

УДК 629.113-6+681.12

В. И. Кудинов, канд. техн. наук, Д. В. Кудинов

Автомобильно-дорожный институт

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка

ПРИБОР ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА, КАЧЕСТВА И УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ТОПЛИВА ДЛЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Предложена методика определения количества и качества (плотности) топлива в баке автотранспортного средства. Проведен анализ известных конструкций топливомеров, устанавливаемых на автотранспортное средство, а также влияние группового состава нефтепродукта на его удельный вес с целью использования его в качестве основного показателя качества. Разработана усовершенствованная схема конструкции топливомера нефтепродукта в баке автотранспортного средства гидростатического типа.

Ключевые слова: моторное топливо, топливомер, количество топлива, качество топлива, удельный вес топлива, схема конструкции топливомера

Введение

По установившейся традиции, учет выполненной работы автотранспортного средства (АТС) ведется в километрах пройденного пути (км), тонно-километрах (т·км), по величине которых определяется нормируемый расход топлива. При этом вводятся многочисленные поправки на особенности работы АТС (при работе на внегородских дорогах, при частых остановках, зимние надбавки, количество погрузок-разгрузок, изменение снаряженной массы автомобиля и пр.) [1]. Но практически невозможно учесть все особенности ежедневной работы каждого АТС.

Удельный расход топлива на единицу выполненной работы (км, т·км) является интегральным показателем всех особенностей транспортной работы, а также технического состояния АТС, качества применяемого топлива, квалификации и манеры управления АТС водителем.

В связи с этим назрела необходимость учета выполненной транспортной работы по затраченному объему топлива (затраченной энергии). Однако большая часть автомобилей до сих пор оборудуются простейшими бортовыми средствами контроля выполненной работы, а именно, пройденного пути (одометрами, тахографами) и, как опция, топливомерами. Топливомеры используются чаще для контроля технического состояния АТС, чем для учета выполненной работы. Современные АТС нуждаются в штатном, надежном, постоянно действующем топливомере достаточно высокой информативности.

Анализ предшествующих достижений и публикаций

Сегодня основным источником информации о количестве израсходованного топлива являются отчетные данные по показаниям автозаправочной колонки. На большинстве современных автомобилей устанавливается магнитоэлектрический указатель уровня топлива реостатного типа [2, 3]. Этот прибор может служить только для грубой оценки количества топлива в баке АТС, т. к. цена деления шкалы составляет $\frac{1}{4}$ бака. При этом инерционность прибора значительная и о количестве фактически заправленного топлива можно судить лишь через несколько минут.

Известно множество методов измерения уровня топлива в баке АТС: механический, гидростатический, электрический, акустический и др. [4]. Особый интерес вызывают уровнемеры, реализующие емкостной метод, основанный на различии диэлектрических свойств контролируемой жидкости и воздушной или паровоздушной среды над ее поверхностью [4, 5]. Однако этот метод имеет существенный недостаток: высокую чувствительность к измене-

нию диэлектрических свойств топлива, обусловленных изменением его состава, температуры и образованием отложений на элементах датчика (масляной пленки, конденсации паров топлива, воды).

Известные образцы топливомеров устанавливаются либо в топливной магистрали АТС от бака до ДВС, либо в самом баке [6]. Конструкция топливомеров очень разнообразная – от сложных электронных устройств с многочисленными датчиками до простейших поплавковых указателей уровня топлива в баке.

Основой известных приборов измерения удельных расходов топлива является измерение параметров потока топлива, таких как скорость, давление в определенных сечениях топливо-заборника и трубопроводах системы питания [3, 7]. Так в ДВС, где используется инжекторная система питания, подсчитывается количество циклов и средняя величина одной дозы впрыска. Такие системы измерения расхода топлива громоздкие, ненадежные, достоверность их измерения зависит от технического состояния многих элементов системы питания, вязкости (температуры), фракционного состава топлива.

