

УДК 629.4.016.15

*И. А. МАРМУТ*, канд. техн. наук, доц., ХНАДУ, Харьков

## **КОНТРОЛЬ РАСХОДА ТОПЛИВА АВТОМОБИЛЕЙ НА ЛИНИИ**

Рассмотрен вопрос нормирования расхода топлива при коммерческом использовании автомобилей с учетом дорожных, транспортных, атмосферно-климатических условий и культуры эксплуатации. Проанализированы средства оперативного контроля за расходом топлива на линии. Установлена функциональная связь между входными переменными и переменными состояниями автомобиля.

**Ключевые слова:** расход топлива, нормирование расхода топлива, система контроля.

**Введение.** Нормирование расхода топлива – это установление допустимой меры его потребления в определенных условиях эксплуатации автомобилей, для чего применяют базовые линейные нормы, установленные в отношении конкретных моделей (модификаций) автомобилей, и систему нормативов и корректирующих коэффициентов, которые позволяют учесть выполненную транспортную работу, климатические, дорожные и другие условия эксплуатации.

Списание топлива на автомобильном транспорте предприятиями, учреждениями и организациями производится на основании Норм расхода топлива и смазочных материалов на автомобильном транспорте, утвержденных приказом Министерства транспорта Украины № 43 от 10.02.1998 г. (далее – Нормы). Данный документ является единым для учета расхода горюче-смазочных материалов и контроля за их использованием предприятиями, учреждениями и организациями, использующими личный и арендованный автотранспорт.

Существенные изменения в Нормы N 43 были осуществлены с принятием приказа Министерства инфраструктуры Украины № 36 от 24.01.2012 г. Методика расчета норм расхода топлива дополнена и доработана с учетом результатов последних исследований экономичности автомобилей в разных условиях.

Переработан раздел 3 Норм № 43, который определяет коэффициент корректировки норм расхода топлива, приведенных в форме процентов повышения или понижения базового значения нормы, при помощи которых осуществляется учет дорожных, климатических и других эксплуатационных факторов. Изменения затронули порядок определения нормы на выполнение транспортной работы в зависимости от вида топлива. Обновлено методика определения временных норм расхода топлива и смазочных материалов, предусмотрена процедура разработки индивидуальных норм под заказ.

Временные, индивидуальные, базовые линейных норм расхода топлива, вступили в силу со дня официального опубликования приказа № 36, а п. 4 приказа – с 01.03.2012 г.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Работы, посвященные исследованиям топливной экономичности автомобилей, с учетом режимов движения и конечных результатов, можно распределить по следующим направлениям:

- исследования при установившихся, неуставившихся и циклических режимах движения;
- разработка методов оценки топливной экономичности автомобилей;
- исследование влияния различных факторов на эксплуатационные качества автомобилей;

© И. А. Мармут, 2014

- повышение топливной экономичности автомобилей.

Наиболее полно изучены вопросы оценки рассматриваемых качеств автомобилей на установившихся режимах. Однако качественное влияние факторов для этих режимов на дорогах с горизонтальным профилем может существенно отличаться в реальных условиях эксплуатации. В связи с этим проблема изучения топливной экономичности автомобилей при неустановившихся и циклических режимах движения с каждым годом все больше привлекает исследователей. Наиболее сложными являются циклические режимы движения с остановками [1], включающие практически все фазы движения, встречающиеся в эксплуатации, а также все используемые при этом передачи коробки передач.

В большинстве работ не уделяется внимания такой важной проблеме, как комплексная оценка скоростных свойств и топливной экономичности автомобиля. В то же время известно, что в ряде случаев изменение некоторых параметров автомобиля оказывает противоположное влияние на эти качества.

С учетом их специфики факторы, влияющие на расход топлива, могут быть разбиты на три группы:

- группа постоянных факторов – вид выполняемой работы, организация выполнения работ, погодные условия, квалификация водителя, техническое состояние автомобиля, качество топливно-смазочных материалов и т.д., если они остаются на одинаковом уровне или имеют незначительные изменения за сравниваемые периоды;

- группа учитываемых факторов – те же самые факторы, если они поддаются количественному или качественному учету и имеют значительные отклонения в соответствующие периоды;

- группа неучтенных факторов – факторы, которые могут иметь случайные значения (случайные колебания режимов нагрузки, сопротивления движению автомобиля, климатических условий и т.д.).

