

УДК 625.032.821

В. П. ВОЛКОВ, д-р техн. наук, проф. ХНАДУ, Харьков
Ю. В. ЗЫБЦЕВ, ст. преп. ХНАДУ
В. И. ЯРМАК, инж. ХНАДУ

УТОЧНЕНИЕ МЕТОДИКИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЯ ПО ВЫБЕГУ

При уточнении методики доказано, что при отсутствии достаточно длинного участка шоссе для дорожного диагностирования автомобиля методом выбега разгон можно проводить на III или II передачах, а выбеги – со скоростей 50 или 40 км/ч до 20 км/ч.

Ключевые слова: автомобиль, диагностирование, выбег, эксперимент, модель.

Введение. Общее диагностирование автомобиля по разгону и выбегу на дороге затруднено отсутствием прямых горизонтальных участков большой длины. Тем не менее, из-за отсутствия достаточного количества автосервисных предприятий, на которых с помощью специального оборудования можно произвести оценку технического состояния автомобиля, продолжается поиск простых методов общего диагностирования автомобиля.

Анализ последних достижений и публикаций. В работах [1,2] предложено проводить разгоны на понижающих передачах, а выбеги – с малых скоростей. Расчеты, выполненные по общепринятой математической модели сопротивлений движению автомобиля показали, что можно использовать III и II передачи. Показано, что для надежного диагностирования, т.е. четкого различения допустимого и недопустимого состояний объекта, необходимо знать фактическую массу тестового автомобиля и водителя, приведенные массы двигателя, трансмиссии и колес.

Цель и постановка задачи. Целью настоящей работы является уточнение методики общего диагностирования автомобиля в дорожных условиях.

Методика, условия и ход эксперимента. Для уточнения методики и проведения дорожного эксперимента выбрана дорога (рис.1), которая имеет два горизонтальных участка: длинный протяженностью около 1700 м, покрытие – асфальтобетон поверх бетонных плит, состояние хорошее.

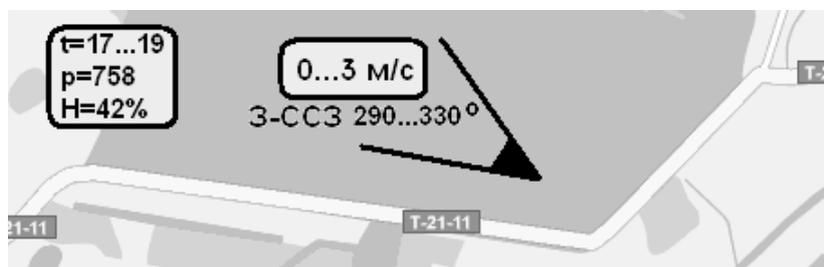


Рисунок 1 – Место и условия проведения эксперимента

Эксперимент проведен 11.09.21012 при температуре $t=+16,8...19,3^{\circ}\text{C}$, относительной влажности $H=42\%$, давлении $p=101\ 058$ Па (758 мм рт. ст.). Ветер от западного до западно-северо-западного, скорость в период замеров постепенно возрастала от 0 до 3 м/с (на высоте 12 м; на высоте центра давления легкового

автомобіля, т.е. около 1 м, – примерно вдвое меньше). Плотность воздуха (1,201 кг/м³) рассчитана по формуле Международного бюро мер и весов:

$$\rho_{\text{л}} = \frac{0,464554 p - H(0,00252 t - 0,020582)}{273,15 + t} \quad (1)$$

Объект испытаний – седан Volkswagen Passat B4 с шинами Michelin Energy Saver 185/70 R14 88T (у новой шины радиус качения R_к=298 мм, у тестового автомобиля остаточная глубина рисунка протектора 3,5...4 мм, принятый R_к=294 мм; момент инерции колеса с шиной 0,659 кг·м² [2]). Двигатель Volkswagen 2E 2,0 л (85 кВт при 5400 мин⁻¹, 166 Нм при 3200 мин⁻¹), привод передний, механическая коробка передач (передаточные числа I – 3,778; II – 2,105; III – 1,345; IV – 0,971; V – 0,795, главной пары 3,945). Снаряженная масса автомобиля по паспортным данным – 1155 кг, по взвешиванию на весовом устройстве тормозного стенда Beissbarth BD600 – 1197 кг. Полная масса автомобиля при эксперименте – 1486 кг.

Коэффициент аэродинамического сопротивления взят у предшествующей модели и составляет C_x=0,29.