Важной задачей является возможность измерять как количество, так и качество моторного топлива непосредственно в баке АТС. Современный уровень развития автостроения и постоянное повышение цен на топливо переводит эту задачу в разряд актуальных. В настоящее время можно констатировать практическое отсутствие средств оперативного контроля качества моторного топлива в процессе эксплуатации двигателя абсолютного большинства АТС.

Необходимо отметить, что расход топлива на одну и ту же работу во многом зависит от качества применяемого топлива. Топливомеров, которые бы определяли объем расходуемого топлива и одновременно показатели качества этого топлива, нет.

Топливо для АТС, как известно, подлежит обязательной сертификации и различные отклонения в его производстве, транспортировке и продаже недопустимы. Показателей качества автомобильного топлива много (до 20-ти): базовые (октановое число, плотность, фракционный состав) и специфические (содержание серы, бензола и др.), требующие сложные, дорогих оценок. Законодательством России и Украины предусмотрено несколько стандартов и технических условий на изготовление топлива АТС, которые не исключают друг друга и где требования к качеству топлива одного назначения разные.

Так, в настоящее время в России одновременно действуют следующие ГОСТы на автомобильные бензины: ГОСТ 2084-77 устанавливает пять классов бензина – А-72, А-76, АИ-91, АИ-93, АИ-95; ГОСТ Р 51105-97 ввел марки бензинов «Нормаль-80», «Регуляр-91», «Регуляр-92», «Премиум-95», «Супер-98»; ГОСТ Р 51313-99 установил четыре типа бензинов (I, II, III, IV) с октановыми числами ОЧИ, соответственно, 80, 91, 95 и 98; ГОСТ Р 51866-2002 ввел термин «Евро»: «Регуляр Евро-92», «Премиум Евро-95», «Супер Евро-98». Кроме того, параллельно действуют еще с десяток ТУ (ТУ 38.001165-97, ТУ 38.401-58-122-95, ТУ 38.401-58-127-95, ТУ 38.401-58-171-96, ТУ 38.301-25-41-97 и др.), на основе которых выпускают бензины отдельные нефтеперерабатывающие предприятия. В этих документах разные уровни показателей качества бензина, а законодательство не запрещает существование других нормативов.

В состав современного товарного бензина входит свыше ста углеводородных, кислородсодержащих и других соединений. Каждый из них по-разному влияет на эксплуатационные свойства, на теплотворную способность топлива, на экономические, экологические показатели работы ДВС. Качество продукции (уровень показателей) зависит от региона добычи и способа переработки нефти, количества, свойств различных добавок в товарное топливо. На рыночную цену топлива эти факторы влияют напрямую.

Следовательно, цена не всегда характеризует его качество. Именно химический состав моторного топлива определяет его качественные и технические характеристики.

В зависимости от объемного и массового сочетания компонентов топлива, а также набора присадок, корректирующих его свойства, меняются моторные и экологические характеристики бензина. От группового состава топлива зависит его плотность. Поскольку все дозирующие элементы систем питания настраиваются на объемные расходы, реальная масса топлива, поступающего в камеру сгорания, зависит от плотности топлива.

От группового состава зависит реальное стехиометрическое число топлива, т. е. теоретически необходимая масса воздуха, требуемого для полного сгорания 1 кг бензина. А в алгоритм управления работой ДВС на разных, переменных режимах используется усредненное, фиксированное значение стехиометрического числа. Поэтому плотность топлива реально влияет на состав топливной смеси, подаваемой в двигатель.

Групповой состав бензина определяет его октановое число и теплотворную способность. При этом если отдельный компонент топлива повышает октановое число, то он же снижает его теплотворность. Например, чем больше в топливе оксигенатов (спиртов и эфиров), тем заметно меньше его теплотворность! Так у бензинов А-76 она обычно выше, чем у высокооктановых топлив класса «Евро», именно из-за наличия у последних высокооктановых, но низкокалорийных компонентов. ГОСТ Р 51866-2002 допускает наличие в бензинах марок Премиум Евро-95 и Супер Евро-98 до 15 % оксигенатов [8]. Детонационная стойкость зависит, в том числе и от фракционного состава топлива (содержание олефиновых, ароматических углеводородов), а это – прямая производная его группового состава.

