

Абрамов Дмитрій Володимирович, докт. техн. наук, професор каф. ТМ і РМ,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
[Varan\\_mail@ukr.net](mailto:Varan_mail@ukr.net)

Кобченко Олександр Вікторович

Равоян Тітал Тельманович, студенти гр. ТП-41-18, Харківський національ-  
ний автомобільно-дорожній університет

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАСТОСУВАННЯ ГАЗОВОГО ПАЛИВА НА ДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ**

Кількість автомобілів, які додатково обладнуються газобалонним обладнанням, та які використовують у якості пального газу суміш постійно зростає. Цьому сприяє менша вартість цього виду палива та більша його екологічність. Але разом з тим це призводить до зниження потужності двигуна автомобіля та зниження динамічних властивостей автомобілів.

Встановлення на легковий автомобіль газобалонного обладнання призводить до падіння потужності його двигуна при роботі на газу у порівнянні з режимом роботи з використанням в якості палива бензину. Це, відповідно, призводить до падіння динамічних властивостей легкового автомобіля. Зменшити величину падіння потужності двигуна і динамічних властивостей автомобіля можна шляхом додаткового налаштування параметрів контролера газобалонного обладнання автомобіля. Для оцінювання величини падіння динамічних властивостей автомобіля при русі з використанням в якості палива газу при стандартних налаштуваннях контролера газобалонного обладнання та після додаткового налаштування його параметрів доцільно провести дорожні експериментальні дослідження на легковому автомобілі.

Метою експериментальних досліджень є визначення величини падіння динамічних властивостей легкового автомобіля з газобалонним обладнанням при русі з використанням в якості палива газу в порівнянні з рухом з використанням в якості палива бензину.

Об'єктом випробувань є легковий автомобіль марки Daewoo Sens з двигуном об'ємом 1,3 л (рис.1). На автомобілі що використовувався під час експериментального дослідження встановлено газобалонне обладнання 4 покоління (рис. 1). Під час проведення експерименту автомобіль був у справному стані, повністю заправлений. Маса автомобіля з урахуванням маси водія та оператора вимірювально-реєстраційного комплексу складала 1210 кг.

В процесі проведення експериментального дослідження для вимірювання параметрів, які характеризують динамічні властивості автомобіля, використовувався вимірювальний комплекс на базі трикоординатних акселерометрів.

Елементами газобалонного обладнання, встановленого на автомобілі Daewoo Sens з силовим агрегатом виробництва Мелітопольського моторного заводу МеМЗ 301 об'ємом 1,3 л (рис. 2) є блок керування (контролер), газовий



Рисунок 1 – Моторний відсік автомобіля Daewoo Sens зі встановленим газовим обладнанням

Контролер газопогодження



Планка форсунок

Редуктор

Рисунок 2 – Елементи газового обладнання, встановленого на автомобілі Daewoo Sens з силовим агрегатом виробництва Мелітопольського моторного заводу MeMЗ 301 об'ємом 1,3 л

фільтр, редуктор, планка форсунок, заправочна і витратна магістралі, балон з мультиклапаном. На початковій стадії експлуатації газобалонного обладнання здійснюється налаштування параметрів роботи контролера. Налаштування па-

раметрів роботи контролера здійснюється за допомогою підключеного до нього ноутбука зі спеціальним програмним забезпеченням.

Класичним способом налаштування параметрів роботи контролера є режим автокалібрування. Спираючись на дані, отримані від блоку керування системою впорскування бензину, програмне забезпечення формує параметри роботи газового обладнання у тому числі газових форсунок. За результатами автокалібрування формується крива впорскування газу, що представляє собою залежність тиску газу від часу впорскування. При цьому не відбувається введення жодних коригуючих коефіцієнтів, які враховують конструктивні та експлуатаційні особливості конкретного двигуна.

З метою зменшення величини падіння потужності двигуна після автокалібрування газового обладнання під час його налаштування, необхідно додатково вводити коригувальні коефіцієнти. Ці коригуючі коефіцієнти вводяться під час ручного налаштування контролера. На рисунку 3 наведена таблиця з введеними коригуючими коефіцієнтами, які коригують час впорскування газу у циліндри двигуна на різних його обертах. За результатами додаткового введення коригуючих коефіцієнтів у контролері газового обладнання формується модифікована крива впорскування газу, як це показано на рисунку 4.

