



УДК 625.032.821

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНОГО СПИДОМЕТРА В ИССЛЕДОВАНИЯХ В КАЧЕСТВЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Э.Х. Рабинович, кандидат технических наук, доцент Харьковского национального автомобильно-дорожного университета (ХНАДУ)

Д.В. Абрамов, кандидат технических наук, доцент ХНАДУ, г. Харьков

Ю.В. Зыбцев, инженер, старший преподаватель ХНАДУ, г. Харьков



Э.Х. Рабинович

Д.В. Абрамов

Ю.В. Зыбцев

По результатам эксперимента показано, что проградуированный спидометр с некоторыми ограничениями можно использовать для измерения скорости в научных исследованиях движения автомобиля.

According to the results of the experiments it was shown that the graduated speedometer with some limitations can be applied form measurement of speed in scientific researches of automobile motion.

Введение

Скорость – важнейший параметр движения автомобиля. В прикладных научных исследованиях, связанных с дорожными испытаниями, измерение скорости является первостепенной задачей. По изменениям скорости оценивают ускорения и замедления автомобиля, по ним рассчитывают действующие силы, которые чаще всего являются искомыми показателями. Поэтому исследования методов измерения скорости автомобиля важны и актуальны.

Состояние вопроса и задачи исследования

Ранее основным средством измерений при испытаниях было “пятое колесо” – сравнительно недорогое устройство, измеряющее путь подсчетом оборотов велосипедного колеса. Основной недостаток – применение колеса с пневматической шиной, то есть с недостаточно стабильным радиусом

и возможным проскальзыванием. Датское устройство DYNOMET работало по тому же принципу, но снимало показания непосредственно с колеса автомобиля. В этом случае вариация радиуса была значительно выше. Ему на смену пришли системы CORRSYS-DATRON (Германия) с бесконтактным оптическим спидометром CORREVIT – устройства высокой точности, но из-за наружного навешивания на автомобиль несколько искажающие его аэродинамику (до 2,8 %). Оба последних устройства отличались высокой ценой, порядка \$ 20 тыс. В последние годы все чаще используют приборы VBOX (Velocity Box) британской фирмы “RACELOGIC”. Они не нарушают аэродинамики автомобиля, несколько дешевле (около \$ 10 тыс., а в сильно упрощенном варианте – всего \$ 2400). Все эти устройства слишком дороги для небольших исследовательских групп, а тем более аспирантов.

В ХНАДУ была разработана методика исследований, использующая доступные, распространенные и недорогие средства измерений – градуированный спидометр и обычную бытовую технику: фотоаппараты, мобильные телефоны с видеокamerой и навигаторы или приемники GPS. Впервые мы писали об этом в 2008 г. [1] и с тех пор не раз возвращались к этой теме. Главная проблема – градуировка спидометра.

Задача настоящего исследования – обосновать наилучший способ градуировки на примере спидометра автомобиля Lada Priora и проверить возможности спидометра как средства измерений скорости в неустановившихся режимах.

Градуировку выполняют либо путем сравнения с показаниями более точного устройства, либо параллельным измерением пути и времени и последующим вычислением скорости на этом пути. В недавней работе [2] рассказано о градуировке цифрового спидометра автомобиля Honda Civic 4D первым способом – по показаниям приемника GPS.

Для применения второго способа нужны надежные базы расстояния и времени.



Рис. 1. Испытательная дорога (фото и спутниковая карта)

Использование ограждения дороги в качестве базы расстояния

Значительная часть наших экспериментов проводится на дороге, идущей по дамбе водохранилища [3]. Эта дорога (рис. 1) достаточно удобна для испытаний и состоит из двух прямых горизонтальных участков. Покрытие в хорошем состоянии. Длина от начала большого прямого участка до начала поворота приблизительно 1700 м: по электронной карте “Google Earth” – 1696 м, по “Яндекс. Карты – Украина” – 1720 м. Если же брать длину до середины поворота, она по тем же картам близка к 1750 м.

Дорога защищена стандартным барьерным ограждением типа 11ДО4 высотой 0,75 м в соответствии с ГОСТ 26804-86, которое набрано из элементов заводского изготовления, что обеспечивает довольно точный шаг стоек: $(4 \pm 0,010)$ м – по

стандарту, $(4 \pm 0,005)$ м – по замеру металлической рулеткой. Кроме того, вдоль дамбы установлены столбы освещения с шагом 30 м. Дополнительно на штампованные двухволновые балки ограждения в сборе нанесены полосы – черные длиной 1 м и белые по 2 м. Тщательные проверки показали, что шаг полос соблюден хорошо. Длина основного участка дороги до середины поворота составила в подсчете по стойкам 1754 м, а по полосам – 1752 м (расхождение 0,1 %). Длина меньшего участка – 756 м по стойкам и 751 м по полосам.