Внешняя скоростная характеристика двигателя позаимствована из материалов шведского исследовательского института Rototest [3, рис.2]. Поскольку крутящий момент измерялся на ступицах ведущих колес, эта кривая учитывает и потери в трансмиссии. Для удобства пользования была выполнена кусочная аппроксимация: от 1800 до 6000 мин⁻¹ – полиномом шестой степени, до 1800 мин⁻¹ – линейной функцией. Уравнения аппроксимации приведены на диаграмме.

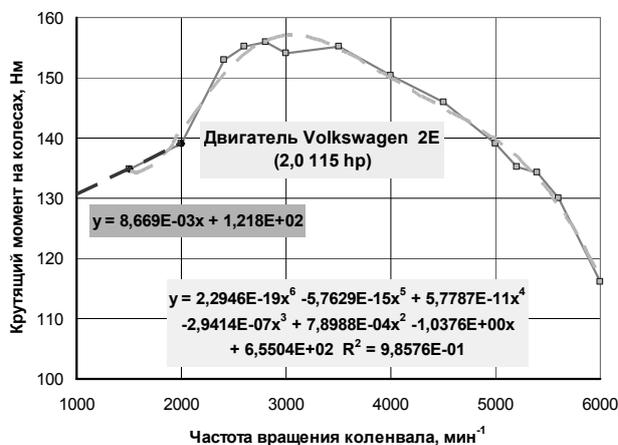


Рисунок 2 – Зависимость крутящего момента на ведущих колесах от частоты вращения коленчатого вала

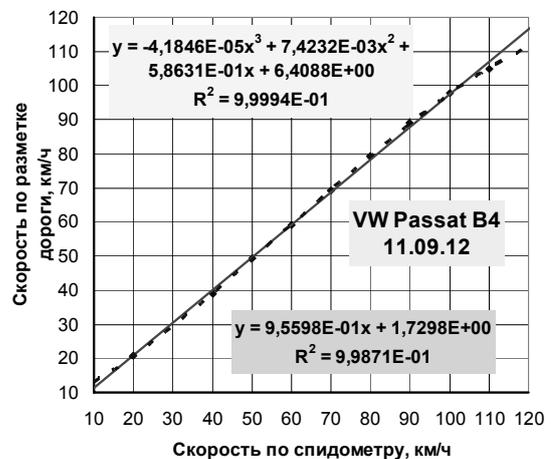


Рисунок 3 – Градуировка спидометра тестового автомобиля VW Passat B4 по разметке дороги

Процессы разгона и выбега регистрировались путем видеозаписи движения стрелки спидометра цифровым фотоаппаратом с частотой 30 кадров в секунду и видеозаписи проезда мимо барьерного ограждения. Барьерное ограждение набрано из стандартных элементов заводского изготовления, шаг стоек 4,0±0,01 м. Таким образом, ограждение образует разметку дороги, отчетливо видную на видеозаписях.

Параллельно ручним прийомником GPS моделі Magellan Triton 300 записували трек. Спидометр проградуирован по видеозаписи ограждения (рис.3).

Заезды проводились в двух направлениях: на восток («туда») и на запад («обратно»). На длинной плотине выполнялись разгоны на разных передачах до наибольших возможных скоростей (не выше 120 км/ч) с последующим выбегом, на короткой – разгоны на II – III передачах и выбеги со скоростей 40...50 км/ч.

Разгоны на IV передаче выполнялись в диапазоне скоростей от 60 до 120 км/ч; на III передаче – от 50 до 90, на II – от 0 до 80 км/ч. Эксперимент по разгону на I передаче с полной подачей топлива не удался – сразу срабатывает ограничитель оборотов двигателя, автомобиль не трогается с места.

Порядок испытания был таким: водитель разгонял автомобиль на подъезде к мерному участку дороги до скорости, на которой можно безопасно пройти поворот, затем, выйдя на прямую, включал нужную передачу и увеличивал подачу топлива до максимума, после чего включал видеозапись. Эта информация, записанная на звуковой дорожке, помогает идентифицировать видеоклипы и синхронизировать записи с двух видеокамер. Значения времени определялись по обработке видеозаписей спидометра, значения пути – по обработке видеозаписей ограждения дороги.

Обработка и анализ результатов эксперимента. Видеозаписи обрабатывали на компьютере в программе VirtualDub – находили в режиме покадрового просмотра моменты прохождения стрелкой спидометра рисок на шкале и строили диаграмму $V(t)$. По видеозаписям ограждения строили графики $S(t)$, которые затем сглаживали полиномами 3-й или 4-й степени и далее численно дифференцировали, получая диаграммы скорости $V(t)$ и замедления $j(V)$.