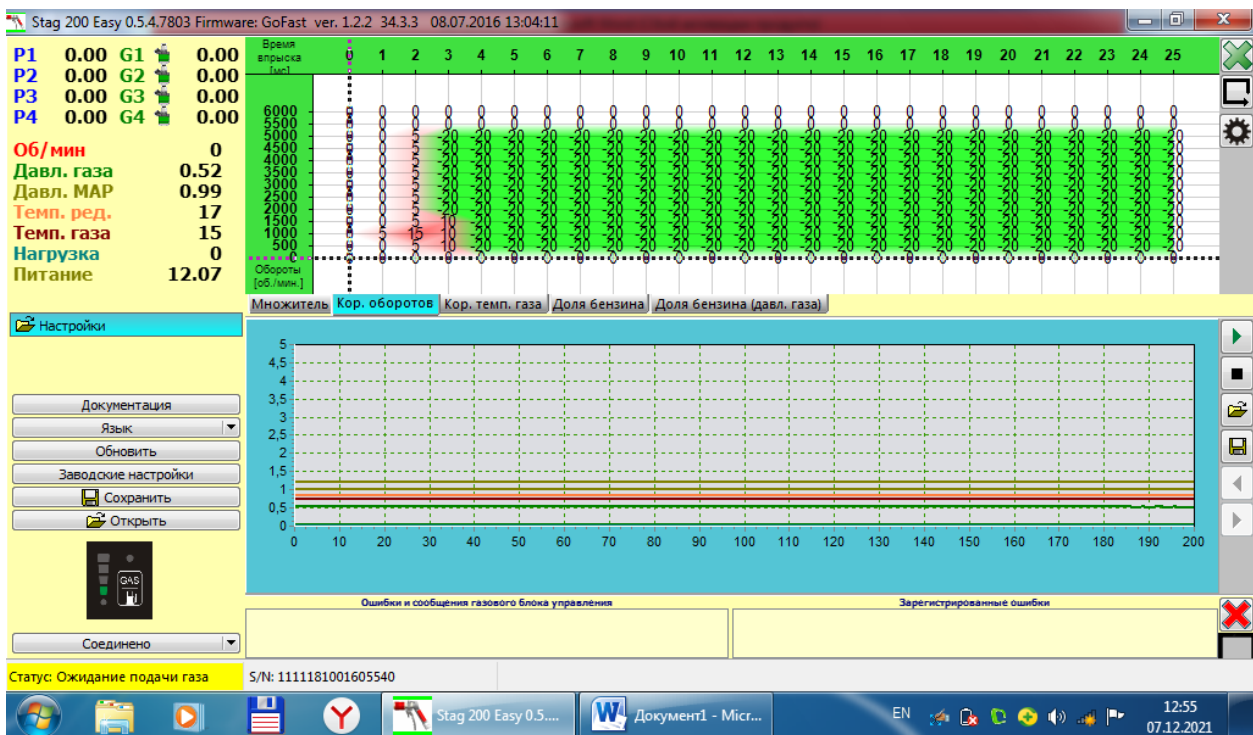


Рисунок 3 – Ручне введення у вікні програми Stag 2000 Easy корегуючих коефіцієнтів, які впливають на час впорскування газу у циліндри двигуна автомобіля Daewoo Sens