Новейшие спутниковые карты 2014 г. с высоким разрешением позволяют проверить шаг столбов освещения и черно-белых полос (рис. 2, 3).

На врезке “Линейка” (рис. 2) указано расстояние между 1-м и 11-м столбом освещения. Оценка расстояния зависит от точности установки визира в крайних точках.

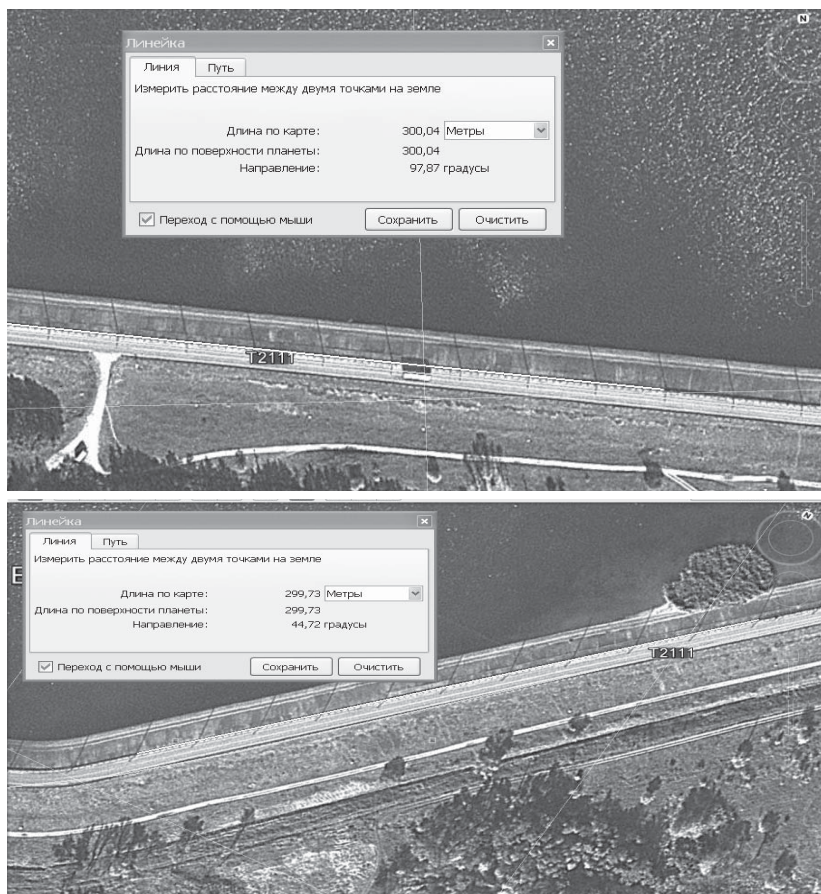


Рис. 2. Фрагменты спутниковой карты длинного и короткого участков дороги

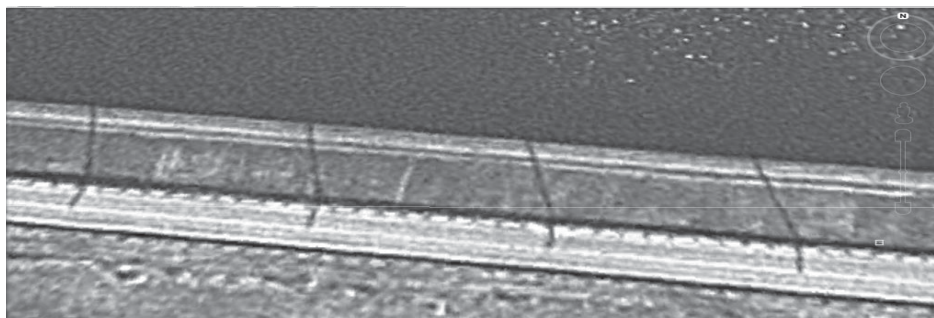


Рис. 3. Увеличенный фрагмент спутниковой карты длинного участка

Из рис. 3 видно, что в двух пролетах между столбами (60 м) помещается 20 пар черных и белых полос.

