

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ТЯГОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ НА ДОРОЗІ (НА ПРИКЛАДІ SUBARU FORESTER)

Шлінчук Максим Андрійович, ст. гр.. А-42

Shlinchukmaxim3371732@gmail.com

Науковий консультант: Зуєв В.О., асистент

Дорожні випробування проводяться для визначення тягово-швидкісних, економічних та інших показників автомобілів, зокрема, для перевірки якості виконаних регулювань, замін, удосконалень тощо. Не менш важливі випробування у прикладних дослідженнях, наприклад, перевірці альтернативних видів палива і т. ін.

Можливості виконання автомобілем транспортної роботи визначаються, з одного боку, його тягово-швидкісними характеристиками, зокрема, потужністю та крутним моментом двигуна, з іншого боку – опорами руху, які поглинають цю потужність. Потужність – це добуток тягової сили в ньютонках на швидкість у м/с: $N = P \cdot v$. Потужність (або тягова сила) витрачається [1] на подолання сила сумарного дорожнього опору, опору повітря, сили викликаного ухилом та сил інерції які обертаються та рухаються поступово

$$P_T = P_\psi + P_W \pm P_i \pm m \cdot a, \quad (1)$$

де P_ψ – сила сумарного дорожнього опору;

P_W – сила опору повітря;

P_i – сила опору руху на ухил;

m – приведена маса автомобіля (з урахуванням обертових мас), кг;

a – прискорення, м/с².

Постійно діють перші дві складові; ухили (підйоми і спуски) є не всюди; інерційна складова $m \cdot a$ з'являється при розгоні й уповільненні автомобіля (втім, у міських умовах – це переважна частина часу руху). Час розгону, маневреність і можливість розвивати високу технічну швидкість визначається запасом тягової сили, тобто на горизонтальній ділянці різницею $P_p = P_T - P_\psi - P_W$. Для визначення сил опорів було проведено попередній експеримент, за методикою яку викладено в [2] та уточнено в роботах [3, 4, 5]. Який полягає в тому, що реєструється швидкість вибігу автомобіля в двох заїздах – з високої та малої швидкості (або в одному заїзді разом). За результатами обробки цих даних було визначено коефіцієнт опору повітря та коефіцієнт опору кочення, середні значення яких склали відповідно $C_x=0,40486$ та $f_k=0,01383$. Автомобіль на якому відбувались випробування це Subaru Forester, 2005 року виготовлення, з бензиновим

двигуном моделі EJ255 (рис. 1). В експерименті приймали участь Шлінчук М.А. (власник авто, водій) та Комісаров В.В. (фотооператор, оператор запису даних на комп'ютері).



Рисунок 1 – Автомобіль Subaru Forester на дорозі під час експерименту

Для вибору засобів реєстрації експериментальних даних було проведено аналіз [5] автомобільних сканерів які призначені для діагностики електронних систем транспортного засобу, оснащені роз'ємом OBD2 та підтримують протокол передачі даних ISO14230. Було обрано діагностичний адаптер Vag-Com 409.1. Вибір обумовлений тим, що прилад має найменшу вартість та існування для даного приладу безкоштовного програмного забезпечення, яке перебуває у вільному доступі. Запис файлів (логів) проводився на комп'ютері у програмі esuExplorer. Ця програма дозволяє записувати показання з більшості датчиків автомобіля записувати дані (логи) у реальному часі.

Місцем проведення експерименту була обрана пряма, з незначним ухилом майже горизонтальна ділянка дороги Харків – Красноград – Перещепине (рис. 2) на північно-західному боці м. Харкова. День проведення експерименту (06.06.2020) був обраний не випадково – швидкість вітру не перевищувала 4 м/с, опади відсутні. Стан поверхні дорожнього покриття був відмінний і не створював додаткових опорів руху, але й досить шорсткий, щоб забезпечувати добре зчеплення шин з асфальтом.

Одне з завдань цього експерименту – перевірити автомобіль у випадковому стані, тому експеримент проводився без попередньої підготовки автомобіля, лише було перевірено і доведено до норми тиск повітря у шинах (0,196 МПа, тобто 2,0 кгс/см², згідно з інструкцією).