Кроме того, при различных групповых составах топлива существенно меняется скорость сгорания бензина в реальных условиях камеры сгорания ДВС, от чего зависят и мощность двигателя, и расход топлива, и экология! Медленнее всего горят топлива с высоким содержанием ароматики и металлосодержащими антидетонаторами. Выше скорость сгорания топлив с высоким содержанием оксигенатов. От группового состава топлива зависят как фракционный состав, так и давление насыщенных паров. А это, в свою очередь, влияет на пусковые характеристики и полноту сгорания топлива, особенно на режимах холостого хода и малых нагрузок. Состав бензина сказывается на структуре и количестве отложений и в камере сгорания, и на впускных клапанах, а также на мощности ДВС и удельном расходе топлива. Чем больше ароматики (допускается до 42 % [8]), тем больше отложений [9].

Одним из основных показателей фракционного состава топлива является давление насыщенных паров бензина в закрытом объеме [8].

Контроль качества топлива должен вестись на всех этапах его существования: от производства до потребления. Требования к качеству топлива каждый год растут, промышленность не успевает перестраиваться, а посредники между производителем и потребителем нередко зарабатывают не только на логистике, но и на откровенном фальсификате. Несмотря на жесткую многоуровневую систему контроля качества бензина на всех этапах его поставок – от производства до розничной продажи на автозаправочных станциях (АЗС), рынок переполнен низкокачественным топливом, а недобросовестные производители, перевозчики, продавцы добавляют в него запрещенные к использованию и небезопасные присадки, всякого рода разбавители. Так специалисты Киевской исследовательской лаборатории потребительских экспертиз протестировали качество бензина, продаваемого на украинских автозаправках [9, 10]. В результате экспертизы выяснилось, что на рынке розничной торговли нефтепродуктами реализуются значительные объемы некачественного бензина.

На каждую партию нефтепродукта, поступающую на АЗС, должен быть паспорт (сертификат) качества, в котором указываются государственный стандарт или технические условия на сдаваемый нефтепродукт и все показатели качества, предусмотренные этим стандартом с обязательным штампом, заверенным подписью ответственного лица [11].

Оператор АЗС проверяет отсутствие воды в отстойнике автоцистерны, отбирает пробу, измеряет температуру и плотность нефтепродукта, убеждается в соответствии данных (объем, плотность), указанных в товарно-транспортной накладной, данным, полученным при контроле

нефтепродукта в автоцистерне. Таким образом, регулярно на АЗС – конечном пункте доставки и хранения топлива перед заправкой в бак АТС, контролируется основной показатель топлива – плотность при определенной температуре и отсутствие воды. Другие показатели качества, такие как октановое число, фракционный состав, содержание серы, примесей, ароматических углеводородов, бензола и др. определяются периодически передвижными лабораториями, которых в стране очень мало (стоимость оборудования около 15 млн руб.) [12]. Владельцы АЗС не заинтересованы в систематическом мониторинге топлива. Основным заинтересованным лицом качества применяемого топлива является потребитель.

Корреляционную зависимость плотности бензина А-92 от концентрации в нем одного из компонентов – ароматов, можно определить по результатам проведенных замеров на АЗС г. Киева [13] – рисунок 1. Эта зависимость очевидна, потому что плотность нефтепродукта зависит от его элементного и группового состава (бензин – 730...780 кг/м³, керосин – 770...820 кг/м³, дизтопливо – 820...850 кг/м³, толуол – 870 кг/м³, бензол – 880 кг/м³) [14].

При заправке на АЗС потребителю своевременно необходимо знать качество и количество заправляемого топлива. Поэтому целесообразно замерять вес и плотность топлива непосредственно в баке АТС, при заправке на АЗС, с пересчетом массы в объемные единицы, – как измеряет количество заправленного топлива автозаправочная колонка.