Приведенные фотографии подтверждают, что барьерное ограждение может быть использовано в качестве надежной разметки дороги с “ценой деления” 1, 2, 3 и 4 м (рис. 4). Путь разгона и выбега автомобиля, исчисляемый сотнями метров, по этой разметке может быть измерен достаточно точно.

База отсчета времени

За базу отсчета времени принято время Интернета — распространенный и легкодоступный показатель. Калибровка внутренних часов фотоаппаратов и видеокамеры мобильного телефона Apple Iphone 4 выполнялась видеосъемкой часов Интернета с экрана компьютера и последующим просмотром в режиме стоп-кадра в программе Virtual Dub (рис. 5). Съемка выполнялась на протяжении 3 мин, что соответствует наибольшей продолжительности испытательных режимов в наших экспериментах. Фиксировалось время появления первого кадра нужной индикации после предыдущего значения (например, первого кадра с индикацией “23:11:30” после индикации “23:11:29”). Результаты калибровки приведены в табл. 1.

Как видно из таблицы, наибольшая средняя совместная погрешность определения времени фотоаппаратом и программой VirtualDub составляет 0,22 %, а после замены батареек еще уменьшается. Погрешность имеет случайный характер и не накапливается (накопленная за 3 мин погрешность совпадает со средней).

Время приемника GPS не проверяли, так как украинский сервер точного времени time.in.ua синхронизирован с временем GPS.

Методика, ход и результаты градуировки

Отработка методов градуировки проводилась на автомобиле Lada Priora BA3-21703 с кузовом седан и зимними шинами Fulda Kristall Montero 3 M + S 185/60 R14 82T. Снаряженная масса — 1087 кг, на борту 4 человека. Общая масса автомобиля с людьми и оборудованием — 1454 кг.

Порядок выполнения градуировки был таким: водитель вел автомобиль, выдерживая заданную руководителем скорость, и снимал на видео движение стрелок спидометра и тахометра. Первый фотовидеооператор снимал ограждение. Руководитель эксперимента задавал режимы (скорость и длительность площадки) и снимал показания приемника GPS, настроенного

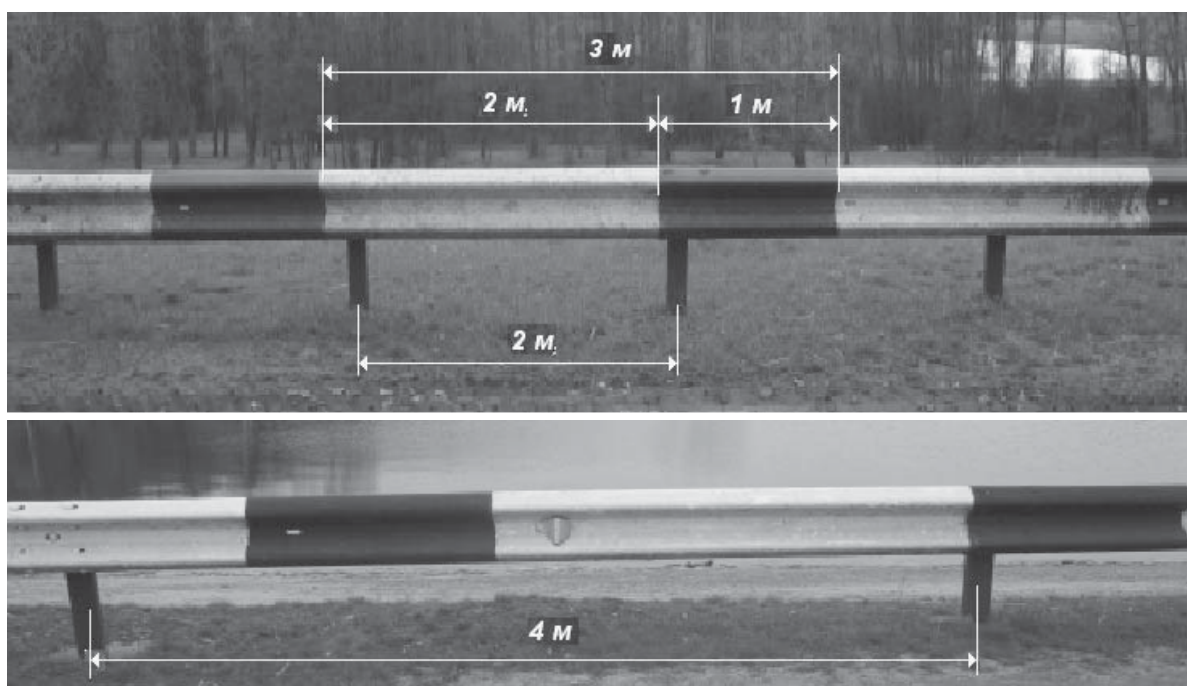


Рис. 4. Использование ограждения в качестве разметки дороги на участках с шагом стоек 2 и 4 м



Рис. 5. Часы Интернета, снятые с монитора фотоаппаратом Canon PowerShift A700, на экране монтажной программы VirtualDub

на индикацию текущей скорости. Оператор комплекса датчиков ускорения управлял работой комплекса и вел протокол в журнале эксперимента.

