

УДК 629.113

С.М. Огороднов, А.Н. Тихомиров, Д.В. Шаров

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА ЛЕГКОВОГО КОММЕРЧЕСКОГО АВТОМОБИЛЯ «ГАЗЕЛЬ NEXT» ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ МЕТОДОМ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Представлены результаты расчетно-экспериментальных исследований расхода топлива легкого коммерческого автомобиля «ГАЗель Next».

Ключевые слова: расход топлива, топливная экономичность, «ГАЗель Next».

Топливная экономичность автомобильных транспортных средств (автомобиль, АТС) – это совокупность свойств (комплекс эксплуатационных признаков), определяющих расход топлива при выполнении автомобилем транспортной работы в различных дорожно-эксплуатационных условиях.

Расход топлива в настоящее время – одна из важных характеристик автомобиля и его двигателя. Проблема снижения расхода топлива решалась на протяжении всей истории производства автомобилей. В настоящее время на автопроизводителей большинства развитых стран оказывают давление государственные структуры, с целью стимуляции к разработке и производству более экономичных автомобилей. В качестве обоснования выступают как интересы государственной безопасности в форме снижения зависимости от поставок нефти, так и экологические требования.

Значительную роль в этом оказывает связь между расходом топлива и выбросом диоксида углерода – одного из главных прокурсов парникового эффекта на планете. Выбросы CO₂ становятся на сегодня ключевым мерилем эффективности автомобиля в целом. Многие автопроизводители идут на сознательное искажение результатов замеров, чтобы получить более «привлекательный» результат.

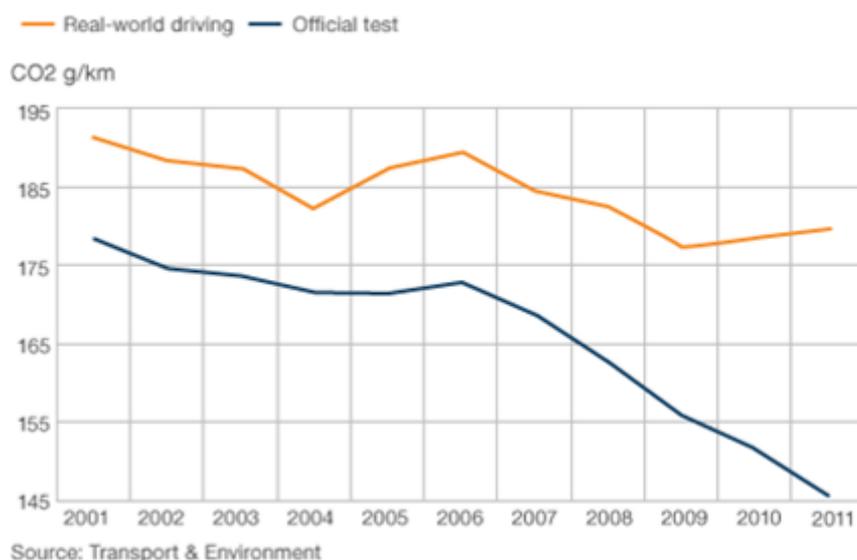


Рис. 1. Сравнение реального и официально заявленного выброса CO₂ немецкими автопроизводителями

Для оценки топливной экономичности АТС разработаны нормативные документы, в

которых устанавливаются параметры, оценивающие частные случаи топливной экономичности с учетом дорожных условий, режимов нагрузки и скоростных характеристик.

В нормативно-технических документах автомобиля обязательно указывают контрольный расход топлива. Этот показатель является отражением технического уровня и выражением потребительских качеств автомобиля и используется как для контроля автомобиля на соответствие техническим требованиям, так и в качестве параметра оценки технического состояния автомобиля в процессе эксплуатации. Этот показатель, как и другие показатели и характеристики топливной экономичности, используют для сравнительного анализа технического уровня автомобилей различных марок аналогичных категорий. Получение малого расхода топлива при разработке новых моделей автомобилей должно стать одной из важнейших целей.

Единичными измерителями топливной экономичности служат:

- 1) контрольный расход топлива Q_{Sk} ;
- 2) расход топлива в магистральном цикле на дороге $Q_{Sm.ц}$;
- 3) расход топлива в городском цикле на дороге $Q_{G.ц}$;
- 4) расход топлива в городском цикле на стенде $Q_{G.ц.с}$;
- 5) топливная характеристика установившегося движения $Q_S = f(V_a)$;

Целью работы стало исследование факторов, влияющих на топливную характеристику, поиск путей их устранения для дальнейшего повышения топливной экономичности перспективного автомобиля.

