

УДК 378.14:62-187:656.017.21

**Ткачева Татьяна Михайловна**, канд. физ.-мат. наук, доц.,  
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., tmtkach@rambler.ru

**Цибалов Кирилл Алексеевич**, студент,  
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., avtoman123@yandex.ru

**Шишкин Денис Олегович**, студент,  
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., shishkindenis4@yandex.ru

## ПОГРЕШНОСТИ ВИДЕОКАМЕРЫ, СПИДОМЕТРА И НАВИГАТОРА

**Аннотация.** В статье рассмотрены виды погрешностей, виды используемых приборов измерения скорости автомобилей, установленных как в моторе автомобиля, так и приборы видео и фото фиксации скорости движения автомобилей. Приведены особенности конструкции вышеприведенных устройств. Показано, что самым точным прибором является навигатор, который работает с использованием системы глобального позиционирования GPS при наличии интернета. Значения измерения скорости с помощью спидометров завышаются производителями автомобилей с целью обеспечения безопасности вождения. Проведено сравнение механических и электронных спидометров. Приведены факторы, от которых зависит точность измерения скорости спидометрами и видео фото-фиксаторами. Значения погрешностей видео и фотокамеры совпадают с пределом разрешенного превышения скорости автомобиля, что позволяет оспорить штраф за превышение скорости движения автомобиля. Показано, что наименьшей погрешностью обладает навигатор.

**Ключевые слова:** погрешность; измерения скорости; спидометр; видео-, фотокамера; навигатор; GPS.

**Tkacheva Tat'yana M.**, Ph. D., associate professor,  
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, tmtkach@rambler.ru

**Cibalov Kirill A.**, student,  
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, avtoman123@yandex.ru

**Shishkin Denis O.**, student,  
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, shishkindenis4@yandex.ru

## ERRORS OF THE VIDEO CAMERA, SPEEDOMETER AND NAVIGATOR

**Abstract.** Types of errors, types of the used devices for measurement of cars' speed installed in the car motor, and devices of video and photo speed fixing devices during the cars movement are considered in this paper. Construction features of the above-stated devices are given. It is shown that the most precision instrument is the navigator which works with use of system of global positioning of GPS in the presence of the Internet. Values of measurement of speed by means of speedometers are overestimated by producers of cars for the purpose of driving safety. Comparison of mechanical and electronic speedometers is carried out. Factors on which the accuracy of measurement of speed speedometers and video photo clampers

depends are given. The error values of the video and camera coincide with the limit of the allowed speeding of the car, which allows you to challenge the penalty for speeding the car. It is shown that the navigator has the smallest error.

**Key words:** error; measurements of speed; speedometer; video of photo camera; navigator; GPS.

## **Введение**

Управление транспортным средством по дорогам общего пользования требует выбора скорости движения. Для этого используют чаще всего спидометр, установленный в автомобиле. Наверное, почти каждый сталкивался с тем, что показания скорости движения автомобиля на спидометре не совпадали со скоростью, которую определяет навигатор. Не раз отмечено, что в показаниях фотокамеры-фиксатора присутствует погрешность, с учетом которой определяется скорость автомобиля. Кроме того, пользуясь навигатором, водитель легко может сравнить свою скорость и ту, что показывает спидометр. Всегда заметно расхождение, например, скорость спидометра 80 км/час, а навигатор показывает 73 км/час.

Сложив данные факты, возникает вопрос, какому же из этих приборов стоит доверять при движении по дорогам общего пользования, насколько же точны измерения данного оборудования, с которым жители мегаполисов сталкиваются каждый день.

Несомненно, для данного исследования необходимо знать, что такое погрешности, какие погрешности измерений являются заметными для определения скорости. Погрешности бывают трех видов [1]:

*Инструментальные или приборные погрешности* возникают при эксплуатации прибора и определяются точностью самого инструмента измерения. Как правило, такие погрешности представляют собой относительную погрешность и измеряются в процентах. Погрешность стрелочных и электроизмерительных приборов имеет специальное название «класс точности».