Градуировку выполняли тремя методами:

- а) сравнением показаний спидометра с показаниями приемника GPS;
- б) сравнением постоянной скорости по спидометру с частным от деления пути вдоль ограждения на время измерения;
- в) сравнением постоянной скорости по спидометру с частным от деления пути по треку GPS на время измерения.

Время измерения длилось от 70 до 120 с, выдерживать заданную скорость без отклонений так долго было трудно, поэтому по видеозаписям движения стрелки спидометра определяли продолжительность индикации t_i каждой скорости V_i и подсчитывали средневзвешенную скорость:

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n t_i \cdot V_i}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

Точность измерения методом “а” снижало регулярное автоматическое выключение подсветки экрана приемника GPS, которое имеет целью экономию заряда батарей. Приходилось снова включать питание. К середине дня (после окончания градуировки скорости 50 км/ч) снимать индикацию GPS стало невозможно: отражение солнечного света от бокового стекла попадало прямо на дисплей. Результаты градуировки приведены в табл. 2 и на рис. 2.

Значения фактической скорости по ограждению и по индикации GPS практически совпадают в четырех случаях из пяти, по треку заметно отличаются (рис. 6). Вероятно, самые точные значения дает видеозапись ограждения, исходящая из прямых замеров пути. Это предположение поддерживается и индикацией GPS. С другой стороны, трек – результат обработки спутниковых сигналов в самом приемнике, далее – в программе Vantage Point связи приемника GPS с компьютером и, наконец, в самом компьютере.

Итак, значения скорости по GPS практически совпадают со значениями по ограждению, которые достаточно точны по определению. Если обеспечить правильную подсветку дисплея GPS, то по нему выполнять градуировку лучше: меньше трудоемкость обработки.

Тип шин мало влияет на градуировку: на всесезонных шинах КАМА EURO 224 было получено градуировочное уравнение $y = 0,91575x - 0,7093$, на зимних шинах Fulda Kristall Montero 3

Таблица 1

Результаты калибровки внутренних часов фотоаппаратов

A700								m = 1,00221
0	30	60	90	120	150	180		tInet
4,7	35,066	64,999	94,899	124,832	154,732	185,098		tph
	1,0122	0,99777	0,99667	0,99777	0,99667	1,0122		tph / tInet
A2000								m = 1,00174
0	30	60	90	120	150	180	210	tInet
2,133	32,1	62,433	92,366	122,265	152,198	182,132	212,498	tph
	0,9989	1,0111	0,99777	0,99663	0,99777	0,9978	1,0122	tph / tInet
A700	Свежие батарейки							m = 0,99936
0	30	60	90	120	150	180	200	tInet
1,833	31,733	61,666	91,566	121,499	151,898	181,798	201,731	tph
	0,9966667	0,99777	0,99667	0,99777	1,0133	0,99667	0,99665	tph / tInet
iphone								m = 1,00089
0	30	60	90	120	150	180		tInet
11,846	41,873	71,902	101,912	131,92	162,005	192,007		tph
	1,0009	1,00097	1,00033	1,000267	1,002833	1,000067		tph / tInet

Результаты градуировки спидометра

V по спидометру	12	21,7	30	38,2	50	60	70	80	90	100
V по ограждению	10,96	19,84	26,40	34,63	45,00	55,30	62,86	72,67	81,54	91,16
V по треку	12,51	19,23	27,55	34,53	45,78	54,65	62,15	71,72	79,13	90,62
V по индикации GPS	10,99	18,93	26,66	34,58	45,11					

того же размера $y = 0,9106x - 0,2197$, то есть график шел на 0,49 км/ч ниже, а коэффициент наклона был больше на 0,0056, т.е. на 0,6 %. Разрыв по времени между этими двумя градуировками – 19 месяцев. Значит, характеристика спидометра, во-первых, близка к линейной, во-вторых, достаточно стабильна. Следовательно, можно не опасаться внезапных отклонений от градуировочного уравнения в ходе эксперимента (но перед каждым новым экспериментом градуировку следует повторить).

