

## Информационное письмо

### Принцип работы, погрешности штатных датчиков уровня топлива и обоснование заявления о погрешности в 30%.

#### Введение

Штатный датчик уровня топлива (ДУТ) — это ключевой элемент системы информирования водителя о количестве топлива в баке. Несмотря на кажущуюся простоту, его работа сопряжена с рядом технических особенностей, обуславливающих погрешности. В данном документе подробно рассматриваются устройство, принцип действия и основные источники ошибок штатных ДУТ.

#### 1. Принцип работы штатного датчика уровня топлива

Наиболее распространенной в легковых автомобилях является классическая поплавочно-резистивная схема.

- **Измерительный элемент:** располагается внутри топливного бака. Представляет собой плавающий поплавок, механически соединенный с движущимся контактом (ползунком), который перемещается по резистивной дорожке (потенциометру).
- **Изменение сопротивления:** при изменении уровня топлива поплавок перемещается, изменяя положение контакта на потенциометре. Это приводит к изменению электрического сопротивления датчика.
- **Указатель на приборной панели:** Стрелочный или цифровой указатель получает сигнал (изменение силы тока или оцифрованное значение) от датчика. В современных автомобилях сигнал предварительно обрабатывается электронным блоком управления (ЭБУ), где применяется калибровочная кривая (для компенсации нелинейной формы бака) и алгоритмы сглаживания (демпфирования) для фильтрации колебаний.

**Важное примечание:** Алгоритмы обработки сигнала (сглаживание, калибровка) являются собственностью автопроизводителей и сильно различаются от марки к марке и даже от модели к модели. Это приводит к тому, что поведение указателя уровня топлива (скорость реакции, «залипание» показаний) может существенно отличаться на разных автомобилях при одинаковых условиях.

## 2. Источники погрешности штатных датчиков уровня топлива.

Точность показаний ДУТ зависит от множества факторов, что приводит к возникновению систематических и случайных погрешностей.

### 2.1. Основные источники ошибок

- **Нелинейная форма топливного бака:** Геометрия бака сложна и несимметрична (из-за необходимости обхода элементов кузова). Вследствие этого изменение положения поплавка на одну и ту же величину может соответствовать разному объему топлива. ЭБУ частично компенсирует это с помощью калибровочной таблицы.

- **«Мертвые зоны» («Пустой» и «Полный»):** в крайних положениях ход поплавка ограничен.

- При полном баке поплавок может упираться в ограничитель или быть частично погруженным, из-за чего показания «полный» могут держаться неизменными первые десятки километров. Это создает «мертвую зону» вверху бака, где реальный расход топлива не отражается на показаниях датчика.

- Вблизи пустого бака аналогичный эффект приводит к тому, что стрелка еще показывает остаток, хотя фактический запас хода минимален.

- **Колебания топлива в баке:** при разгоне, торможении, поворотах и движении по уклону топливо активно перемещается, вызывая резкие колебания поплавка. Для нивелирования этого эффекта в современных системах применяются программные алгоритмы сглаживания, которые «задерживают» изменение показаний.

- **Механический износ и коррозия:** Постоянный механический контакт ползунка с резистивной дорожкой ведет к их износу. Наличие в топливе этанола и других присадок может ускорять коррозию и образование оксидной пленки, что приводит к неустойчивому контакту и «скачущим» показаниям.

**Рекомендация по точному расчету расхода:** для получения репрезентативных данных о реальном расходе топлива методом «заправка-пробег-заправка» необходимо производить заправку на значительный объем (более 50% от емкости бака). Это позволяет минимизировать влияние «мертвой зоны» вверху бака, где пробег не отражает реально израсходованного топлива, и, таким образом, избежать существенной погрешности в расчете расхода на 100 км.

### 2.2. Оценка величины погрешности

Указать единую точную цифру погрешности для всех автомобилей невозможно, однако можно опираться на отраслевые оценки и исследования.

- **Погрешность системы в сборе:** Исследование американской автомобильной ассоциации (AAA) показало, что погрешность расчета «запас хода» может варьироваться в диапазоне от **-6,4% до +2,8%** (в среднем около **±2,3%**). Эта оценка учитывает работу и датчика, и алгоритмов ЭБУ.
- **Погрешность самого поплавочного датчика:** Для классического резистивного датчика типичная погрешность оценивается в **±5–10%** от объема бака. В состояниях износа или при неисправности погрешность может достигать **±15%** и более.
- **Точность альтернативных систем:** Ёмкостные, ультразвуковые и датчики Холла, часто используемые в коммерческом транспорте и премиальных автомобилях, обладают значительно более высокой точностью — их погрешность обычно не превышает **несколько процентов** (1-3%).

### **3. Обоснование заявления о погрешности до 30% для клиентов систем мониторинга.**

Заявляя клиентам о потенциальной погрешности штатной системы в **до 30%**, мы учитываем не только погрешность самого датчика, но и совокупность всех факторов, влияющих на конечные данные, получаемые через бортовую сеть авто (CAN):

1. **Накопление погрешностей:** Указанные в исследованиях погрешности (5-15%) относятся к *моменту измерения*. Однако при расчете **объема израсходованного топлива** (разница между двумя замерами) эти погрешности могут *складываться*.
2. **Износ и возраст:** Цифра в 30% адекватно отражает состояние датчика в автомобиле с пробегом, где имеет место износ резистивной дорожки и контактов, а также коррозия.
3. **Калибровка под «водителя»:** Штатная система сконфигурирована так, чтобы быть **психологически комфортной** для водителя, а не абсолютно точной. Производители специально настраивают алгоритмы ЭБУ так, чтобы стрелка дольше держалась в зоне «полный» и медленнее опускалась в зоне «половина», маскируя реальные колебания. Это *систематическая* погрешность, заложенная производителем.
4. **Ограничения получения данных:** Система мониторинга получает данные через CAN-шину, которые уже обработаны алгоритмами ЭБУ автомобиля. Мы не имеем доступа к

«сырым» показаниям датчика и не можем применить собственную, более точную калибровочную кривую. Мы вынуждены доверять тем данным, которые предоставляет нам бортовой компьютер, а их достоверность ограничена вышеперечисленными факторами.

Таким образом, заявление о **погрешности до 30%** является не преувеличением, а профессиональной и осторожной оценкой, учитывающей наихудший сценарий для автомобиля с пробегом и суммирование всех возможных источников ошибок в процессе косвенного измерения расхода.