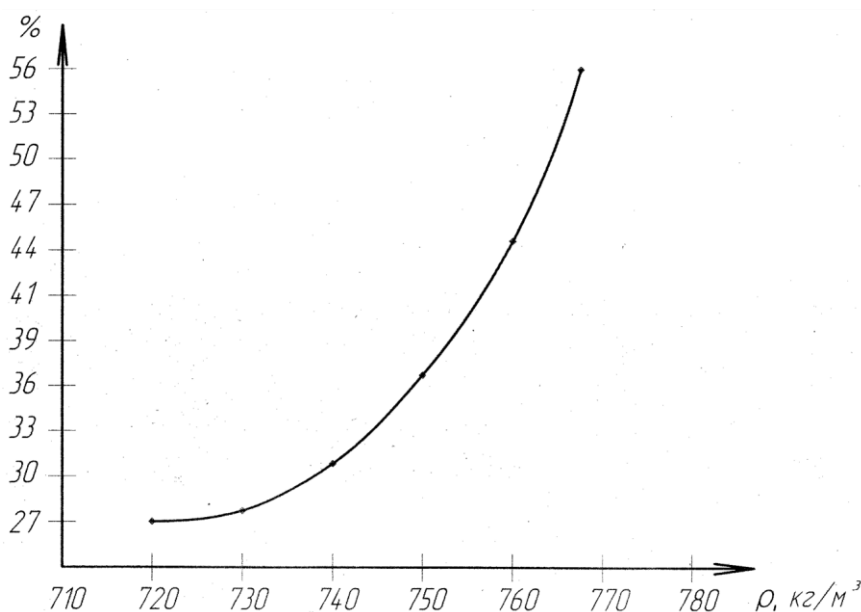


Рисунок 1 – Зависимость плотности бензина от содержания в нем ароматических углеводородов

Цель работы

Разработка простого, надежного расходомера топлива АТС, позволяющего наиболее точно и быстро определять объем и качество заправляемого топлива, а также удельный расход топлива на выполненную транспортную работу.

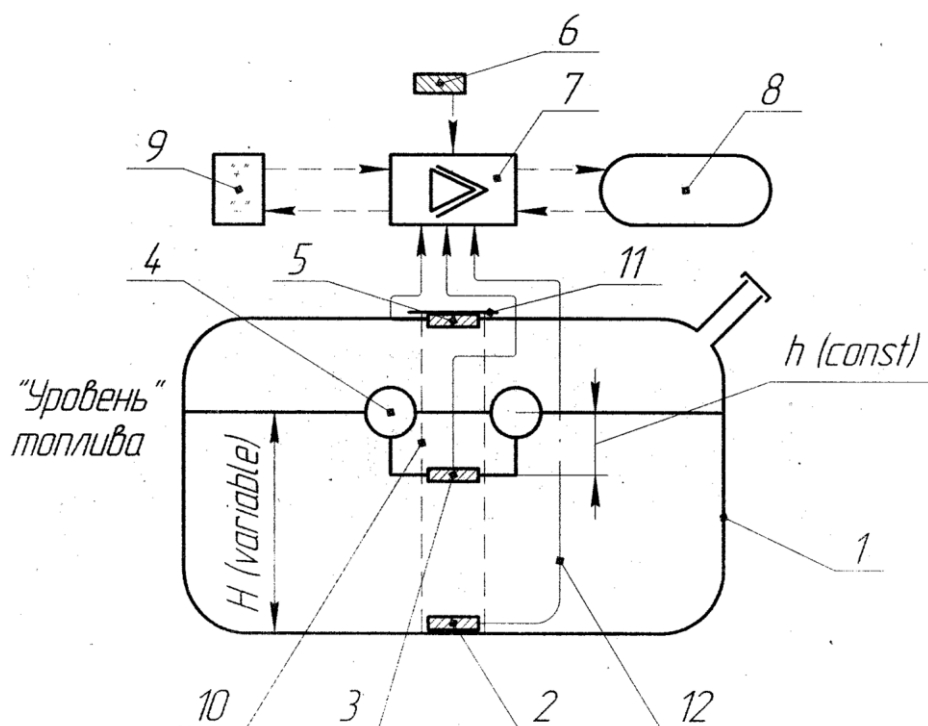
Изложение основного материала исследования

Предлагается замерять количество топлива в баке АЗС не в объемных единицах, а в весовых. Также предлагается определять плотность топлива в баке АТС, – для пересчета весовых показателей в объемные, как это принято при заправке на АЗС и в отчетных документах. Оценка плотности топлива используется как основной показатель качества топлива. Для дополнительной оценки качества топлива предлагается замерять давление паров топлива в закрытом баке АТС.