Работа спидометра в испытаниях по разгону и выбегу

Качество диаграмм (рис. 7), получаемых по показаниям спидометра при разгоне, зависит от диапазона скоростей и от темпа разгона. На первой передаче, когда весь процесс разгона укладывается в 5 с, конфигурация диаграммы далека от более подробной диаграммы, построенной по показаниям акселерометра, и максимальное ускорение завышено. Однако уже на второй передаче, где длительность процесса вдвое больше, расхождение между диаграммами намного меньше, а максимальные ускорения практически одинаковы (2,19 и 2,16 м/с²). На четвертой передаче, на участке установившегося разгона, разница между ускорениями, полученными тремя разными средствами, исчисляется единицами процентов (рис. 8).

В режиме выбега, где замедления невелики, точность построения диаграммы по спидометру намного лучше, чем при разгоне: время прохождения стрелкой спидометра делений шкалы намного больше, чем при разгоне, и погрешность его определения соответственно меньше (рис. 9).

Как видно из рис. 9, графики выбега, построенные по датчикам ускорений, по ограждению и по спидометру, достаточно близки. Важное преимущество спидометра и ограждения в этих измерениях – возможность надежного измерения самых малых замедлений (показания акселерометров в этом режиме неточны из-за ограниченной разрешающей способности). Кроме того, при малых ускорениях и замедлениях результаты измерения не искажаются демпфированием стрелки.

Главный недостаток большинства спидометров в роли измерительного прибора – отсутствие промежуточных отметок между оцифрованными точками.

Выводы

1. Проградуированный спидометр может быть использован в качестве средства измерений в исследованиях движения автомобилей, хотя и с ограничениями. Градуировку следует выполнять в установившихся режимах движения по разметке дороги или по индикации приемника GPS.