Характеристики топливной экономичности должны быть получены для автомобилей с полной массой груза. Параметры движения нормируются ГОСТ Р 54810-2011 в зависимости от типа АТС и их максимальной скорости. В качестве объекта исследования выступил легкий коммерческий грузовик ООО «Автомобильный завод «ГАЗ» (рис. 2), «ГАЗель Next» с дизельным двигателем CUMMINS ISF 2.8.



Рис. 2. Автомобиль «ГАЗель Next» на полигоне

Автомобиль является представителем нового семейства легких коммерческих грузовиков ГАЗ, и должен выполнять требования экологического класса 5. В этой связи на нем предусмотрена установка двух новых силовых агрегатов класса EURO 5 – бензинового (с дальнейшей модификацией под использование газообразного топлива) и дизельного двигателя. Начало испытаний проводилось с дизельной модификацией.

Установленный на автомобиле двигатель CUMMINS ISF 2.8 потенциально имеет пять разновидностей, отличающихся выходными параметрами (в частности, крутящим моментом).

Основные характеристики двигателя CUMMINS ISF 2.8. приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики двигателя CUMMINS ISF 2.8.

Параметр	Значение
Рабочий объем,	2,776
Максимальная мощность, кВт (л.с.)	88,3 (120)
Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	3600
Максимальный крутящий момент, Н·м (кгс·м)	2700 (27,5)

Отличия в поведении кривых крутящего момента относительно легко задаются настройками характеристик наддува двигателя. По заказу производителя автомобиля могут быть назначены «растянутые» характеристики, дающие большие значения абсолютной мощности, либо иные формы протекания крутящего момента в зависимости от конкретного автомобиля. Применительно к «ГАЗель Next» выбрана характеристика с ограничением по крутящему моменту на уровне 280 Нм для сохранения ресурса трансмиссии.

Автомобиль имеет механическую пятиступенчатую коробку передач, из потребителей энергии – только насос гидроусилителя руля. Кузов автомобиля закрыт штатным тентом.

Почти все элементы конструкции современного автомобиля оказывают влияние на расход топлива. Характерная черта всех двигателей класса EURO 5 – достижение высокого крутящего момента уже на относительно малых частотах вращения, что придает автомобилю динамики. Кроме внешней скоростной характеристики, на расход топлива существенно влияют частичные характеристики. Степень их влияния на конечный результат по расходам топлива определяется долей времени, которое автомобиль проводит на частичной нагрузке. Для легковых авто это примерно 85% времени, для легкого коммерческого грузовика типа «ГАЗель» – около 50%.

