

2. О.Б. Цветков. Мировые тенденции и перспективы применения рабочих веществ низкотемпературной техники. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://climatexpo.ru/files/science/pdf/2016_pdf/1_cvtkov.pdf

Зыбцев Юрий Васильевич, старший преподаватель, Харьковский национального автомобильно-дорожного университета, dandz0814@gmail.com

ДОРОЖНЫЕ ИСПЫТАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ В ЭКСПЛУАТАЦИИ И ИССЛЕДОВАНИЯХ

В эксплуатации показатели автомобилей постоянно меняются, чаще в сторону ухудшения. Изменения, особенно повышающие расход топлива, надо своевременно выявлять. Эта задача успешно решается при общем диагностировании автомобиля на тяговом роликовом стенде. Однако тяговые стенды дороги, СТО их не покупают, считая, что на такие услуги нет спроса: клиент уже выявил ухудшение технического состояния, и от СТО требуется лишь поиск и устранение дефекта. Другой аргумент – современный автомобиль имеет бортовые средства диагностики, например, расходомер топлива и потому не нуждается во внешнем диагностировании.

Эти доводы справедливы лишь частично. Квалификации, опыта и чувствительности водителей недостаточно, чтобы своевременно обнаружить ухудшение тяговых свойств автомобиля. В нашей практике бывало, что водитель замечал ухудшение, когда тяговые свойства снизились в 2-3 раза. Но при этом автомобиль не просто «плохо едет» – он впустую расходует топливо, т.е. невозможные природные ресурсы.

В этих условиях необходимо совершенствовать доступные для рядовых водителей методы диагностирования на дороге, особенно их варианты, не требующие сложного или чрезмерно дорогого оборудования.

Эта задача успешно решена в недавних работах ХНАДУ – обоснованы методы проверки автомобиля по разгону и выбегу на дороге с измерением ускорений и замедлений простыми средствами — спидометром и секундомером мобильного телефона. Эксперименты показали, что реальная картина сопротивлений не укладывается в общепринятые модели, и это следует учитывать при расчетах нормативов диагностических параметров – пути и времени выбега и разгона. Рекомендован разгон до 100...120 км/ч на прямой или близкой к ней передаче с последующим выбегом до остановки. Однако для этого нужны прямые горизонтальные участки дороги длиной 2...2,5 км. Такие участки – большая редкость.

Мы предложили испытывать автомобиль на короткой дороге, выполняя разгоны на понижающих передачах, а выбеги – с меньших скоростей.

Не менее актуальны такие испытания в научных исследованиях, например, при проверке работы автомобиля на альтернативных видах топлива. Обычно такие проверки выполняют на стендах с обязательным последующим

тестом на дороге – только реальное движение по дороге может выявить все особенности поведения двигателя и автомобиля в целом.

Процесс диагностирования включает в себя идентификацию автомобиля, выведение его на режим проверки, выполнение измерений диагностических параметров, сопоставление результатов с нормативами и постановку диагноза. При разработке метода необходимо учитывать все эти операции.

Наш анализ показал, что промах в оценке реальной массы автомобиля на 50...70 кг может вызвать ошибку диагноза – пропуск неисправности либо преждевременную браковку объекта. Проверка по выбегу мало чувствительна к неточности массы, зато неправильный выбор коэффициента сопротивления качению может недопустимо исказить расчетный норматив времени выбега.

Заложенные в первой половине XX века методы расчета используют описание крутящего момента двигателя формулой С.Р. Лейдермана. Однако у современных впрысковых двигателей с электронным управлением форма кривой момента бывает очень далека от параболы, ее приходится описывать полиномом 6-й степени или кусочной функцией с полиномами 3-4 степеней.

Сопротивление качению резко падает при скоростях ниже 20 км/ч, и описание его зависимости от скорости требует полиномов 4-5 степеней. То же можно сказать о сопротивлениях холостого хода трансмиссии.