Исследования [2] показали, что основными факторами, влияющими на средний километровый расход топлива, являются: дорожные условия, масса автомобиля, удельная мощность, пробег автомобиля с начала эксплуатации, тип двигателя.

Существенное влияние на расход топлива оказывает также организация движения: однородность транспортного потока (возможность двигаться на наиболее экономичных скоростях), организация безостановочного движения, строительство объездных дорог, подземных или наземных пешеходных переходов и транспортных развязок в разных уровнях.

Увеличение расхода топлива автомобилями в городских условиях (при неустановившихся режимах движения) по сравнению с расходом топлива на установившейся скорости связано не только с остановками или замедлением у перекрестков улиц, но и с увеличением движения по перегонам магистрали. Для того чтобы учесть плотность транспортных потоков для современных условий крупных городов, в [3] предлагается использовать параметр, отражающий неравномерность скоростного режима – градиент скорости, значения которого определяются по формуле

$$G_v = \left[ \frac{(\Delta V)^2}{\Delta t \cdot T} \sum_{i=1}^m n^2 \right]^{0,5} / V_c, \quad (1)$$

где  $\Delta V$  – фиксированное значение изменения скорости,  $\Delta V=0,28$  м/с;  $\Delta t$  – фиксированное значение изменения времени,  $\Delta t=1$  с;  $T$  – время движения, с;  $n$  –

число изменений скорости за время  $\Delta t$ ;  $V_c$  – скорость сообщения, м/с.

**Цель и постановка задачи.** Проф. Говорушенко Н.Я. (ХНАДУ) предложил аналитический метод нормирования расхода топлива, который принципиально отличается от существующих тем, что он базируется на строгой математической модели расхода топлива бензиновых и дизельных автомобилей. Методика построена с учетом разработанной единой классификации условий эксплуатации, в которой дорожные и транспортные условия количественно оцениваются средней технической скоростью, а атмосферно-климатические – давлением и температурой окружающего воздуха. Важным преимуществом разработанной методики является возможность индивидуального нормирования расхода топлива на предприятии с помощью несложной вычислительной техники по фактическим скоростям движения автомобилей и суточной температуре воздуха.

Математическая модель расхода топлива, л/100км, в общем виде [4]

$$Q = \frac{1}{\eta_i} \left[ A \cdot i_k + B \cdot i_k^2 \cdot V_a + C \left( G_a \cdot \psi + 0,077kF \cdot V_a^2 \right) \right], \quad (2)$$

где  $\eta_i$  – индикаторный КПД двигателя;  $A, B, C$  – постоянные коэффициенты для данной модели автомобиля;  $i_k$  – среднее передаточное число коробки передач;  $\psi$  – коэффициент суммарного дорожного сопротивления;  $G_a$  – вес автомобиля, Н;  $kF$  – фактор обтекаемости,  $\text{Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^2$ ;  $V_a$  – скорость автомобиля, км/ч.

При разработке аналитических методов нормирования расхода топлива необходимо установить функциональную связь между входными переменными и переменными состояния автомобиля.

**Материалы исследований.** Расход топлива является одним из основных выходных переменных параметров системы «автомобиль-водитель». В общем виде (рис. 1) выходные параметры  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$  зависят от параметров состояния этой системы  $X_1, X_2, \dots, X_n$  и входных переменных параметров  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$  (внешняя среда).

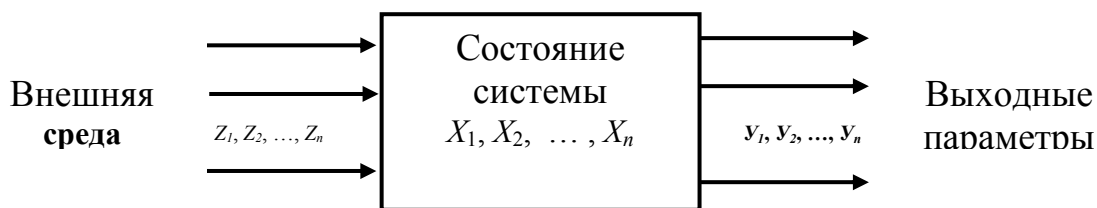


Рисунок 1 – Схема взаимосвязи входных и выходных параметров

Систему «автомобиль-водитель», ее входы и выходы можно рассматривать как взаимосвязанные объекты в зависимости от того, какая решается задача (анализ, синтез, измерение), рассматриваются те или иные переменные. При анализе (например, расхода топлива) исследуются выходы по изменению переменных входа и самой системы (автомобиль-водитель).

