of a car on a roller stand and their influence on the accuracy of diagnostics. The smallest error is achieved when measuring acceleration time from 50 to 70 km/h in IV gear with additional load or in V gear without load.

Key words: loading mode, roller stand, traction force, acceleration, wheel acceleration time, speed range.

Marmut Ihor – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Technical Operation and Service of Cars, e-mail: mia2005.62@ukr.net

Kashkanov Vitaliy – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, e-mail: kash_2004@ukr.net

Zuiiev Volodymyr – Chairman of the Cycle Committee, Teacher of Special Disciplines, e-mail: vlal.zuyev@gmail.com