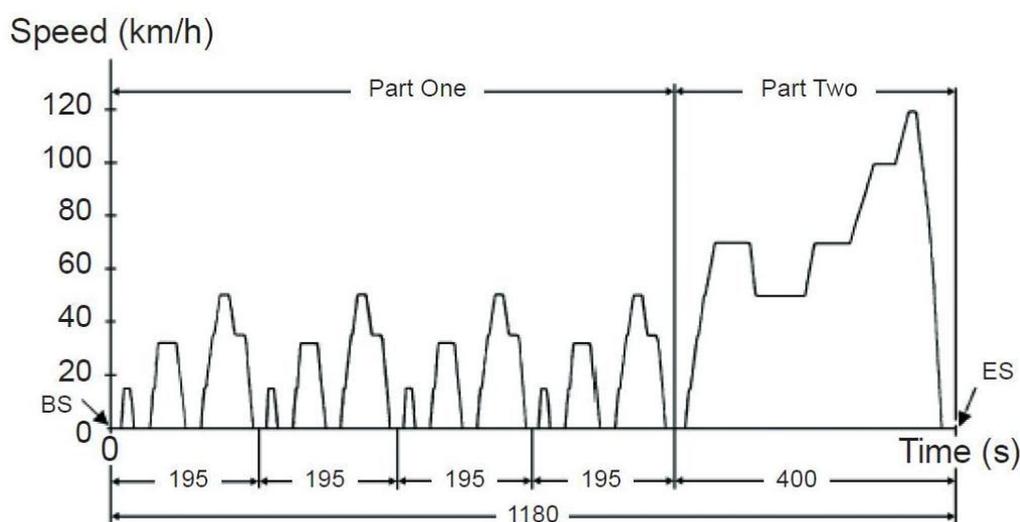


Рис. 3. Новый европейский ездовой цикл

Для исключения влияния манеры движения и режима движения на результаты, для замеров расхода топлива выделяются специальные режимы и циклы движения. Для Европейских производителей ключевым является так называемый Новый европейский ездовой цикл NEDC (рис. 3). Первая часть цикла, состоящая из четырех повторяющихся циклов длительностью 195 с, представляет собой «городской» цикл – стандартизованную последовательность режимов движения с большой интенсивностью изменения скорости автомобиля, необходимостью прогрева, работой двигателя во время стоянки «на светофорах», а также разгонами и резкими сбросами скорости до нуля. Вторая часть – «загородный» цикл – харак-

теризуется большей плавностью хода и стабильно удерживаемой скорости, хотя и с высокими абсолютными скоростями и ускорениями.

Реализация ездового цикла и весь комплекс замеров расхода топлива и токсичности предусматривается на беговых барабанах. Именно величины расходов, полученные при таких испытаниях, ложатся в основу контрольных и рекламных значений расхода топлива.

Для специальных исследований могут использоваться иные стандарты, например, ГОСТ Р 54810-2011 «Автомобильные транспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний». Здесь предложены специальные магистральные и городские циклы испытаний на дороге на топливную экономичность.

При анализе характеристик перспективного автомобиля экологического класса 5 основные отличия от предшественников следует ожидать в зоне переходных режимов. Поэтому, кроме топливной характеристики установившегося движения, замер расхода топлива выполнен и по магистральному циклу.

Для повторяемости и объективного сравнения результатов перед проведением замеров были проведены работы по приведению автомобиля к стандартным условиям. АТС должно соответствовать техническим условиям, быть укомплектованным, заправленным горюче-смазочными материалами и другими жидкостями, пройти обкатку в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

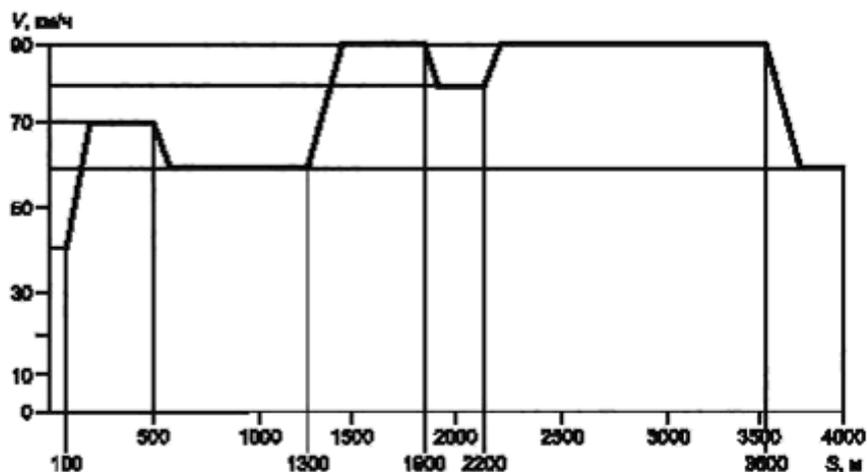


Рис. 4. Схема магистрального цикла на дороге ГОСТ Р 54810-2011



Рис. 5. Схема загрузки грузовой платформы

Все пункты были выполнены: полная масса автомобиля была доведена до 3500 кг; тент над кузовом был полностью застегнут; окна в кабине закрыты; дополнительные потребители энергии отключены; давление воздуха в шинах доведено до нормы. Перед испытаниями был проверен «выбег» автомобиля со скорости 50 км/ч. По данным ООО «ГАЗ» он не должен быть менее 550 м. В нашем случае замер показал 605 м.

Все испытания на топливную экономичность проводились на полигоне Горьковского автозавода на горизонтальной динамометрической дороге.

Для измерений расхода топлива использовался расходомер Corrsys-Datron DFL3x, являющийся дальнейшим развитием известных датчиков расхода от фирмы Corrsys-Datron. Датчики системы DFL предназначены для замера расходования топлива в двигателях внутреннего сгорания. Современные устройства DFL производят все виды замеров расходования бензина, дизтоплива, горючего на основе спирта и биотоплива. Оборудование абсолютно надежно, высокого качества и рассчитано на долгий срок службы.