Загальна маса людей в автомобілі разом з обладнанням та речами становила 190 кг. Прийнята для подальших розрахунків маса 1615 кг. Перед початком заїздів автомобіль проїхав близько 50 км, у зв'язку з цим можна

вважати, що усі його системи, в тому числі шини, досягли робочої температури.

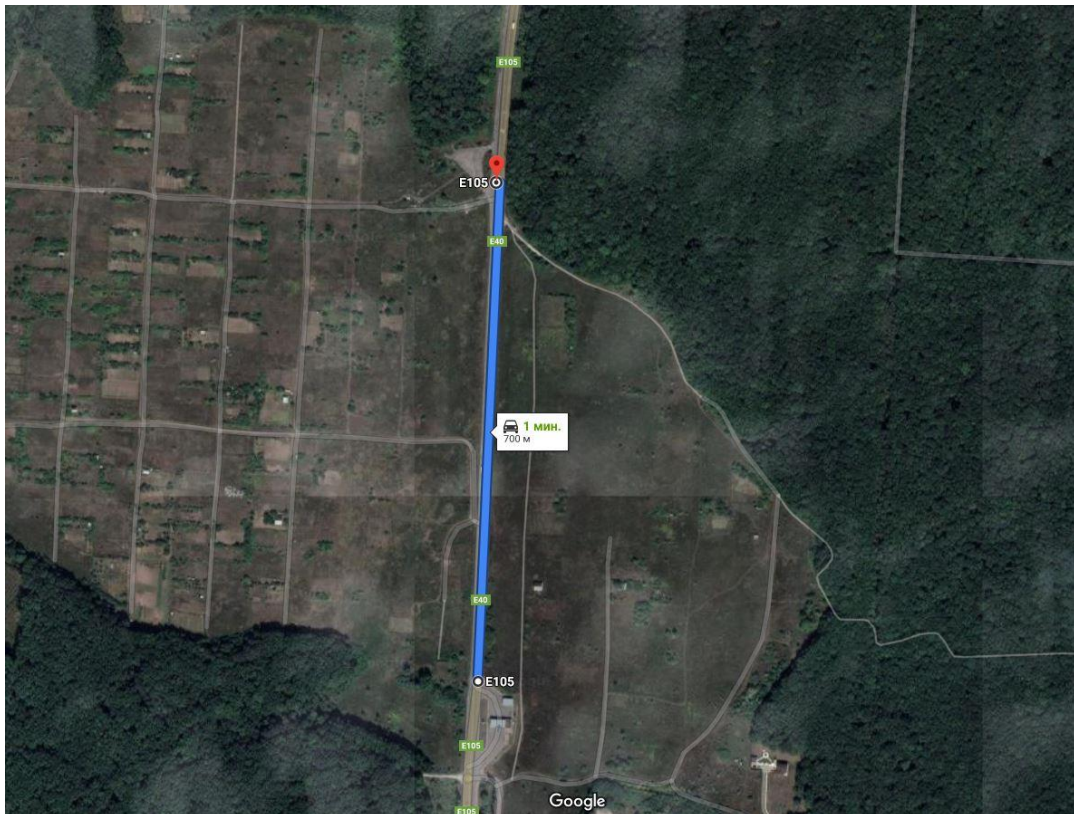


Рисунок 2 – Фрагмент супутникової карти з ділянкою дороги, на якій проводився експеримент

Заїзди виконувалися у наступний спосіб. За командою водія починався розгін (наприклад, на третій передачі від 40 до 100 км/год). Спочатку автомобіль рушав на нижчій передачі, переходив на необхідну, у даному випадку третю передачу. Після стабілізації швидкості (близько 35 км/год), водій подавав команду оператору комп'ютера починати запис, потім різко натискав на педаль акселератора «до підлоги», тобто до повної подачі палива. Завчасно, було включено смартфон з функцією відеозйомки, який був прикріплений таким чином, що він записував на відео показання тахометра, спідометра та показання одометра, що дозволяє хоча б грубо, з точністю до 100 метрів, оцінювати шлях, пройдений автомобілем.. Відеозапис був зроблений на випадок того, що можуть виникнути проблеми з ідентифікацією файлів на комп'ютері. Відеозаписи виконувалися смартфоном HONOR у форматі AVI, що забезпечує високу точність у порівнянні MP4 та 3gr і т.п., які економлять об'єми файлів, але за рахунок якості, бо при частоті кадрів 25 або 30 за секунду фактично записуються 2-3 кадри, а інші отримують шляхом інтерполяції.