К входным переменным (внешним воздействиям) относятся дорожные, транспортные, атмосферно-климатические условия и культура эксплуатации.

К внутренним переменным состояния относятся развиваемый крутящий момент, обороты двигателя, передаточные числа главной передачи и коробки передач, КПД

трансмиссии, индикаторный КПД двигателя, радиусы колес, параметры подвески и др.

Выходными параметрами (реакцией на внешние воздействия), кроме расхода топлива, являются скорость (производительность, себестоимость) автомобиля, состав отработавших газов двигателя, уровень шума, интенсивность отказов, расход запчастей и т.д.

Расход топлива в значительной степени зависит от уровня квалификации водителя. Результаты исследовательских работ, проведенных в НИИАТ, НТУ (КАДИ), ХНАДУ (ХАДИ) и др. организациях, показывают, что водители оказывают большое влияние на показатели разгона автомобиля. С точки зрения топливной экономичности и выбросов вредных веществ, разница между худшими и лучшими разгонами, по признаку изменения частот вращения коленчатого вала при переключении передач, может достигать 15%

Немаловажное значение для повышения топливной экономичности автомобилей имеет метрологический уровень контроля за фактическими расходами топлива и транспортной работой автомобилей на линии. Для этого необходимо приборное обеспечение контроля транспортной работы, загрузки, топливных затрат автомобилей в собственно перевозочном процессе. Значительное улучшение контроля топливной экономичности грузовых и пассажирских перевозок возможно с применением тахографов или других автоматизированных методов учета условий эксплуатации (например, с использованием счетчиков времени), а также датчиков расхода топлива. Это может дать экономию топлива до 10...15%.

Рассмотрим несколько вариантов систем контроля расхода топлива [5].

1. *Контроль с помощью датчиков расхода топлива (ДРТ).* Рассмотрим особенности подключения датчиков расхода топлива в системах питания транспортных средств с дизелями (рис. 2, рис. 3). В зависимости от мощности двигателя, типа топливной системы (ТНВД, Common Rail) и схемы установки контроля топлива (прямая или дифференциальная) подбираются необходимые расходомеры.

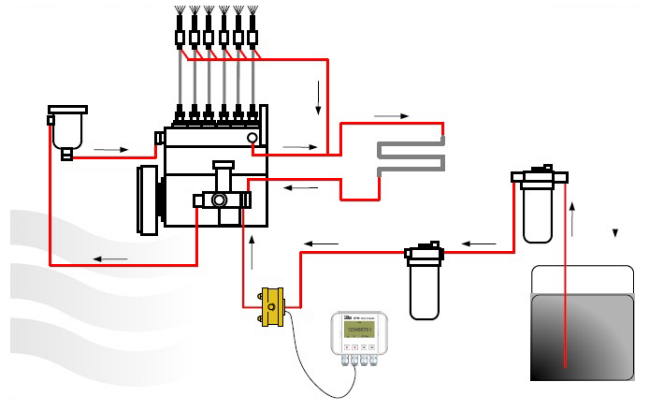


Рисунок 2 – Прямая схема подключения расходомера топлива

Прямая схема измерения расхода топлива – это наиболее подходящий вариант для топливных систем с ТНВД. Данная схема имеет следующие преимущества: высокая точность измерения расхода топлива (98...99%), небольшая стоимость комплекта оборудования и установки на одно транспортное средство (например, трактор Т-150 или МТЗ-80 – от 3850 грн.). Однако есть и недостатки: требует регулярного сервисного обслуживания по замене фильтра и очистке расходомера, требует изменение схемы обратной подачи топлива.