Диаграммы группировали по месту и направлению заездов (длинная или короткая плотина, туда или обратно). Усредненные значения времени выбега на длинной плотине приведены в табл. 1 и проиллюстрированы на рис. 4 в сопоставлении с расчетными. расхождения с экспериментом невелики. Спидометр VW Passat B4 не имеет отметок скорости ниже 20 км/ч, поэтому таблица и диаграмма ограничены этим значением.

Таблица 1 – Время достижения скорости V (км/ч) при выбеге на длинной плотине, с

| | | | | | | | | | | | |
|-------------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| V, спидом. | 120 | 110 | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 |
| V, градуир. | 113,9 | 105,0 | 97,4 | 88,8 | 79,4 | 69,5 | 59,3 | 49,1 | 39,1 | 29,5 | 20,8 |
| t на восток | 0,0 | 6,1 | 14,4 | 23,3 | 33,0 | 44,6 | 58,7 | 73,7 | 91,5 | 112,2 | 134,6 |
| t на запад | 0,0 | 7,0 | 14,8 | 23,7 | 33,8 | 45,9 | 60,1 | 74,7 | 92,3 | 114,0 | 137,7 |
| t среднее | 0,0 | 6,6 | 14,6 | 23,5 | 33,4 | 45,3 | 59,4 | 74,2 | 91,9 | 113,1 | 136,1 |

Влияние ветра оказалось пренебрежимо малым (табл. 1). Общую среднюю диаграмму хорошо ($R^2 = 0,99986$) аппроксимирует выражение

$$V = 2,6456 \cdot 10^{-8} t^4 - 1,3962 \cdot 10^{-5} t^3 + 5,006 \cdot 10^{-3} t^2 - 1,1693 t + 113,37. \quad (2)$$

По сглаженным этой функцией значениям скорости рассчитана диаграмма замедления (рис. 5).

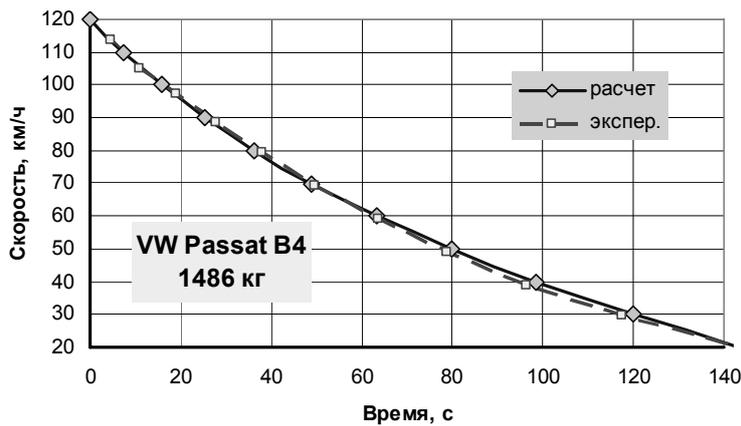
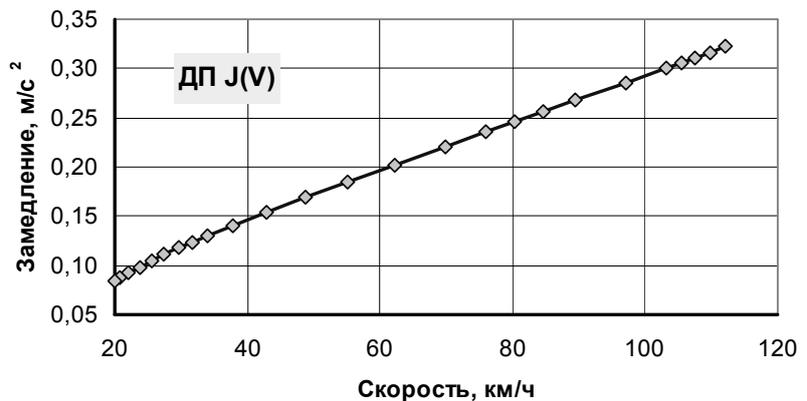


Рисунок 4 – Усредненная диаграмма выбега на длинной плотине – экспериментальная и расчетная

Рисунок 5 – Зависимость замедления выбега от скорости



Эти результаты позволили уточнить коэффициенты сопротивления воздуха и качения с учетом рекомендаций работы [6]. Расчеты, как и ранее, выполнены в разных вариантах: с постоянным и переменным показателем степени α , при разных сочетаниях высокой и низкой скорости (рис. 6).