*Методические погрешности* являются следствием неправильного выбора методики измерений, а также использованными в данной методике упрощениями и допущениями.

*Случайные погрешности* наблюдаются в условиях отличных от нормальных (идеальных), например, при изменении условий окружающей среды или при отклонении от предписанных условий эксплуатации прибора.

Погрешности измерений – очень важная часть работы инженера, которых готовит МАДИ. Данное исследование является частью проектной работы кафедры физики МАДИ [2, 3].

Основной *целью* данного исследования является изучение погрешностей камер фото и видео фиксации, спидометров и навигаторов.

Для достижения данной цели необходимо: изучить конструкцию данных приборов, а также их принцип действия; определить погрешность камер фото и видео фиксации, спидометра и навигатора; определить наиболее точный прибор для определения скорости автомобиля.

## **Изучение конструкции и принципа действия спидометра**

### ***Механические спидометры***

По своей конструкции аналоговые спидометры бывают различных видов:

– стрелочные. Показания скорости считываются с круглого циферблата, значения на котором указывает стрелка;

– ленточные. В данном спидометре скорость автомобиля показывает окрашенная лента, которая перемещается вдоль горизонтальной шкалы.

Аналог ленточного спидометра, почти каждый из нас, мог увидеть на автомобилях на ВАЗ 2101 и 2102;

– барабанные. Показания считывались при помощи шкалы и цилиндра, вращение которого было напрямую связано со скоростью автомобиля.

### ***Аналоговый спидометр***

Стрелочный механический спидометр – одно из немногих аналоговых устройств определения скорости, которые и по сей день устанавливаются на многие автомобили. Теперь разберемся во внутреннем устройстве аналогового спидометра, работа которого непосредственно связана с явлением магнитной индукции.

Аналоговый спидометр состоит из следующих частей:

- червячный узел, находящийся в КПП автомобиля. Шестеренка червячного узла приводится в движение вторичным валом коробки переключения передач, что дает возможность определить скорость вращения приводов, которые напрямую связаны с колесами транспортного средства;
- тросиковый привод, один конец которого находится в червячном узле, а другой подходит к приборной панели;
- магнитный элемент;
- металлическая пластина, соединенная со стрелкой;
- пружина;
- шкала.

### ***Принцип работы аналогового спидометра***

Вращательное движение вторичного вала коробки передач через главную передачу соединено с червяком и шестеренкой, которая крепится к тросу. Таким образом, вращательное движение вторичного вала приводит в действие трос, который вращается внутри кожуха.

На одном из концов тросового привода закреплены стрелка и магнит, который находится рядом с металлической пластиной. Начиная двигаться, магнит вынуждает отклоняться металлическую пластину, пытаясь утянуть ее за собой. Из этого следует вывод, что чем быстрее вращается магнит, тем быстрее крутится пластина из металла, и тем большее показание мы будем видеть на спидометре.

### *Электронный спидометр*

В электронном приборе не устанавливается тросовый привод между непосредственным указателем скорости и вторичным валом КПП.

Показания электронного спидометра напрямую связаны с датчиком скорости, которые делятся на:

– *оптоэлектронный*. В корпусе автомобильной коробки передач находится скоростная часть в паре с тросом. Значения скорости автомобиля определяются благодаря импульсам, которые выдает фотопрерыватель. Чем больше скорость вращения троса, тем больше импульсов от фотопрерывателя и тем больше вероятность, что измеряется действительная скорость движения;

– *безтросовый*. В корпусе коробки переключения передач устанавливается магнитно-резистивный элемент (МРЭ). Ведомый вал этой коробки приводит в движение многополюсный магнит. Величина сопротивления МРЭ увеличивается или уменьшается из-за изменений магнитного поля. Изменение сопротивления ведет к возникновению импульсов благодаря применению мостовой схемы. В настоящее время существуют электронные спидометры на основе использования эффекта Холла.