Крива впорскування газу

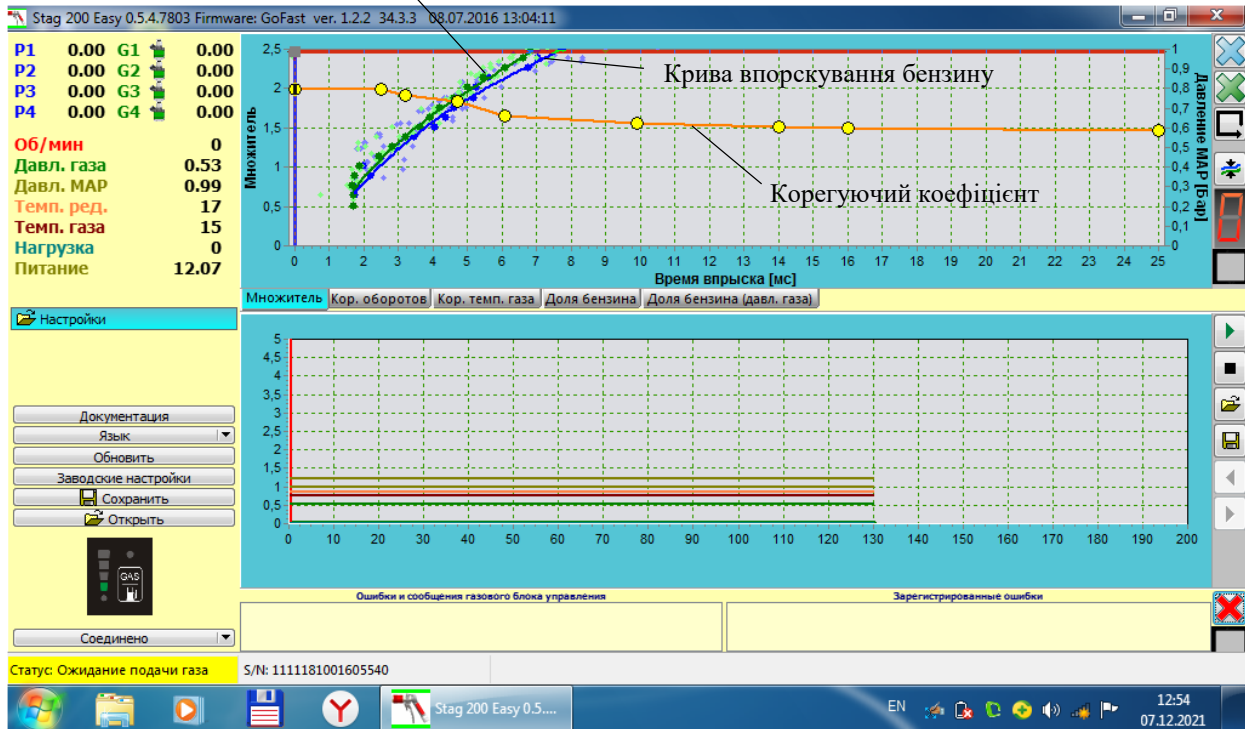


Рисунок 4 – Графік зміни тиску впорскування від часу впорскування газу у циліндри двигуна автомобіля Daewoo Sens за результатами ручного введення корегуючих коефіцієнтів у вікні програми Stag 2000 Easy

Таке додаткове налаштування газобалонного обладнання легкового автомобіля дозволяє підвищити потужність його двигуна до величин, які близькі до потужності двигуна при роботі на бензині та, відповідно, забезпечити кращі динамічні властивості.

В процесі експериментального дослідження було здійснено інтенсивні розгони автомобіля при роботі його двигуна на бензині, при роботі його двигуна на газу після автокалібрування контролера та при роботі його двигуна на газу після введення коригуючих коефіцієнтів в алгоритми роботи газового контролера. При цьому з використанням вимірювального комплексу реєструвалося лінійне поздовжнє прискорення автомобіля та його швидкість. Попередньо акселерометри були встановлені на кузові легкового автомобіля.