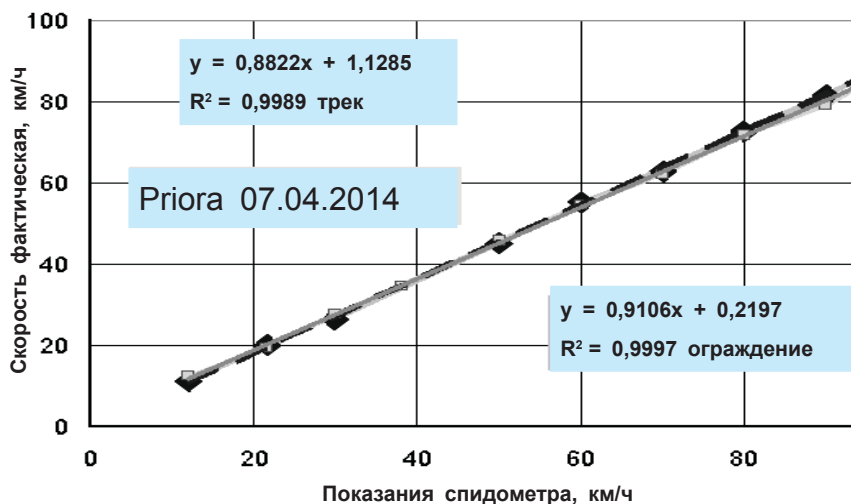


Рис. 6. Градуировочные графики спидометра по двум методам

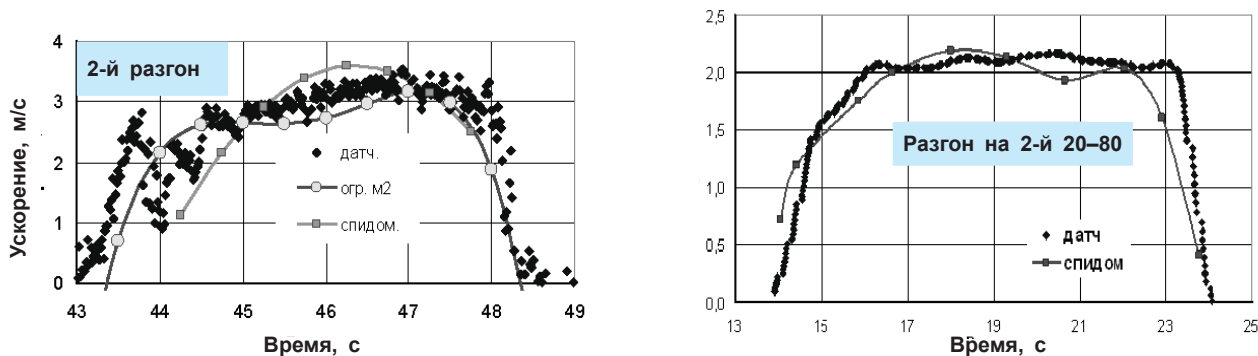


Рис. 7. Диаграммы ускорения на первой (слева) и второй передачах

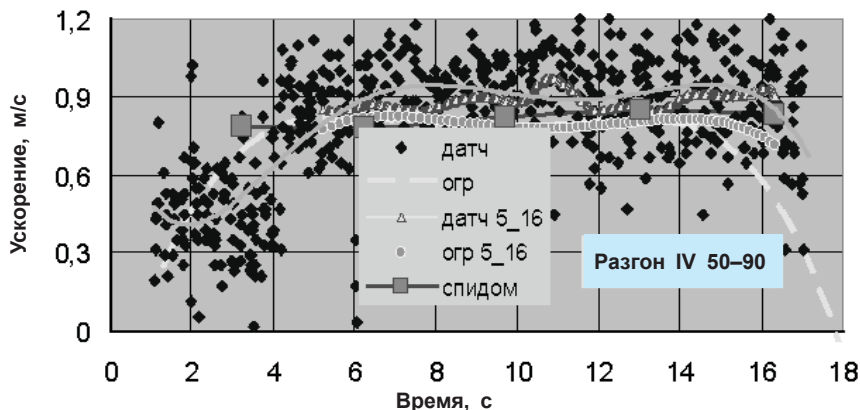


Рис. 8. Диаграммы разгона на четвертой передаче: общая и на участке стабильного ускорения

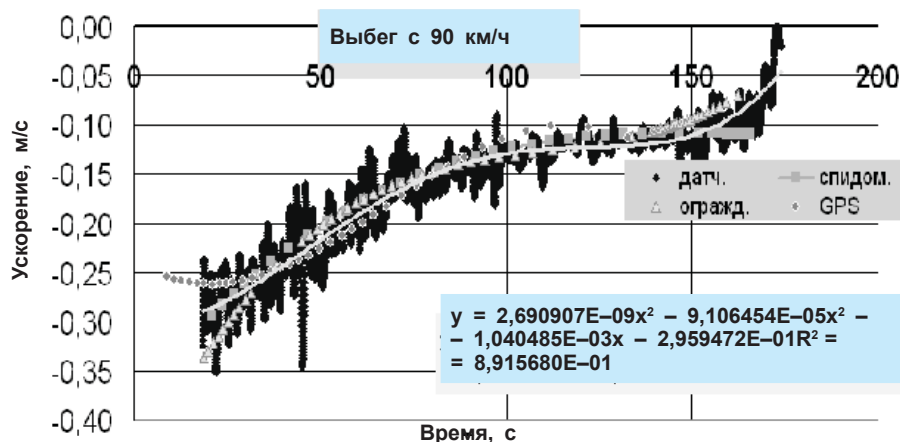


Рис. 9. Диаграмма выбега с 90 км/ч, полученная разными средствами

2. Чем выше ускорение, тем больше погрешность спидометра (из-за скоротечности процессов, демпфирования стрелки и ограниченной точности считывания).

3. В режиме выбега при малых замедлениях у спидометра показания точнее, чем у акселерометра.

Список литературы

1. Рабинович Э.Х. Определение сопротивлений движению автомобиля методом двукратного выбега / Э.Х. Рабинович, В.А. Зуев, Н.В. Воскобойников // Автомобильный транспорт: сб. науч. трудов. – Харьков: ХНАДУ, 2008. – Вып. 22. – С. 49–52.

2. Зыбцев Ю.В. Измерение скорости автомобиля при самодиагностике на дороге / Ю.В. Зыбцев // Український метрологічний журнал. – 2014. – № 1. – С. 35–41.

3. Рабинович Э.Х. Измерение сопротивления движению автомобиля Chevrolet Aveo дорожным методом / Э.Х. Рабинович, В.П. Волков, Е.А. Белогуров // Метрологія та вимірювальна техніка: VII Міжнар. наук.-техн. конф. “Метрологія – 2010”, 12–14 жовтня 2010 р., Харків: наук. праці: в 2 т. Т. 2. – Харків, ННЦ “Інститут метрології”, 2010. – С. 98–102.