Нуждается в пересмотре описание сопротивления воздуха квадратичной зависимостью от скорости. Фактическая картина намного сложнее. Это особенно наглядно демонстрирует анализ процессов выбега методом решения уравнений движения для последовательных пар точек с близкими скоростями (метод близких скоростей). Для практических расчетов удобно использовать постоянное значение коэффициента сопротивления воздуха C_x , но тогда приходится признать переменным показатель степени при скорости.

С учетом всего сказанного дифференциальное уравнение движения автомобиля принимает довольно сложный вид. Так, например, выглядит уравнение разгона в зоне 60 – 100 км/ч автомобиля Volkswagen Passat с двигателем 2Е и шинами Michelin Energy Saver:

$$\frac{dV}{dt} = \left[\frac{M_e u_i u_0 \eta}{r_{ko} - \lambda_M M_e u_i u_0 \eta} - 0,5 \rho C_x F \cdot \left(\frac{v}{3,6} \right)^{(8,94 \cdot 10^{-10} v^4 - 4,12 \cdot 10^{-7} v^3 + 9,24 \cdot 10^{-5} v^2 - 0,01057 v + 2,45)} - \right] \cdot \frac{1}{\delta \cdot m_a}, \quad (1)$$

$$\left[(1,3 G_a - 1,2 q_{ip}) \cdot (1,55 \cdot 10^{-7} v^2 - 1,051 \cdot 10^{-5} v + 0,008569) \right]$$

где

$$M_e = 2,29 \cdot 10^{-19} n^6 - 5,76 \cdot 10^{-15} n^5 + 5,78 \cdot 10^{-11} n^4 - 2,94 \cdot 10^{-7} n^3 + 7,9 \cdot 10^{-4} n^2 - 1,0376 n + 65,504,$$

$$n = \frac{v \cdot u_i u_0}{0,377 (r_{ko} - \lambda_M M_e u_i u_0 \eta)}.$$

Эти дифференциальные уравнения далеки от табличных интегралов. Предложено решать их как краевую задачу методом конечных разностей в пакете Microsoft Excel. Разработан алгоритм решения, приемлемый для специалиста со средним образованием. Анализ показал, что если принять шаг

сетки (т.е. дискретизации диапазона скоростей) 5 км/ч или менее; то погрешность результата составит не более 0,1 %.

В уравнении (1) не учтено падение крутящего момента в зависимости от ускорения и смещение точки максимального момента вдоль оси оборотов. Теория разгона автомобиля с современным двигателем освещена в литературе недостаточно. Она не позволяет описать указанные изменения конфигурации кривой момента не только в числах, но даже по знаку (т.е. смещение в область меньших или больших оборотов).

Анализ показал, что проверка технического состояния привода автомобиля возможна на III и II передачах, но не на I передаче – слишком мала длительность разгона, погрешность ручной засечки времени на секундомере может исказить диагноз.

Опытная проверка выполнялась на горизонтальном участке дороги длиной 1,7 км. Скорость измеряли проградуированным спидометром и параллельно приемником GPS Magellan Triton 300, время – по видеозаписи с частотой 30 кадров в секунду, путь – по разметке дороги, в качестве которой использовали стандартное барьерное ограждение с шагом стоек $4 \pm 0,01$ м. Видеосъемку спидометра выполнял сам водитель, удерживая цифровой фотоаппарат на ступице руля (при этом изображение на видеозаписи получалось стабильнее, чем при других способах). Такую методику легко освоили все 48 водителей с самым разным стажем работы.

Для экспериментов выбирали дни без осадков, с сухой и чистой дорогой, со скоростью ветра менее 3 м/с. Загрузка автомобилей была от 2 до 5 человек. Массу автомобилей определяли при проверке тормозов на роликовом стенде Weissbarth VD 600 по показаниям весового устройства стенда.