Предлагаемая схема топливомера [15] предусматривает установку в топливном баке АТС трех датчиков давления (рисунок 2): 2 – на дне бака (измеряет вес топлива); 3 – на определенной глубине от поверхности топлива в баке (измеряет плотность топлива); 5 – в верхней, не заполненной топливом части бака (измеряет давление паровоздушной атмосферы в баке). Эти три датчика объединяются перфорированным корпусом 10, который устанавливается в центре бака, для уменьшения влияния наклонов бака (поверхности топлива) во время движения АТС на показания датчика веса топлива. Датчик плотности топлива закреплен на определенном неизменном расстоянии от поплавка, который постоянно находится на поверхности топлива, что позволяет поддерживать заданную глубину погружения. Электрический уровень сигналов от трех датчиков обрабатывается в электронном модуле 7, с последующей передачей результатов на указатель прибора 8.

Для определения удельного расхода топлива на единицу пройденного пути в километрах (или времени работы в часах), предполагается задействовать электронный датчик выполненной работы 6.

В качестве совершенствования указанной конструкции топливомера предлагается следующее. Так как плотность топлива зависит от температуры, дополнительно необходим датчик температуры топлива, который предполагается установить совместно с датчиком плотности топлива 3. Для получения дополнительной информации о фракционном составе топлива, необходимо знать зависимость давления паров топлива от температуры в баке АТС. Поэтому необходимо установить датчик температуры паровоздушной смеси в баке АТС, совместно с датчиком давления 5.



1 – бак АТС; 2 – датчик веса топлива в баке; 3 – датчики плотности и температуры топлива; 4 – поплавок; 5 – датчики давления и температуры паров топлива; 6 – датчик выполненной работы (км); 7 – электронный модуль; 8 – указатель прибора; 9 – источник электропитания прибора; 10 – полый, перфорированный корпус датчиков; 11 – крышка; 12 – электропроводка

Рисунок 2 – Схема прибора для измерения количества, плотности топлива в баке автотранспортного средства (АТС)

Заключение

Предлагаемая конструкция топливомера АТС позволит своевременно, в процессе заправки на АЗС, определять один из основных показателей товарного топлива – удельный вес, а также более точное количество как веса, так и объема заправленного топлива. Фракционный состав топлива оценивается по давлению паров топлива в баке АТС. После определенной наработки АТС в километрах пройденного пути, прибор позволит оценить удельный расход топлива и принять меры к более экономному расходованию топлива.