Частота изменения выходного напряжения пропорциональна скорости вращения задающего диска. Именно фиксация частоты импульсов напряжения позволяет определить фактическую скорость автомобиля. В настоящее время датчик скорости не только показывает значение скорости автомобиля, но и фиксирует качество работы двигателя, то есть при смене передач и некорректной работе датчика скорости мотор может терять тягу, работать неустойчиво или даже заглохнуть.

### *Погрешность спидометра*

Абсолютно все спидометры определяют скорость движения неточно. Самое большое влияние на эту неточность оказывает калибровка самого

прибора, сделать которую идеально достаточно сложно. Кроме этого стоит учесть, что показания прибор считывает всего лишь с одного вала из оси главной передачи, обороты которого остаются неизменными при повороте автомобиля. Такого нельзя сказать о колесах автомобиля, при прохождении поворотов, колеса, находящиеся на внутренней траектории проходят расстояние гораздо меньшее, нежели внешние колеса. Наибольшее значение на точность показания спидометра оказывает размер колес транспортного средства. Чем больше диаметр у колеса, тем большее расстояние проходит автомобиль с таким же числом оборотов вала главной передачи. Погрешность спидометров может находиться в значениях 2–10%. Борясь за безопасность дорожного движения, автопроизводители всегда калибруют спидометры так, чтобы они всегда увеличивали значение реальной скорости. Погрешность показаний спидометра зависит от температуры окружающего воздуха, от передаточного числа главной пары и от других факторов.

Изменение передаточного числа с 4,44 на 3,9 меняет показания спидометра на 14%. Для достижения желаемой точности показаний спидометра необходима замена редуктора, установленного в нем. Погрешность показаний спидометра также зависит от степени износа установленного в спидометре редуктора и шин автомобиля. Суммарная ошибка показаний может превышать 10%.

Датчик скорости на автомобилях с передним приводом, чаще всего установлен на одном из ведущих колес. Точка соединения расположена после главной пары, что выявляет зависимость точности показаний спидометра от траектории движения автомобиля. Показания спидометра будут либо больше, либо меньше в зависимости от изгиба дороги. Установка шин другого размера также может влиять на точность показаний спидометра. Если длина внешнего обода колеса меньше регламентированного, то колесо за свой путь совершит больше оборотов,

и показания спидометра будут завышены. Аналогично показания спидометра будут занижены, если будет установлено колесо с диаметром, большим по сравнению с регламентируемым.

По внешним признакам мало кто отличит электронный спидометр от механического спидометра. При этом электродвигатель управляется электроникой. Электронные спидометры практически не имеют недостатков механических спидометров, Иначе говоря, у них нет люфта, нет износа троса, возвратной пружины и катушки, поэтому электронные спидометры точнее механических. Однако **погрешность электронных спидометров может достигать 5–7%.**

### **Изучение конструкции и принципа действия камер видео- и фотофиксации нарушений ПДД**

По принципу работы комплексы делятся на радарные, фотовидеофиксации и лазерные. Также они могут быть передвижными и стационарными.

#### ***Радарные камеры***

Их работа выполняется за счет радара-детектора. Для того чтобы запечатлеть госномера, радар-детектору требуется инфракрасная подсветка. В данных радарах высока погрешность, точность менее 70%.