Дифференціальна схема вимірювання витрати палива не потребує додаткового втручання в паливну систему, більше підходить на Common Rail. Однак вона дорожче за рахунок контролю прямої та зворотної подачі палива. Точність вимірювань становить 97...98%. Данна схема може встановлюватися тільки з системою GPS моніторингу. Вартість комплексу обладнання з установкою від 8530 грн. Головним недоліком цієї схеми є те, що можливо підключення «тройників», продувка повітрям витратоміра і інше. Також необхідно більш ретельний контроль стану фільтрів, регулярна заміна і чистка витратомірів.

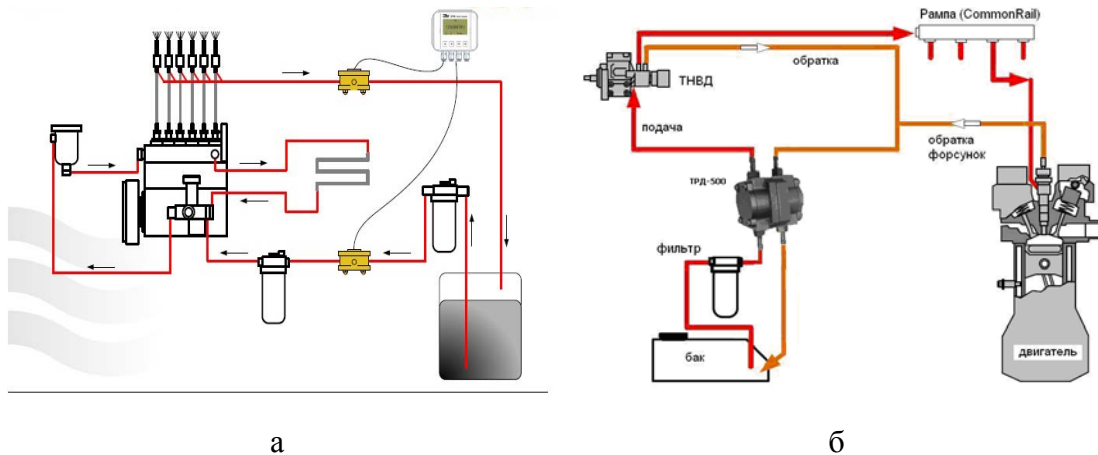


Рисунок 3 – Дифференціальна схема підключення витратоміра палива: а – система живлення з ТНВД, б – система живлення Common Rail

2. *Установка системи GPS сліження і контроль витрати палива.* Даний варіант в основному використовується на автомобілях з бензиновими двигачами, тому що установка датчика рівня палива або нецелесообразно дорого, або технічно неможливо. GPS трекер (рис. 4) з високою точністю вимірює пробіг автомобіля, система GPS сліження контролює по заданній нормі. В разі необхідності GPS система дозволяє застосовувати більш складну форму розрахунку норми з використанням маси вантажу, наявності і маси причепа, процентної надбавки.



Рисунок 4 – GPS трекер

3. *Установка системи GPS моніторингу з використанням датчика рівня палива.* Найбільш підходящий варіант контролю витрати палива вантажних автомобілів, бортових, самосвальних і магістральних тягачів. Система контролю витрати палива передбачає установку автомобільного GPS/GSM терміналу, датчика рівня палива в бак (рис. 5), якщо баків декілька, то в кожен окремо.

Датчик вимірює рівень палива в баку, передає значення в GPS термінал,

терминал «запоминает» свое местоположение и передает на сервер информацию по уровню топлива в баке и местоположению. Сервер сохраняет всю принятую информацию в базе данных и позволяет отобразить на компьютере расход топлива на 100 км, за 1 час, за указанный промежуток времени либо в любой точке и любое время.