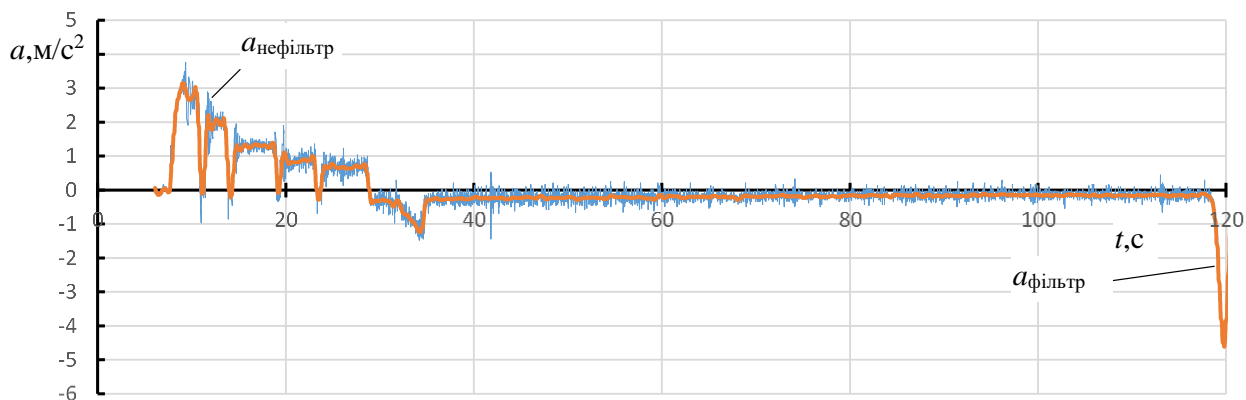
Під час експерименту автомобіль Daewoo Sens здійснював розгін з місця при максимальному натисканні на педаль газу. Далі здійснювалася зупинка, після якої заїзд повторювався в зворотному напрямку для компенсації кутів ухилу дороги. Після цього змінювався вид використовуваного палива і цикл випробувань повторювався.

У процесі руху реєструвалися наступні параметри: час руху  $t$ , с; швидкість руху  $V$ , км/год за GPS приймачем; код АЦП по осі ОХ з акселерометра (для подальшого переведення в поздовжні прискорення).

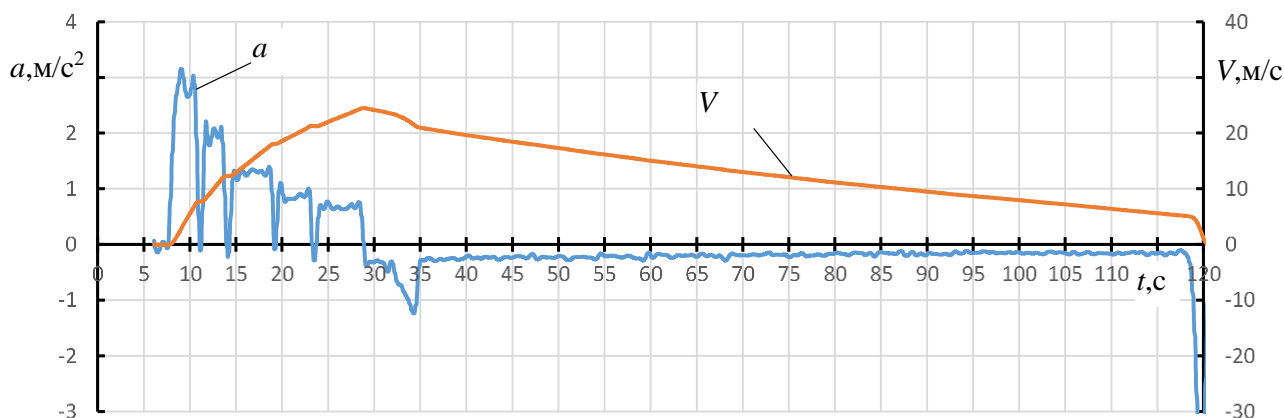
Під час проведення заїзду 1 розгін здійснювався при використанні у якості палива бензину. Під час проведення заїзду 2 розгін здійснювався при використанні у якості палива газу, причому налаштування контролера газового обла-

днання здійснювалося за результатами автокалібрування. Під час проведення заїзду 3 розгін здійснювався також при використанні у якості палива газу, але налаштування контролера газового обладнання здійснювалося шляхом додаткового введення коригуючих коефіцієнтів у алгоритми його роботи.