Эксперименты на разных легковых автомобилях в целом подтвердили осуществимость и рациональность предложенного метода. Выявлены особенности работы автомобилей в испытательных режимах.

Автомобиль Honda Civic с автоматической трансмиссией не удалось испытывать на фиксированных передачах, несмотря на наличие системы Tiptronic – АКП самопроизвольно переключалась в режим D, причем на разных оборотах. В режиме S обороты в момент переключения варьировали меньше.

Испытания переднеприводных автомобилей на I передаче не удавались – ведущие передние колеса разгружал приложенный к ним момент, силы сцепления уменьшались, колеса начинали буксовать. ВАЗ-2105 не буксовал, так как приложенный момент догружает задние ведущие колеса. Ручная засечка времени давала погрешность 0,2...0,4 с по сравнению с видеозаписью.

Путь разгона на трех низших передачах с запасом укладывался в 500 м. Путь выбега с 50 км/ч до остановки доходил до 760 м. Отмечена повышенная вариация замедлений при скоростях ниже 20, особенно ниже 10 км/ч. Надежнее измерять параметры выбега с 50 или 40 до 20 км/ч.

По данным разгона и выбега восстановлены кривые эффективного крутящего момента ряда двигателей. Они позволили подобрать эмпирические

поправки, учитывающие изменение конфигурации кривой момента в зависимости от передаточного числа включенной передачи.

Описанный метод общего диагностирования может быть использован водителями легковых автомобилей для самостоятельной проверки технического состояния без закупки дорогого оборудования.

Кищун Володимир Андрійович, к.е.н., доцент, Луцький національний технічний університет, kyshchun52@ukr.net;
Селегейна Дмитро Олександрович, магістрант, Луцький національний технічний університет.

УМОВИ РОБОТИ ТА ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ПАЛИВНОГО НАСОСА СИСТЕМИ COMMON RAIL

Численними дослідженнями встановлено, що паливний насос високого тиску (ПНВТ), будучи одним з основних елементів дизеля, у ряді випадків не забезпечує його необхідну надійність в умовах експлуатації й обумовлює 25...30% всіх відмов двигуна [1].

Імовірність настання відмови елементів ПНВТ визначається безліччю факторів, які можна розділити на дві групи – конструктивні та експлуатаційні. До перших відносяться чинники, від яких залежить якість виготовлення, складання вузлів паливної апаратури, їх обкатки, а також конструкційні особливості вузлів і агрегатів. До експлуатаційних чинників відносять природно-кліматичні умови, характер і інтенсивність роботи дизеля, методи та кваліфікаційний рівень ТО і ремонту і т.д.

Наявність води у пальному викликає корозію деталей насоса, порушення рухливості або заклинювання плунжера, поломку елементів приводу плунжера та інше. Використання альтернативних видів палива (ріпакової олії, жирного кислотного метил-ефіру тощо) призводить до появи відкладень, смолистих утворень на деталях і вузлах ПНВТ, розпушування і руйнування неметалічних ущільнювачів. У насоса з електронним керуванням такі відкладення можуть викликати зміну характеристик керування процесом паливоподачі, що негативно вплине загалом на роботу дизельного двигуна.

У ПНВТ системи Common Rail несправності пов'язані, насамперед, із зносом плунжерів, штовхачів, поверхонь ексцентрикової обойми приводного вала і зворотних клапанів високого тиску. Як наслідок – зниження продуктивності насоса, що може викликати зупинку дизеля, або раптовим перериванням роботи за командою блоку керування через неможливість забезпечення заданого рівня тиску.

Характерними є такі несправності, зокрема, насосів типу Bosch CR:

– дефекти клапанів. Найменша негерметичність будь-якого з автоматичних клапанів (впускних або нагнітальних різних секцій) призводить до неможливості досягнення високих тисків. Через негерметичність клапанів може довгий час не працювати навіть новий насос; пізніше (через кілька годин) працездатність відновлюється.