Оператор, що сидів праворуч від водія, тримав ноутбук з підключеним до нього діагностичним адаптером. Адаптер VAG COM 409.1 був під'єднаний до роз'єму OBD2 і до роз'єму USB на комп'ютері. Після

досягнення запланованої швидкості водій натискав педаль зчеплення, і продовжував рух по інерції, тобто виконувався вільний вибіг автомобіля, а запис процесу вівся від початку розгону до кінця вибігу. У кінці вибігу при повній зупинці автомобіля водій давав команду оператору закінчити запис. Оператор натискав на кнопку збереження файлу та давав йому назву відповідну до проведеного заїзду.

Експеримент виконувався у вихідний день з 7:00 по 9:00, дорога була майже вільна від машин і рух на ній був незначний. Це дозволило без перешкод виконувати мірні заїзди у потрібних режимах, хоч виникали помилки через недосвідченість виконавців.

Виконувались три види випробувальних режимів: 1) розгони на різних передачах з повною подачею палива; 2) вибіги, тобто рух накатом з розімкненим зчепленням, до зупинки або хоча б до кінця придатної для вимірювань ділянки дороги.

Розгони потрібні для оцінки технічного стану силового агрегату, вибіги – для оцінки технічного стану ходової частини і трансмісії.

Запис файлів (логів) проводилася на комп'ютері у програмі esuExplorer. Приклад одного з логів (протоколів) показаний на рисунку 3.