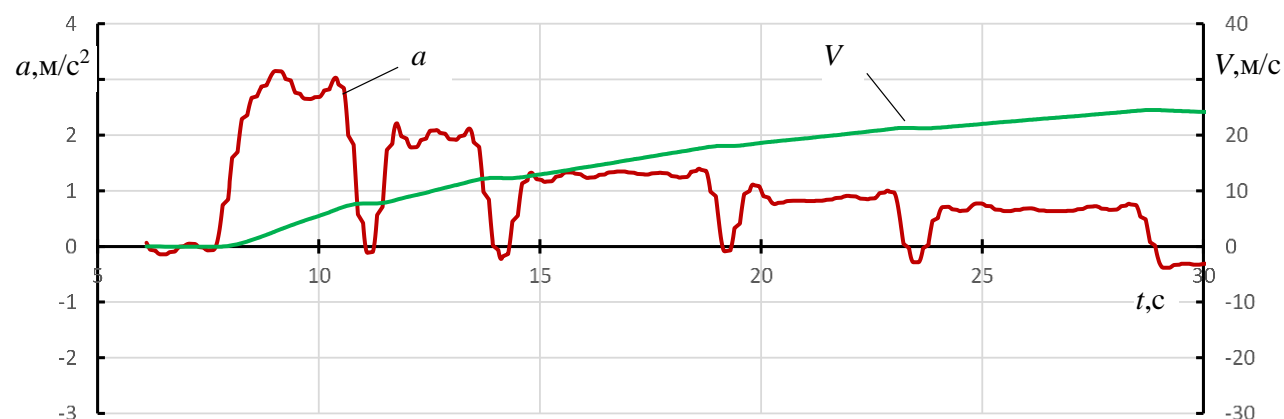
За результатами трьох заїздів отримано графіки зміни поздовжнього лінійного прискорення від часу руху та зміни швидкості руху від часу руху (рис. 5).



а



б



в

Рисунок 5 – Графіки, отримані за результатами заїзда 1: а – зміна поздовжнього прискорення у часі при розгоні та гальмуванні; б – зміна поздовжнього прискорення та лінійної швидкості у часі при розгоні та гальмуванні; в – графіки фази розгону

З кожного заїзду була виділена зона інтенсивного розгону. Графіки зміни прискорень при інтенсивному розгоні на 1-й, 2-й, 3-й, 4-й та 5-й передачах з використанням різного виду палива наведені на рисунку 6. Причому на цьому графіку представлена зміна поздовжнього лінійного прискорення автомобіля Daewoo Sens вже не від часу, а від швидкості руху. Аналізуючи отриманий графік, можна зробити висновок, що при русі на відповідній передачі, прискорення автомобіля вищі при використанні у якості палива бензину. Розглянемо більш докладно розгін автомобіля Daewoo Sens на першій передачі при русі на різних видах палива (рис. 7).