Список литературы

1. Нормы расхода топлив для автомобилей (в ред. распоряжения Минтранса России от 14.07.2015 N НА-80-р – О введении в действие методических рекомендаций «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте»). – Режим доступа : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_76009/82bf9cc78a60bfd08d52fec2b37de9f9f844a9f/ .
2. Электроника. Контрольно-измерительные приборы [Электронный ресурс] // TezCar : информ. сайт об автомобилях. – Режим доступа : http://tezcar.ru/u-elec_izmer_prib.html .
3. Акимов, С. В. Электрооборудование автомобилей / С. В. Акимов, Ю. П. Чижков. – М. : ЗАО КЖИ «За рулем», 2002. – 384 с.
4. Современные методы и средства измерения уровня в химической промышленности : учеб. пособие. – Томск : ТПУ, 2011. – 87 с.
5. Исследование способа измерения уровня топлива электропроводных жидкостей емкостным методом [Электронный ресурс] / М. А. Мастепаненко [и др.] // Молодой ученый. – 2015. – № 19. – С. 136–139. – Режим доступа : <https://moluch.ru/archive/99/22257/> .
6. Используем счетчики расхода топлива (расходомер топлива) [Электронный ресурс] // Petrocontrol. – Режим доступа : <http://petrocontrol.ru/resheniya/resheniya-dlya-transporta/> .
7. Харазов, А. М. Диагностическое обеспечение технического обслуживания и ремонта автомобилей / А. М. Харазов. – М. : Высшая школа, 1990. – 208 с.
8. ГОСТ Р 51866-2002. Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия [Электронный ресурс]. – Введ. 2002–07–01. – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/1200029604> .
9. Ковтун, Г. Якість бензину й ресурс двигуна / Г. Ковтун, В. Пилявський, А. Жерновий // Сигнал. – 2003. – № 11–12. – С. 1–5.
10. Экспертная оценка украинского бензина А-95 [Электронный ресурс] / INFO-PARTS.COM.UA. – Режим доступа : <http://info-parts.com.ua/all-publications/item/3648-ekspertnaya-otsenka-ukrainskogo-benzina-a-95.html> .
11. Производственные операции АЗС [Электронный ресурс] / РосПайп. – Режим доступа : <http://ros-pipe.ru/clauses/proizvodstvennye-operatsii-azs/> .
12. Кто и как контролирует качество бензина в России [Электронный ресурс] / Deutsche Welle. – Режим доступа : www.dw.com/ru/кто-и-как-контролирует-качество-бензина-в-россии/a-16635211 .
13. Бедусенко, С. Куди течуть бензинові ріки? / С. Бедусенко, Ю. Чорнобривець // Сигнал. – 2004. – № 2–3. – С. 68–70.
14. Васильева, Л. С. Автомобильные эксплуатационные материалы / Л. С. Васильева. – М. : Наука-Пресс, 2004. – 421 с.
15. Пат. 82471 Україна, МПК G01F 9/00, G01N 11/00, G01N 9/00, G01L 7/00. Пристрій виміру кількості і густини рідкого палива в баку та питомих витрат палива транспортного засобу / Кудінов В. І., Кудінов Д. В. – № 20040604273 ; заявл. 03.06.04 ; опубл. 25.04.08, Бюл. № 8. – 2 с.
16. Прилад для виміру місткості рідкого палива в баку транспортного засобу // Матеріали VIII міжнар. наук.-практ. конф. «Освіта та наука на XXI століття». – Софія : Бял ГРАД-БГ, 2012. – Т. 46. Технології. – С. 107–109.

В. И. Кудинов, Д. В. Кудинов

Автомобильно-дорожный институт

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка

Прибор определения количества, качества и удельного расхода топлива для автотранспортного средства

Актуальной проблемой учета расходоуемого топлива автотранспортным средством является создание простого, надежного топливомера. Назрела необходимость замены магнитоэлектрического указателя уровня топлива реостатного типа в баке АТС на более точный прибор. Известно множество методов измерения уровня жидкости в баке АТС: механический, гидростатический, электрический, акустический и др. Однако ни один из них не нашел широкого применения. Удельный расход топлива на транспортную работу во многом зависит от качества применяемого топлива. Контроль качества топлива очень трудоемкий, продолжительный и дорогостоящий.

ящий процесс. Проконтролировать качество топлива на АЗС перед или во время заправки практически невозможно. Показателей качества топлива много (до 20-ти): базовые (октановое число, плотность, температура возгонки) и специфические (содержание серы, бензола, оксигенатов и пр.), которые можно определить только в лабораторных условиях. Основным параметр, который контролируется на АЗС, – это удельный вес топлива при определенной температуре. Он используется для пересчета весового в объемное значение количества принятого и отпущенного топлива. Удельный вес топлива является интегральным показателем группового состава топлива. От группового состава топлива зависит реальное стехиометрическое число топлива. А в алгоритме управления работой двигателя внутреннего сгорания на разных, переменных режимах используется усредненное, фиксированное значение стехиометрического числа. Поэтому плотность топлива реально влияет на состав топливной смеси подаваемой в ДВС, от чего зависят мощность, экономичность и экологичность работы ДВС.