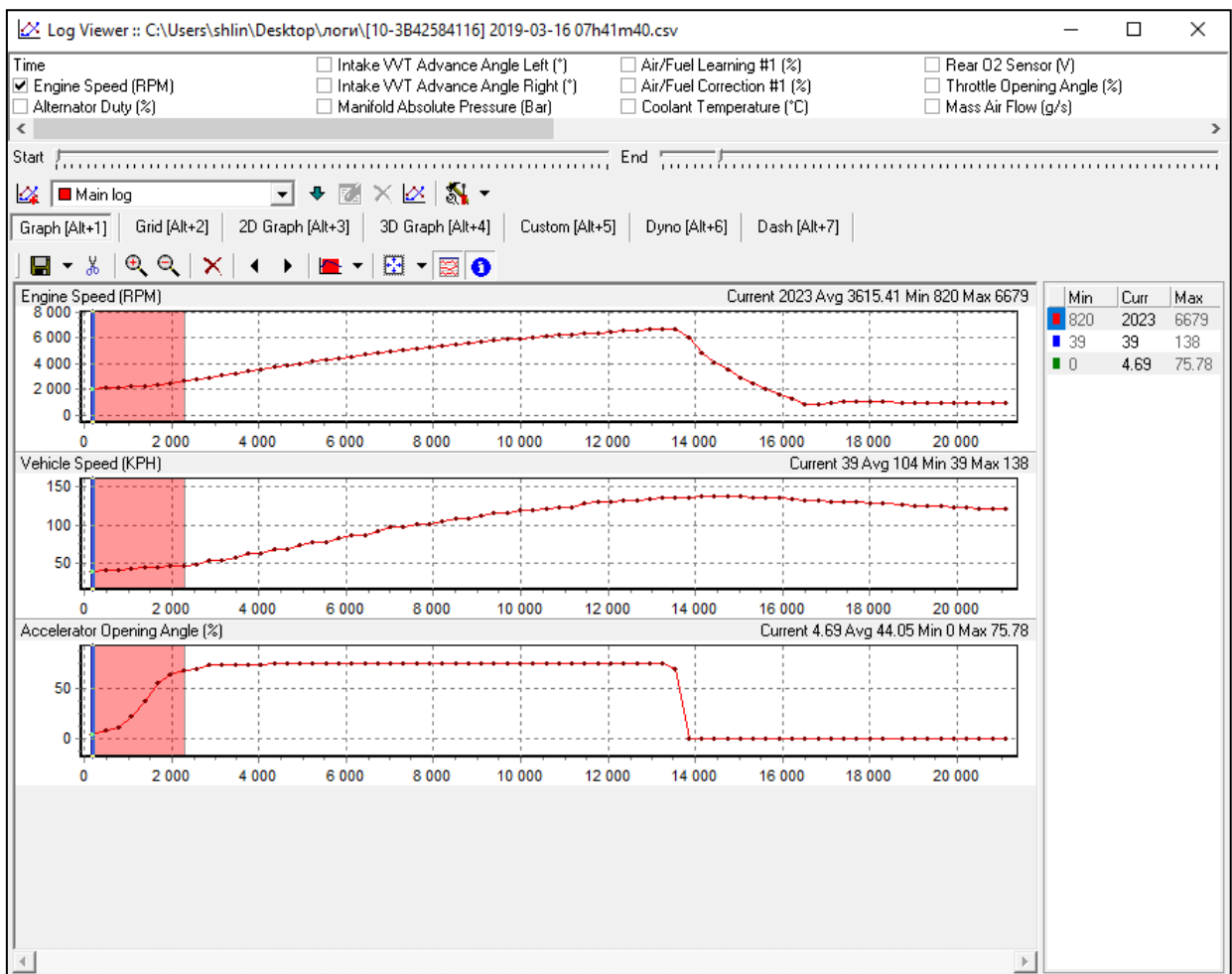


Рисунок 3 – Приклад одного з логів (автомобіль розганяється з обертів 2000 до 6700 хв^{-1} колінчастого валу двигуна)

Ця програма дозволяє записувати показання з більшості датчиків автомобіля записувати дані (логи) у реальному часі. Вона дозволяє переглядати, зберігати, відредагувати, порівняти лог файли. Ця програма має можливість наявно подивитись на записані логів у 2D та 3D.

Зверху – список показників, які можна обрати для відображення. Нижче є можливість відображення у 2D та 3D форматі. Ще нижче знаходяться кнопки збереження, збільшення, зменшення, виділення та ін. Справа відображаються мінімальні, поточні та максимальні значення.

Обробка файлів проводилася на комп'ютері у програмі Excel. Для цього потрібно було експортувати дані з логів esuExplorer в Excel, так як вони зберігаються у форматі CSV. Після відкриття видаляємо непотрібні нам стовпці, залишаємо лише час, оберти колінчатого валу, кут відкриття дросельної заслінки та швидкість. Програма записує час в (мс), тому переводимо в секунди. Час початку або закінчення розгону дивились по значенню кута відкриття дросельної заслінки. Потім розгони та вибіги виділяли кольором.

Спочатку обробляються записи вибігів, щоб визначити сили опорів руху в залежності від швидкості. За цими даними, користуючись методами, описаними у [3, 4], визначають коефіцієнти аеродинамічного опору та опору коченню.

Далі, обробивши розгони, визначають силу розгону також в залежності від швидкості. Тягова сила на ведучих колесах визначається як сума сил опорів і сили розгону. Маючи залежність тягової сили від швидкості, переходять до залежності крутного моменту від обертів колінчастого вала (КВ), тобто будують основну криву ЗШХ двигуна. Порівняння кривої ЗШХД та тягової сили на колесах з нормативними даними дає уяву про технічний стан двигуна та трансмісії автомобіля.

Література

- 1 Краткий автомобильный справочник. / А.М. Позинковский, Ю.М. Власко, М.Б. Ляликов и др. – М.: АО «ТРАНСКОСАЛТИНГ», НИИАТ, 1994. – 779 с.
- 2 BOSCH. Автомобильный справочник: Пер. с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 992 с.
- 3 Э.Х Рабинович Э.Х., Волков В.П., Белогуров Е.А.. Расчет коэффициентов сопротивления движению автомобиля по пути выбега / // Вестник ХНАДУ / Сб. научн. тр. – Харьков: Изд-во ХНАДУ.– 2009. – Вып. 44. – С.30-34.
- 4 Волков В.П., Рабинович Э.Х., Белогуров Е.А., Руденко Е.Е., Никитин Д.В. Сопротивление движению легкового автомобиля на малых скоростях// Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2012. — Випуск 25. — с. 214-220.
- 5 Шлімчук М.А. Вибір діагностичного обладнання для реєстрації процесів розгону та вибігу під час динамічних випробувань автомобіля на дорозі