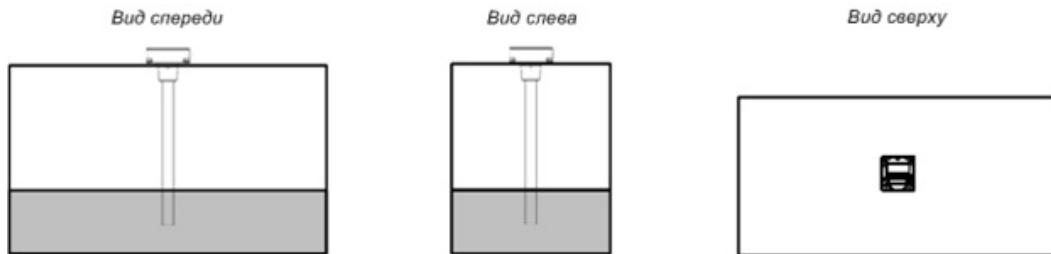


Рисунок 5 – Установка датчика уровня топлива в бак

По стоимости данное решение дороже, чем установка расходомера, но имеет свои преимущества:

- не зависит от типа топливной системы и не требует вмешательства в топливную систему;
- позволяет контролировать объем, место и время заправок, а также сливов;
- не требует регулярного сервисного обслуживания, как расходомеры;
- данные по расходу топлива можно получать автоматически на компьютере.

4. *Установка системы GPS мониторинга с использованием датчика уровня топлива и датчиками расхода топлива одновременно.* Самый лучший вариант по контролю расхода топлива. Он позволяет свести погрешность к минимуму и контролировать топливо в двух точках – на выходе из бака и на входе в топливную систему. Этот вариант позволяет легко выявлять кражи топлива даже, когда происходит врезка в топливную систему.

Система мониторинга состоит из GPS терминала, датчика уровня топлива и датчика расхода топлива. Недостатком является высокая стоимость внедрения системы.



Рисунок 6 – Система GPS мониторинга расхода топлива

**Выводы.** Основной целью маршрутного нормирования является максимальное приближение нормативной величины расхода топлива к фактическому на конкретном маршруте. Применение дифференцированных маршрутных норм дает возможность вскрыть резервы экономии топлива, осуществить более рациональное внутреннее перераспределение топлива по маршрутам, в зависимости от конкретных условий, которые не учитываются в линейных нормах.

**Список литературы:** 1. Токарев А.А. Методы исследования тягово-скоростных свойств и топливной экономичности автомобилей / Токарев А.А. – М.: НИИАвтопром, 1976. – 60 с. 2. Шарай С.М. Оценка топливной экономичности автомобилей с использованием статистических характеристик дорожных условий: автореф. дис. на соискание научн. степени канд. техн. наук: спец. 05.05.03 / Шарай С.М. – К.: КАДИ, 1990. – 21 с. 3. Рузский А.В. Влияние организации дорожного движения на расход топлива автомобилями в городских условиях: автореф. дис. на соискание научн. степени канд. техн. наук: спец. 05.22.10 / Рузский А.В. – К.: КАДИ, 1986. – 18 с. 4. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта) / Говорущенко Н.Я., Туренко А.Н. – Харьков: ХГАДТУ, 1998. – 468 с. 5. Материалы сайта <http://avtotracker.com.ua/kontrol-raschoda-topliva>.

*Поступила в редколлегию 28.02.2014*

УДК 629.4.016.15

**Контроль расхода топлива автомобилей на линии / И. А. Мармут // Вісник НТУ «ХПІ».** Серія: Автомобіле- та тракторобудування. – Х. : НТУ «ХПІ», 2014. – № 9 (1052). – С. 43-49. – Бібліогр.: 5 назв. – ISSN 2078-6840.

Розглянуто питання нормування витрати палива при комерційному використанні автомобілів з урахуванням дорожніх, транспортних, атмосферно-кліматичних умов та культури експлуатації. Проаналізовано засоби оперативного контролю за витратою палива на лінії.

**Ключові слова:** витрата палива, нормування витрати палива, система контролю.

**Checking the consumption fuel cars on lines / I. A. Marmut // Bulletin of NTU «KhPI».** Series: Car- and tractorbuilding. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2014. – № 9 (1052). – P. 43-49. – Bibliogr.: 5. – ISSN 2078-6840.

The problem of fuel consumption rationing at automobile commercial use with account of road, transport, weather and climatic conditions as well as operation culture has been considered. Facilities for route fuel monitoring have been analyzed.

**Keywords:** fuel consumption, fuel consumption rationing, system of control.