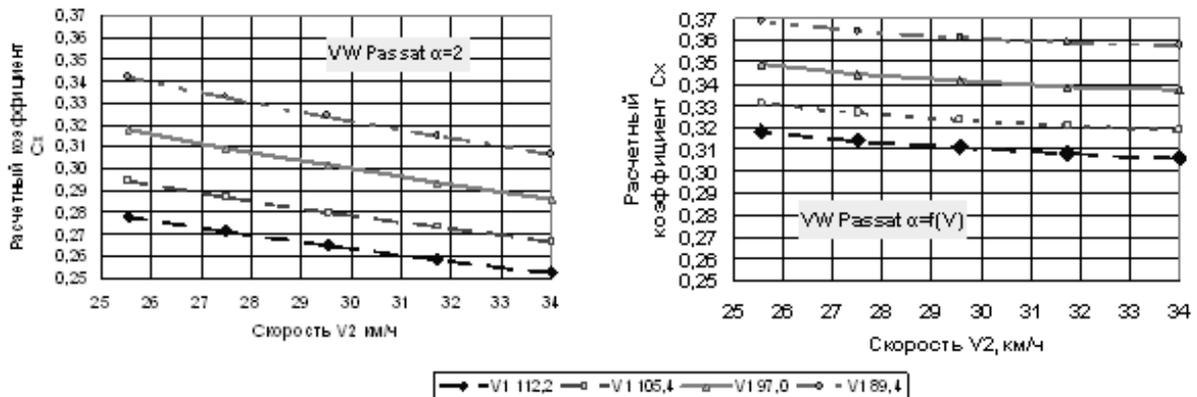


Рисунок 6 – Расчет коэффициента аэродинамического сопротивления C_x при постоянном (слева) и переменном значении показателя степени α

Как видно из рисунка, расчет с переменным значением α дает результаты, менее чувствительные к выбору скоростей V_1 и V_2 . Диапазон возможных значений меньше (0,65 вместо 0,9), сами значения более реальны (0,305...0,37 против 0,25...0,34).

Окончательно для расчета C_x были выбраны скорости по рекомендациям [4]: « C_x следует вычислять по данным выбега при $v_1=113...123$ и $v_2=27...49$ км/ч». Принято $V_1=112,2$ км/ч, $V_2=30$ км/ч. При таком сочетании $C_x=0,31$, $\psi=0,010$. Напомним, это результаты для дороги. В аэродинамической трубе C_x на 5...10% меньше [5], т.е. 0,282...0,295, что достаточно близко к возможным для этой модели значениям. Коэффициент сопротивления качению 0,010 вполне реален для шин класса ЕСО фирмы Michelin – (0,0086...0,0125) [6].

Результаты обработки данных разгона представлены в табл. 2 и проиллюстрированы на рис. 7 в сопоставлении с расчетными данными.

Таблица 2 – Время достижения скорости V (км/ч) при разгоне на разных передачах, с, и соответствующий путь, м

| | | | | | | | | | | |
|----------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| V, спид. | 30,0 | 40,0 | 50,0 | 60,0 | 70,0 | 80,0 | 90,0 | 100,0 | 110,0 | 120,0 |
| V, град. | 29,5 | 39,1 | 49,1 | 59,3 | 69,5 | 79,4 | 88,8 | 97,4 | 105,0 | 113,9 |
| Время, с | | | | | | | | | | |
| IV пер. | | | | 0,0 | 2,2 | 4,7 | 7,1 | 9,8 | 12,6 | 16,0 |
| III пер. | | | 0,0 | 2,3 | 4,3 | 6,4 | 8,4 | | | |
| II пер. | 0,0 | 1,3 | 2,6 | 4,0 | 5,4 | 7,2 | | | | |
| Путь, м | | | | | | | | | | |
| IV пер. | | | | 0,0 | 43,0 | 92,5 | 134,6 | 186,0 | 273,0 | 481,6 |
| III пер. | | | 0,0 | 33,1 | 66,2 | 98,3 | 128,8 | | | |
| II пер. | 0,0 | 66,9 | 96,7 | 127,5 | 158,5 | 188,8 | | | | |

Как видно из табл. 2, разгон на понижающих передачах действительно требует намного меньшей длины мерного горизонтального участка.