Рис. 6. Расходомер DFL3x-5bar с процессором сигналов

Устройства могут применяться для замера расхода топлива в двигателях пассажирских, грузовых автомашин, внедорожников, специальных видов транспорта, мотоциклов и судов. Они могут использоваться и на испытательных стендах. Устройства DFL пригодны для топливных систем всех типов. Внешний процессор сигналов необходим для данного устройства и обеспечивает различные выходы.

Встроенный датчик поршневого типа обеспечивает измерение расход топлива до 250 л/ч. Принцип измерения основан на преобразовании частоты вращения ротора (вала), согласованной с расходом топлива, протекающего через известный объем поршневого пространства датчика в электрические импульсы. Процессор сигналов преобразует полученные импульсы в выходной сигнал с желаемой для пользователя частотой. В процессе испытаний использовались каналы преобразователя, формирующие от 500 до 10000 импульсов на 1 см³ и частотный сигнал, пропорциональный расходу топлива в диапазоне от 1 до 10000 Гц на 1 л/ч. Настройка цифровых каналов производится вручную посредством программы, прилагаемой к расходомеру CeCalWinPro (как оказалось впоследствии, прилагаемая программа производителями до конца не доведена, следовательно, ожидаемый расчет непосредственно расхода топлива невозможен (это только рекламный продукт). Калибровка измерительной системы выполнялась на моторном стенде в лаборатории ДВС НГТУ на дизельном двигателе Steyr ГАЗ-560. Измерительная система включала обратную топливную магистраль слива топлива в бак.

Расходомер был установлен на автомобиль «ГАЗель Next», бортовой с тентом. Сам датчик расходомера закреплен в кузове, непосредственно над топливным баком автомобиля. В полу грузовой платформы просверлено отверстие, через которое были проведены все шланги от бака к расходомеру и от расходомера к двигателю. Питание встроенного топливного насоса было организовано от отдельного аккумулятора, размещенного здесь же. Все приборы надежно прикреплены к полу платформы страховочными стропами и защищены сварной металлической рамой от возможного смещения балласта.

Процессор сигналов размещен в кабине, питание к нему протянуто от штатного аккумулятора из моторного отсека. От процессора кабель связи длиной 5 м протянут в кузов к датчику. По этому же кабелю подается питание на датчик расхода.

Частотомер также установлен в кабине, чтобы оператор видел значения во время движения. Питание частотомера (220 В) организовано от дополнительного преобразователя DC/AC мощностью 1,5 кВт.

Замеры расходов проводились на полигоне ГАЗ на участке горизонтальной дороги длиной 2 км с плавными разворотами. Заезды проводились с постоянными скоростями на трех разных передачах и по магистральному циклу ГОСТ Р 54810-2011. Для удобства замеров в середине калиброванного участка установлено две вешки на расстоянии 1 км друг от друга. Частотомер Ф5080 переводился в режим счетчика импульсов, который активировался и останавливался по команде оператора. При прохождении автомобиля мимо первой вешки оператор включал, а по прохождении второй выключал Ф5080. Результат замера числа импульсов в режиме одного процессора соответствует количеству топлива в см³ (с учетом коэффициента 1000). Из этой величины легко пересчитывается расход в л/100км.

По штатному тахометру записывалась текущая частота вращения двигателя. Поддержание постоянной скорости обеспечивалось близко к ближайшим целым значениям, но, главное, с максимальной точностью. В тех режимах, где это было возможно, использовался имеющийся на автомобиле «круиз-контроль», автоматическая система поддержания скорости. Замеры проводились минимум четыре раза, при этом автомобиль двигался в разные стороны для исключения влияния ветра. Максимальная скорость достигнута на 5-й передаче – 118 км/ч.