Предлагается гидростатический метод измерения количества топлива в баке АЗС. В связке с одометром это позволит определять общий и удельный расход моторного топлива. Для первичной, качественной оценки топлива предлагается измерять постоянно действующий датчик плотности (удельного веса) топлива. Для качественной характеристики топлива в зависимости от его температуры, что характеризует его фракционный состав, устанавливаются датчики температуры топлива, паровоздушной смеси топлива в закрытом объеме бака АТС.

Предлагаемая модель топливомера запатентована: Патент Украины на изобретение UA 82471 C2 «Устройство измерения количества и плотности жидкостного топлива в баке и удельных расходов топлива транспортного средства».

МОТОРНОЕ ТОПЛИВО, ТОПЛИВОМЕР, КОЛИЧЕСТВО ТОПЛИВА, КАЧЕСТВО ТОПЛИВА, УДЕЛЬНЫЙ ВЕС ТОПЛИВА, СХЕМА КОНСТРУКЦИИ ТОПЛИВОМЕРА

V. I. Kudinov, D. V. Kudinov

Automobile and Highway Institute of Donetsk National Technical University, Gorlovka
An Instrument for Determining Quantity, Quality and Specific Fuel Consumption for a Vehicle

The actual problem of the fuel accounting consumed by a motor vehicle is to create a simple, reliable fuel gauge. There is a need to replace a magnetic and electrical rheostatic fuel level indicator in the tank of the vehicle with a more accurate instrument. A variety of measurement methods of the liquid level in the vehicle tank is known: mechanical, hydrostatic, electrical, acoustic, etc. However, none of them found wide application. Specific fuel consumption for transport work largely depends on the quality of the fuel used. Fuel quality control is very labor-intensive, long and expensive process. To control fuel quality at the filling station before or during fueling is practically impossible. There are many indicators of fuel quality (up to 20): basic (octane number, density, sublimation temperature) and specific ones (sulphur, benzene and oxygenator content and other), they can be determined only in laboratory conditions. The main parameter used at the filling station is the specific fuel consumption at a certain temperature. It is used to recalculate the weighting value into a volumetric value of the fuel amount taken and released. Specific fuel consumption is an integral indicator of the fuel type content. Real stoichiometric fuel number depends on the fuel type content. Moreover, in the algorithm of the internal combustion engine operation control in different, variable modes, averaged, fixed value of the stoichiometric number is used. Therefore, fuel density really affects the composition of fuel mixture supplied to the internal combustion engine, and power, efficiency and ecological compatibility of the internal combustion engine depend on it.

Hydrostatic method of the fuel quantity measurement in the filling station tank is suggested. In conjunction with the odometer, it will allow to determine total and specific consumption of motor fuel. For primary, qualitative fuel assessment, it is suggested to measure constant fuel density (specific gravity) sensor. For qualitative fuel characteristics depending on its temperature characterizing its fractional composition, fuel temperature sensors, fuel air-vapor mixture sensors are installed in the tank closed volume of the filling station.

The proposed model of the fuel gauge is patented: Patent of Ukraine for invention UA 82471 C2 «Measuring Device of the Liquid Fuel Quantity and Density in the Tank and Specific Fuel Consumption of a Vehicle».

MOTOR FUEL, FUEL GAUGE, FUEL QUANTITY, FUEL QUALITY, SPECIFIC FUEL CONSUMPTION, FUEL GAUGE DESIGN SCHEME

Сведения об авторах:

В. И. Кудинов

Телефон: раб. +38 (06242) 55-31-54

моб. +38 (071) 384-21-49

Эл. почта: kudinov.valerii@mail.ru

Д. В. Кудинов

Телефон: +38 (050) 847-03-26

Эл. почта: kudinov.valerii@mail.ru

Статья поступила 26.06.2018

© В. И. Кудинов, Д. В. Кудинов, 2018

Рецензент: Намаконов Б. В., канд. техн. наук, доц., АДИ ГОУВПО «ДОННТУ»