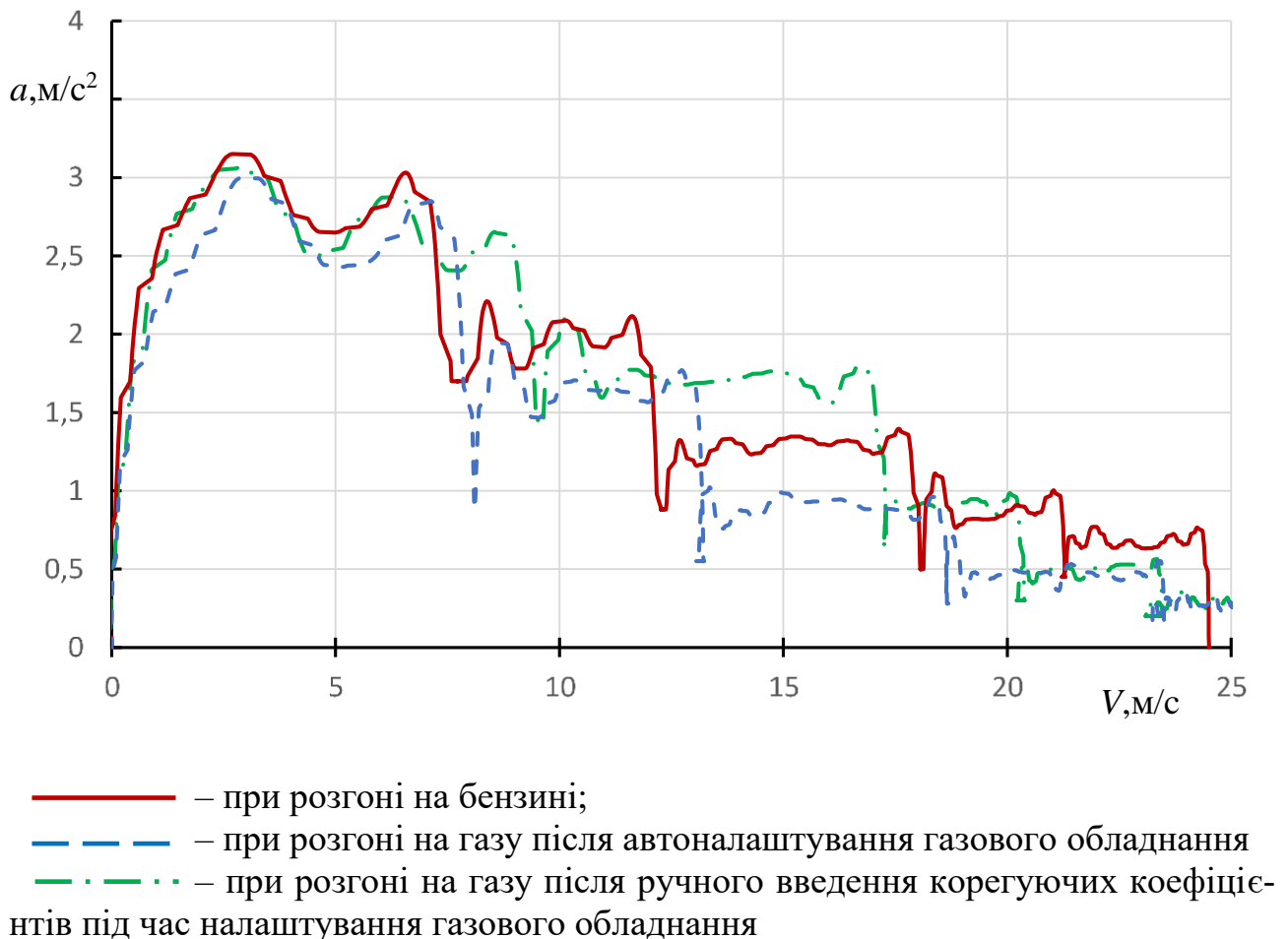


Рисунок 6 – Графіки зміни прискорення від швидкості розгону автомобіля Daewoo Sens при русі на різних видах палива

Апроксимуємо отримані експериментальні криві зміни лінійного поздовжнього прискорення від швидкості розгону на першій передачі автомобіля Daewoo Sens при русі на різних видах палива. Апроксимація здійснювалась поліномом 5 ступеня (рис. 7). Високе значення коефіцієнту регресії  $R^2$ , який коливається у межах від 0,97 до 0,98 підтверджує високий ступінь точності отриманих рівнянь регресії.