Рис. 7. Установка расходомера DFL3x в кузове автомобиля

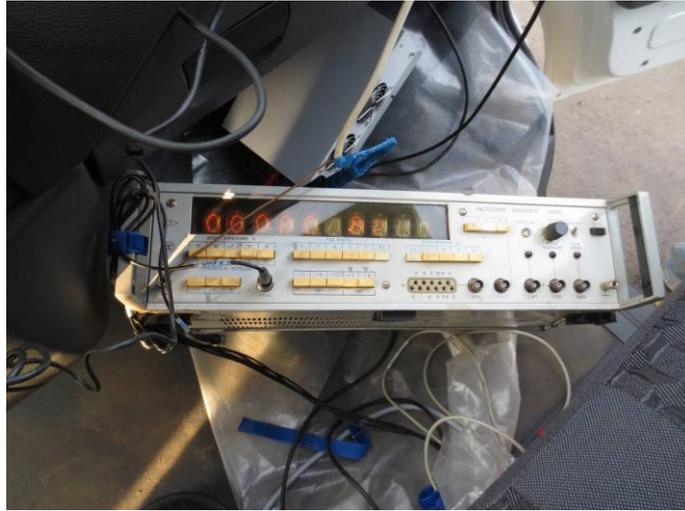


Рис. 8. Размещение частотомера Ф5080 в кабине автомобиля

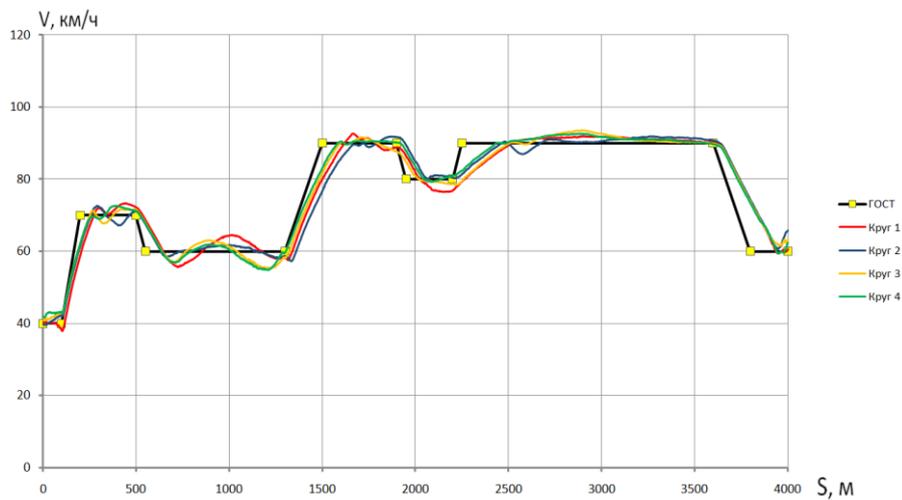


Рис. 9. Результаты экспериментальных исследований (по ГОСТ Р 54810-2011)

По результатам замеров построены топливные характеристики установившегося движения.

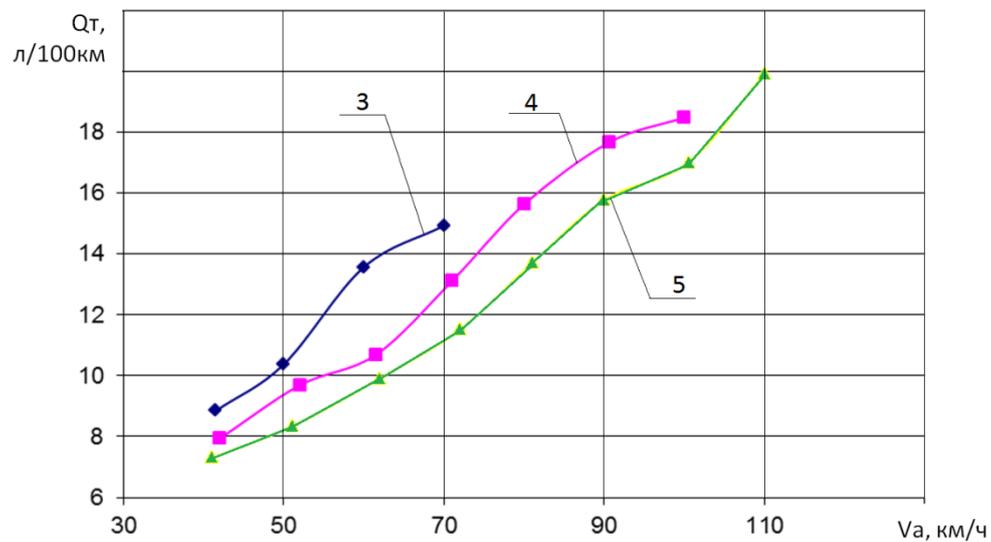


Рис. 10. Топливные характеристики установившегося движения (цифры – номер использованной передачи)

Перед замерами расхода в магистральном цикле была проведена разметка дороги в соответствии с ГОСТ Р 54810-2011. На трассе установлены фишки, и движение автомобиля было организовано по схеме ГОСТа. Общая длина мерного участка составляет 4 км. Проведено четыре заезда для оценки повторяемости (табл. 2).