Если считать недопустимым снижение крутящего момента на 15%, то можно оценить надежность различения допустимого и недопустимого состояний (100 и 85% крутящего момента). Так, на IV передаче (рис. 7, верхняя диаграмма) различие во времени достижения скорости 113,9 км/ч (120 по спидометру) составляет 18,4 – 14,9=3,5 с – такое различие легко регистрирует при ручной засечке даже неподготовленный человек. Тестовый автомобиль показал среднее время разгона 16 с, что соответствует 95% крутящего момента.

На III передаче (рис. 7, средняя диаграмма) тестовый автомобиль разогнался от 49,1 до 88,8 км/ч (от 50 до 90 по спидометру) за 8,4 с, это приблизительно 91% крутящего момента. Разность по времени между допустимым и недопустимым состояниями на этой скорости – 1,3 с. Здесь для правильной постановки диагноза уже потребуется некоторый навык в засечке времени.

Такая же разность во времени в испытаниях на II передаче (рис. 7, нижняя диаграмма), где выполнен разгон от 29,5 до 79,4 км/ч (от 30 до 80 по спидометру) за 7,2 с, это приблизительно 92% крутящего момента.

Экспериментальные графики на трех диаграммах по-разному проходят относительно расчетных. Это можно объяснить либо тем, что кривая крутящего момента тестового двигателя отличается от использованной в расчетах, либо неточностью замеров.

Необходимо признать, что эксперимент проведен недостаточно качественно, количество замеров, оставшихся после отбраковки, слишком мало. Тем не менее, он позволяет сделать определенные выводы.