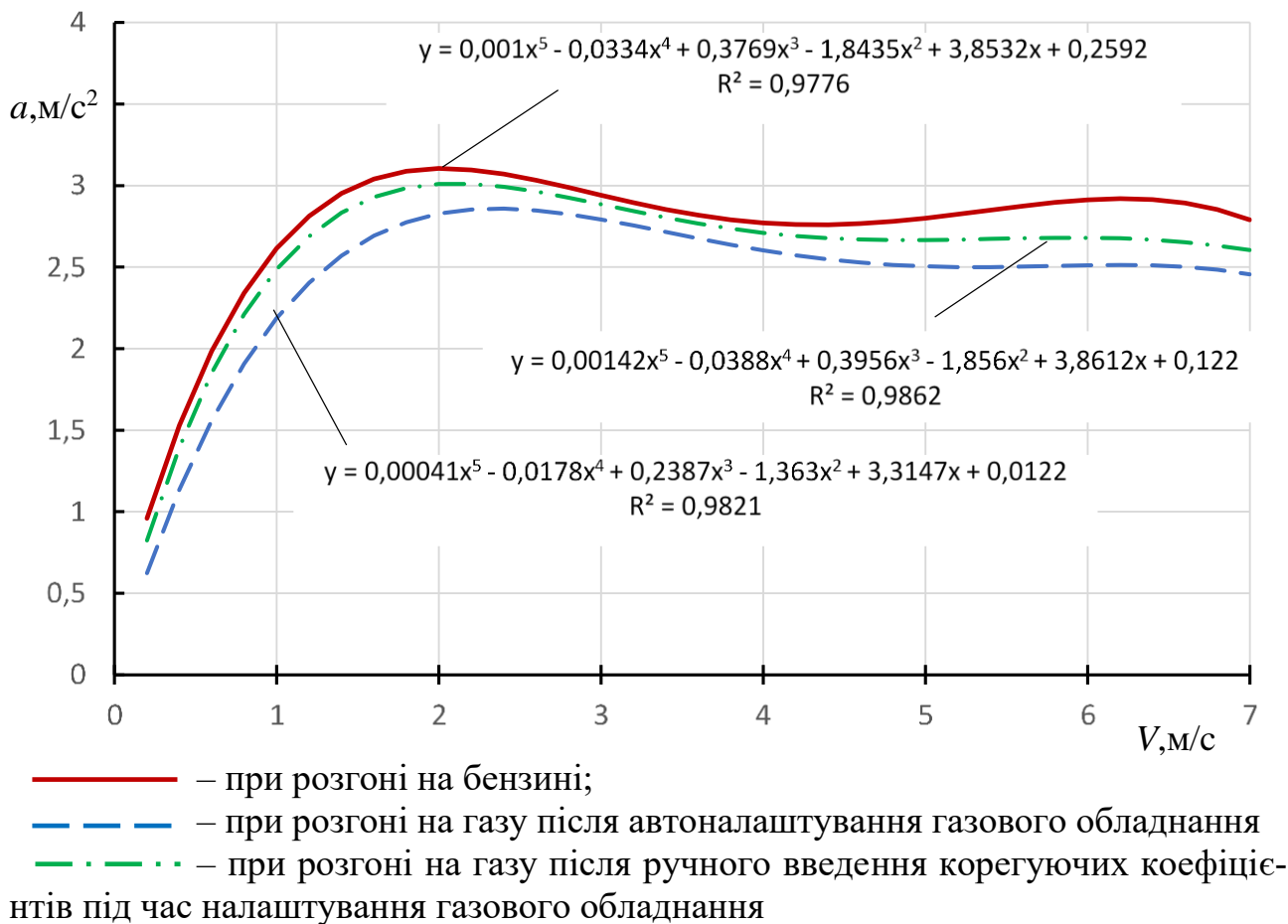
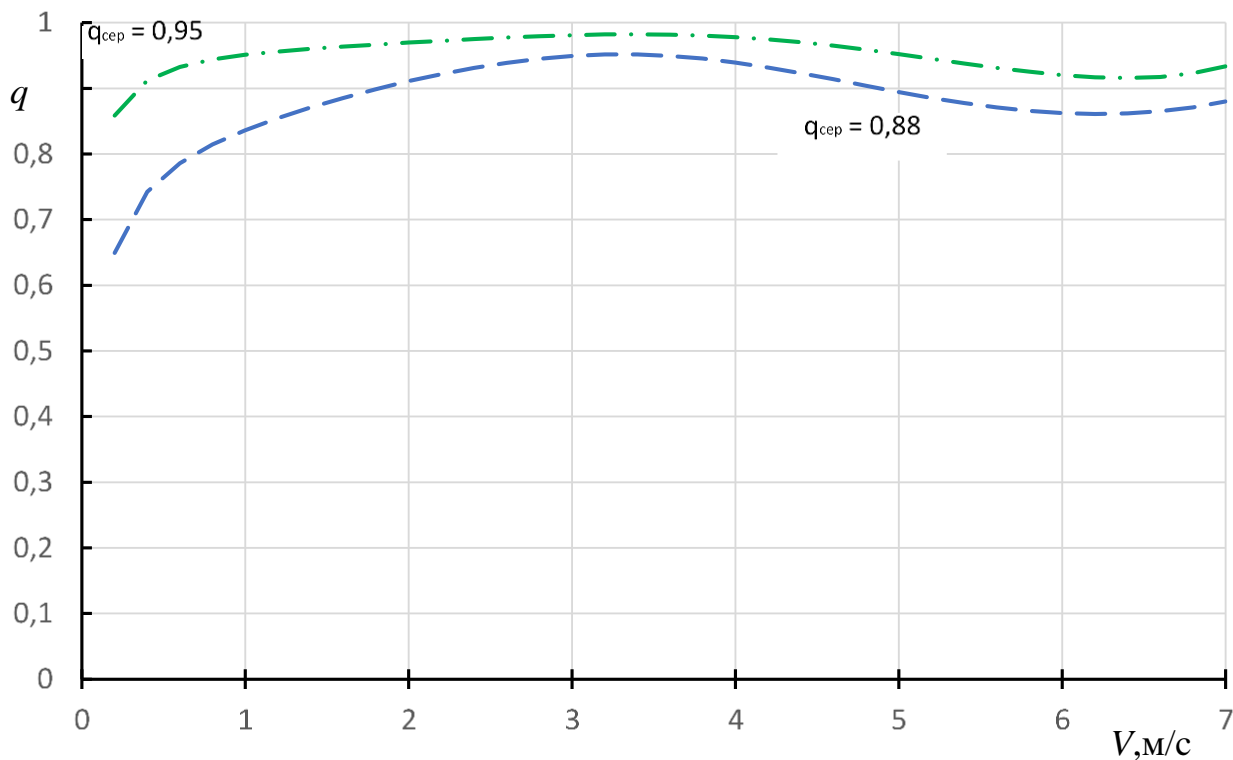