Таблица 2
Результаты заезда для оценки повторяемости

№ заезда	Расход за цикл, л
1	0,568236
2	0,568649
3	0,565097
4	0,566912
Среднее	0,567223

Высокая повторяемость результатов подтверждает качество использованного прибора, правильность выбранного способа счета импульсов, повторяемость режимов движения. Результат будет использован для оценки сходимости результатов, полученных в расчетной программе, разрабатываемой параллельно.

Инженерные расчеты и математическое моделирование движения автомобиля при расчете расхода топлива выполнены в программном комплексе компании GammaTechnologiesInc (GTI) – GT-SUITE, позволяющем решать широкий спектр задач, в том числе, относящихся к исследованию динамики ТС. Адаптация программного комплекса GT-SUITE для расчета расхода топлива в ездовых циклах выполнена с учетом сопоставимости результатов расчетов по известным теоретическим зависимостям [1] и в соответствии с алгоритмами, используемыми в комплексе.

В результате расчетов и графической интерпретации их результатов установлена тождественность основных тягово-скоростных и топливно-экономических характеристик, полученных в результате расчетов с помощью известных теоретических зависимостей [1], с использованием программного комплекса GT-SUITE и полученных в результате натурных испытаний (рис. 11).

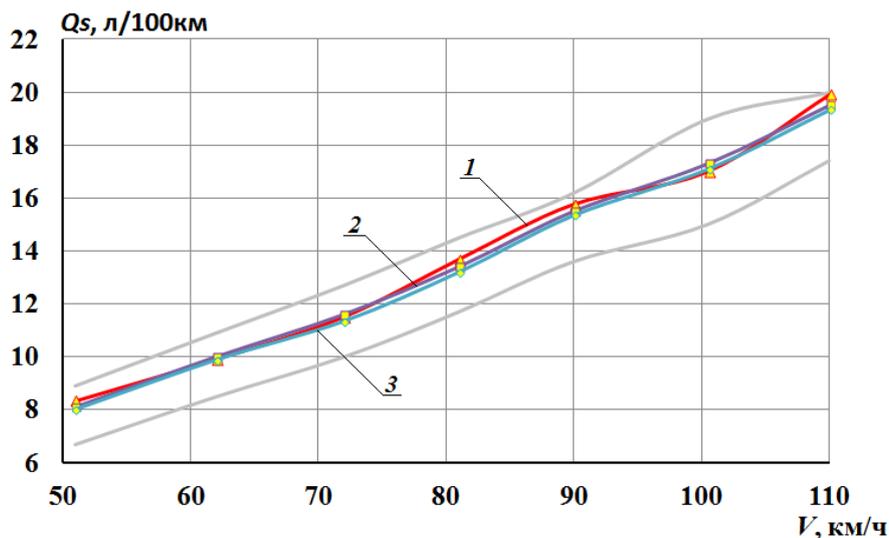


Рис. 11. Расчетные и экспериментальные топливно-экономические характеристики при движении на 5-й передаче:

1 – при испытаниях; 2 – по результатам моделирования в GT-SUITE;
3 – по результатам аналитического расчета

Библиографический список

1. **Кравец, В.Н.** Теория автомобиля: учебник / В.Н. Кравец; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – 2-е изд., переработ. – Нижний Новгород, 2013. – 413 с.
2. **ГОСТ Р 54810 -2011** Автомобильные транспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2012. – 23 с.

*Дата поступления
в редакцию 22.04.2014*

S.M. Ogorodnov, A.N. Tikhomirov, D.V. Sharov

THE STUDY OF THE FUEL CONSUMPTION OF THE LIGHT COMMERCIAL VEHICLE GAZELLE NEXT BY USING OF EXPERIMENTAL METHOD

Nizhny Novgorod state technical university n. a. R.E. Alexeev

Purpose: Determination of light commercial vehicle fuel consumption with the power unit EURO 5 by means of experimental method with application of the modern measurement equipment.

Design/methodology/approach: The experimental study uses a flow meter Corrsys-Datron DFL3x. This equipment is absolutely reliable, high quality and designed for a long service life.

Findings The results obtained during the experiment are satisfactorily complying with the results of simulation and the analytical calculations.

Research limitations/implications The present study provides a starting-point for further research in the area of increasing of ground vehicles fuel efficiency.

Originality/value The main feature of the study is using of modern measurement equipment and analytical approach that could be used for determination of vehicles fuel consumption.

Key words: fuel consumption, fuel efficiency, GAZelle Next.