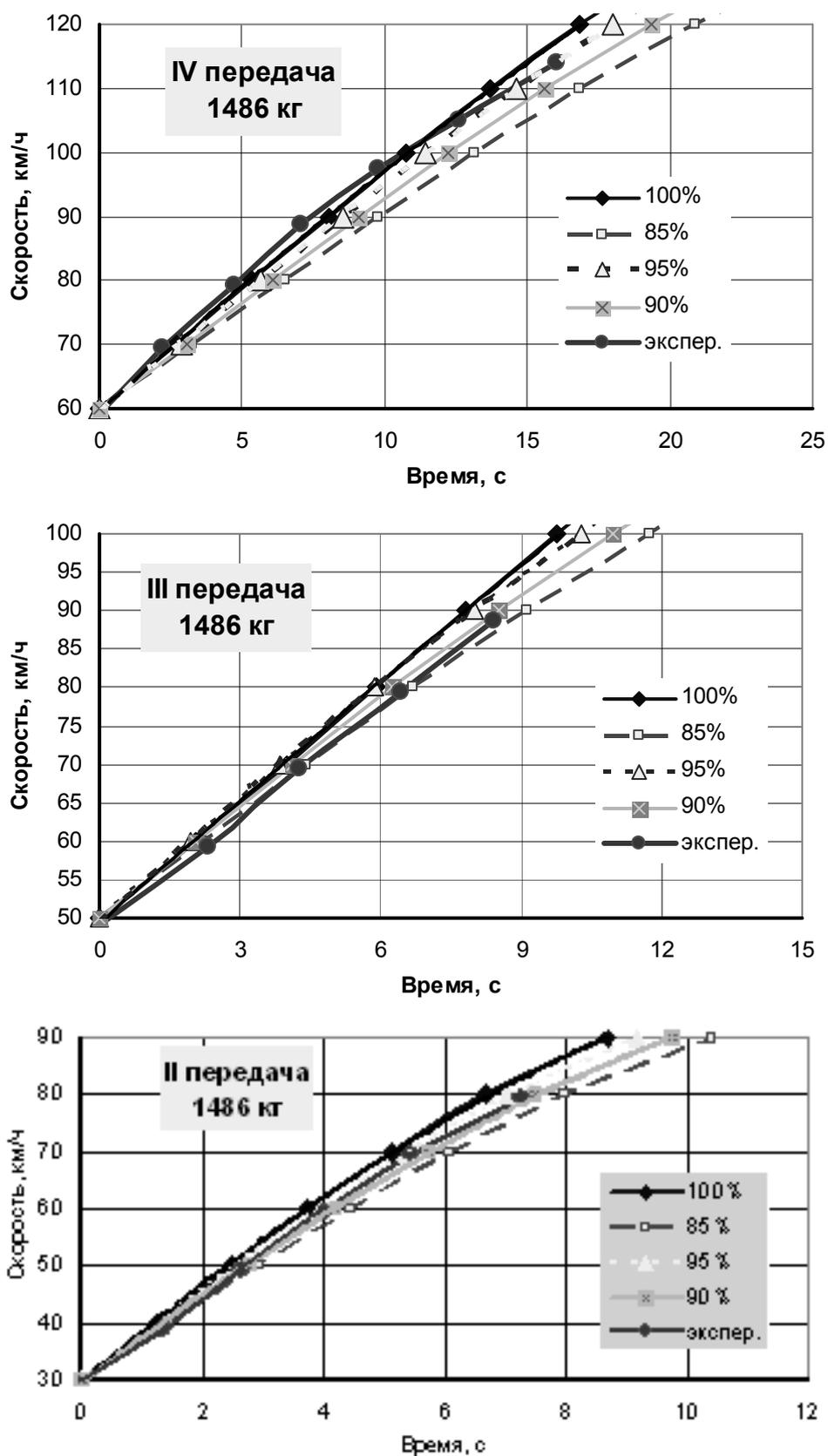


Рисунок 7 – Расчетные и экспериментальные графики разгона на разных передачах

Выводы

1. Дорожная проверка по разгону на понижающих передачах возможна. При этом требуемая длина горизонтального участка дороги на понижающих передачах значительно меньше, чем на 4-й передаче, близкой к прямой.

2. Время движения накатом от 50 до 20 км/ч составляет 61,9 с, что вполне достаточно для надежной фиксации. Но путь выбега при этом достигает 590 м, что не всегда возможно. Если ограничиться диапазоном 40...20 км/ч, то время будет вполне ощутимым (44,2 с), а путь – около 365 м. Такой отрезок горизонтальной дороги встречается достаточно часто.

3. Коэффициент аэродинамического сопротивления автомобиля VW Passat B4, определенный методом выбега на дороге, составляет около 0,31 при лобовой площади 2,09 м² и массе автомобиля с тремя участниками эксперимента 1486 кг.

4. Расчеты параметров разгона и выбега, выполненные по общепринятой модели сопротивлений, незначительно расходятся с результатами эксперимента.

Список литературы: 1. Рабинович Э.Х. Измерение тягово-скоростных показателей автомобиля по времени разгона на разных передачах. / [Рабинович Э.Х., Волков В.П., Зыбцев Ю.В.] / Український метрологічний журнал. – 2012. – №4. – С.47-52. 2. Рабинович Э.Х., Зуев В.А. Учет моментов инерции автомобильных колес в задачах диагностики тормозных и тяговых свойств // Сб. «ЕКОВАРНА '2007». Технически университет – Варна. – С. 709-715. 3. RRI.SE / Powertrain Performance Graphs. Volkswagen Golf 2.0 -97 (85 kW) / [Электронный ресурс] Доступ к статье: <http://www.rri.se/popup/performancegraphs.php?ChartsID=335>. 4. Измерение аэродинамического сопротивления движению автомобиля дорожным методом / [Рабинович Э.Х., Волков В.П., Зуев В.А., Никитин Д.В.] – Метрологія та вимірювальна техніка: VIII Міжнар. наук.-техн. конф. «Метрологія-2012» – 9-11 жовтня 2012 р., Харків: наук. праці. – Харків: ННЦ «Інститут метрології», 2012. – С. 390-393. 5. Петрушов В.А., Московкин В.В., Евграфов А.Н. Мощностной баланс автомобиля. М.: Машиностроение, 1984. – 160 с. 6. BOSCH. Автомобильный справочник. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 992 с.

Поступила в редколлегию 30.11.2012

УДК 625.032.821

Уточнение методики диагностирования автомобиля по выбегу / В. П. Волков, Ю. В. Зыбцев, В. И. Ярмак // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування, 2012. – № 64 (970). – С. 36–42. – Бібліогр.: 6 назв.

За уточнюною методикою доведено, що при відсутності достатньо довгої ділянки шосе для дорожнього діагностування автомобіля розгони можна проводити на III або II передачах (але не на I), а вибіги – зі швидкостей 50 або 40 км/год до 20 км/год.

Ключові слова: автомобіль, діагностування, вибіг, експеримент, модель.

At technique specification it has been proved that at lack of a comparatively long highway section for vehicle diagnostics under road conditions by means of running-out, acceleration can be gained at the 3rd or 2nd speed, but running-out – starting from the speeds of 50 or 40 km/h up 20 km/h.

Key words: vehicle, diagnostics, running-out, experiment, model.