Рисунок 7 – Апроксимовані графіки зміни прискорення від швидкості розгону на першій передачі автомобіля Daewoo Sens при русі на різних видах палива

Визначено значення індексу динамічності при русі на газовому паливі після автоналаштування газового обладнання та після ручного введення корегуючих коефіцієнтів під час налаштування газового обладнання. Графіки зміни зазначених індексів динамічності наведено на рис. 8.

За результатами аналізу кривих на рис. 8 слід зазначити, що при розгоні на першій передачі при використанні у якості палива газу та після автокалібрування газового обладнання автомобіля Daewoo Sens середнє значення індексу динамічності склало  $q_{\text{сеп}} = 0,88$ . При розгоні на першій передачі на газу після ручного введення корегуючих коефіцієнтів під час налаштування газового обладнання, середнє значення індексу динамічності збільшилося до  $q_{\text{сеп}} = 0,95$ , що відповідає збільшенню на 10%.



— — при розгоні на газу після автоналаштування газового обладнання  
 — · — при розгоні на газу після ручного введення корегуючих коефіцієнтів під час налаштування газового обладнання

Рисунок 8 –Графіки зміни індекса динамічності газового обладнання від швидкості розгону на першій передачі автомобіля Daewoo Sens при русі на газу

Підсумовуючи результати експериментального дослідження, можна сказати, що було підтверджено висунуту гіпотезу щодо падіння динамічних характеристик легкового автомобіля Daewoo Sens з газобалонним обладнанням 4-го покоління при інтенсивному розгоні на 1-й, 2-й, 3-й, 4-й та 5-й передачах з використанням у якості палива газу (після автокалібрування контролера ГБО та після додаткового налаштування шляхом введення корегуючих коефіцієнтів) у порівнянні з розгоном при використанні у якості палива бензину. Апроксимація отриманих експериментальних кривих зміни лінійного поздовжнього прискорення від швидкості розгону на першій передачі автомобіля Daewoo Sens при русі на різних видах палива поліномом 5 ступеня дозволяє отримати високе значення коефіцієнту регресії  $R^2$ , який коливається у межах від 0,97 до 0,98. Отримані за результатом обробки експериментальних даних графіки зміни індексів динамічності при русі на газовому паливі дозволили визначити, що при розгоні на першій передачі при використанні у якості палива газу та після автокалібрування газового обладнання автомобіля Daewoo Sens, середнє значення індексу динамічності склало  $q_{сер} = 0,88$ , а при розгоні на першій передачі на газу після ручного введення корегуючих коефіцієнтів під час налаштування газового обладнання, середнє значення індексу динамічності збільшилося до  $q_{сер} = 0,95$ , що відповідає збільшенню на 10%.