Принцип работы радарных комплексов фиксации основан на эффекте Доплера. Эффект Доплера представляет собой изменение частоты (длины волны) излучения, воспринимаемое приёмником, вследствие движения источника и приёмника излучения. Если источник движется по направлению к приёмнику, то увеличивается частота, воспринимаемая приёмником (1), если источник удаляется от приемника, то частота, воспринимаемая приемником, уменьшается (2).

$$v = v_0 \sqrt{\frac{1 + v/c}{1 - v/c}} > v_0; \quad (1)$$

$$v = v_0 \sqrt{\frac{1 - v/c}{1 + v/c}} < v_0. \quad (2)$$

Самым распространенным комплексом отечественного производства фотовидеофиксации является комплекс «Стрелка-СТ». Он состоит из двух частей: широкоугольная камера и радар. Широкий угол обзора камеры позволяет системе фиксировать до пяти полос движения одновременно. Максимальная длина волны 830 нм (частота  $3,6 \cdot 10^{14} \text{ с}^{-1}$ ).

### *Лазерные камеры*

Вместо радара камера может использовать лазер. Эти лазерные камеры более продвинуты и способны улавливать скорость от 1,5 до 350 км/ч. Также лазер видит и другие нарушения: проехавших под красный свет, двигающихся по встречной полосе, выезжающих на выделенную полосу и паркующихся там, где это запрещено. Лазерная камера не справляется с плохой погодой.

Комплекс «АвтоУраган» может работать без радара. По количеству кадров, в которых виден государственный знак, определяется время, за которое автомобиль проходит определенный участок. Комплекс «АвтоУраган-ВСМ» может зафиксировать 16 видов нарушений ПДД фары. Так же «Автоураган-ВСМ» лег в основу системы «ПаркРайт», который отслеживает неправильную парковку.

### *Фотокамеры*

По времени, за которое автомобиль проезжает определенный участок, комплекс определяет нарушает ли водитель или нет. Фотокамеры контролируют не только приближающийся автомобиль, но и в удаляющийся.

Погрешность измерений у фотокамер равна 5%. Если сравнивать с радаром, комплекс фотокамер не может присвоить зафиксированную скорость другому автомобилю, он сразу фиксирует госзнак и сохраняет его на все время контроля данного автомобиля. Максимальная измеряемая скорость достигает 255 км/ч.



### *Изучение конструкции и принципа действия автомобильного навигатора*

Внутри каждого навигатора находится GPS-приемник, который настроен на определенную частоту и находится в тесной связи с определенным спутником. Каждый раз, посылая сигнал, спутник передает данные о своем техническом состоянии, а также координаты своего точного расположения на орбите и часовой пояс, в котором он находится.

В основе определения скорости с помощью GPS лежит эффект Доплера. В основе эффекта Доплера для упругих волн лежит постоянная скорость заполнения упругой волной среды, которая и является системой отсчета. Для электромагнитных волн такой среды не существует, следовательно, эффект Доплера для электромагнитных волн может быть дан только в рамках специальной теории относительности.

Соотношение, описывающее эффект Доплера для электромагнитных волн в вакууме, с учетом преобразований Лоренца, имеет вид:

$$v = \frac{v_0 \sqrt{1 - V^2/c^2}}{1 + (V/c) \cos \theta},$$

где  $c$  – скорость света;  $V$  – скорость источника относительно приемника;  $\theta$  – угол между направлением на источник и вектором скорости в систем отсчета приемника.

Алгоритмы расчета координат и скоростей связаны между собой, они корректируют и направляют друг друга, но, несмотря на это, можно увидеть разницу в показаниях. Следовательно, можно сделать вывод, что скорость, определяемая с помощью треков, является координатной, а скорость на экране является доплеровской.

### *Погрешность измерений GPS навигатора*

Погрешности, которыми обладает GPS, как приборные, так и методические, значительно меньше погрешностей спидометра.

Случайных погрешностей у GPS не выявлено. Следовательно, погрешность GPS может зависеть только от расположения спутников. Показания измерений скорости движения при помощи GPS могут зависеть от наличия рядом с навигатором высотных сооружений, высоких гор или деревьев, которые препятствуют движению сигнала и сужают видимой горизонт. Иногда, например, при частом разгоне и торможении автомобиля, значения скорости определяются с некоторым запозданием, что значительно снижает точность определяемых показаний. Погрешности измерения скорости с использованием GPS являются незначительными и наиболее точными по сравнению со всеми вышеупомянутыми приборами измерения скорости автомобиля.

### ***Результаты***

Подробное описание работы спидометра, камер видео и фото фиксации нарушений ПДД и навигатора даёт представление о том, как работают данные устройства, а также по каким причинам они имеют разные значения погрешностей.

Приведенные значения погрешностей (табл.) позволяют определить самый точный прибор для определения скорости движения автомобиля. Таковым является GPS навигатор.

*Таблица*

Сравнение погрешностей спидометра, фотокамеры и навигатора

<b>Наименование прибора</b>	<b>Относительная погрешность</b>
Механический спидометр	10–15%
Электронный спидометр	5–7%
Видеокамера	5%
Навигатор	~ 2%

### **Заключение**

1. Определен наиболее точный прибор для определения скорости автомобиля в условиях использования интернета – навигатор с GPS или с GLONASS.

2. Во всех других случаях более точные результаты измерения скорости можно получить при использовании электронного спидометра, несмотря на возможную нестабильность в его работе.

3. Следует помнить о погрешностях измерения скорости видео- и фото фиксаторами. Эти знания могут быть полезными при оспаривании назначенного штрафа за превышение скорости.

### Список литературы

1. Смык, А.Ф. Методические рекомендации по обработке результатов при выполнении лабораторных работ / А.Ф. Смык, Л.В. Спиридонова, Н.А. Симонова. – М.: МАДИ, 2017. – 44 с.
2. Ткачева, Т.М. Индивидуализация учебного процесса в техническом университете / Т.М. Ткачева, Г.Ю. Тимофеева // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2018. – № 2 (16). – С. 11.
3. Смык, А.Ф. История науки и техники как предмет исследовательской деятельности студентов младших курсов технического университета / А.Ф. Смык, Ю.А. Белкова, Л.В. Спиридонова // Вестник МАДИ. – 2016. – № 2 (45). – С. 3–10.
4. Современный спидометр: особенности и погрешности. – URL: <http://www.proffit2000.ru/info/23/76> (дата обращения: 15.09.2018).
5. Как работают автомобильные спидометры? – URL: <http://autolirika.ru/teoriya/ustrojstvo-spidometra.html> (дата обращения: 15.09.2018).
6. Знать в лицо: как работают камеры видеofиксации нарушений? – URL: <https://www.zr.ru/content/articles/904113-znat-v-litso/> (дата обращения: 15.09.2018).
7. Как работают камеры видеofиксации? – URL: [https://pikabu.ru/story/kak\\_rabotayut\\_kameryi\\_videofiksatsii\\_4464679](https://pikabu.ru/story/kak_rabotayut_kameryi_videofiksatsii_4464679) (дата обращения: 15.09.2018).

### References

1. Smyk A.f., Spiridonova L.V., Simonova N.A. *Metodicheskie rekomendatsii po obrabotke rezultatov pri vypolnenii laboratornyh rabot* (Methodical recommendations about processing of results when performing laboratory works), Moscow, MADI, 2017, 44 p.
2. Tkacheva T.M., Timofeeva G.Yu. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*, 2018, no. 2 (16), p. 11.
3. Smyk A.F., Belkova Yu.A., Spiridonova L.V. *Vestnik MADI*, 2016, no. 2 (45), pp. 3–10.
4. URL: <http://www.proffit2000.ru/info/23/76>
5. URL: <http://autolirika.ru/teoriya/ustrojstvo-spidometra.html>
6. URL: <https://www.zr.ru/content/articles/904113-znat-v-litso/>
7. URL: [https://pikabu.ru/story/kak\\_rabotayut\\_kameryi\\_videofiksatsii\\_4464679](https://pikabu.ru/story/kak_rabotayut_kameryi_videofiksatsii_4464679)