

УДК 629.113

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЯ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЛЕГКОГО КОММЕРЧЕСКОГО АВТОМОБИЛЯ

**Мошков П.С., Торопов Е.И., Вашурин А.С., Трусов Ю.П., Тихомиров А.Н.**

*ФГОУ ВПО «Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева», Н. Новгород, e-mail: nntu@nntu.nnov.ru*

Популярность лёгкого коммерческого транспорта в мире и в России в частности вызвана его высокой ролью в логистических цепочках транспортных компаний. К таким автомобилям предъявляются требования надёжности, экономичности, работоспособности в переменчивых условиях. На основе серийного автомобиля ГАЗель «Next» был создан его прототип с другим двигателем. Двигатели имеют сходные значения мощности и крутящего момента. Силовая передача изменению не подвергалась. Таким образом, объём внесенных изменений в конструкцию автомобиля оказался незначительным. Авторами был проведен эксперимент по оценке таких эксплуатационных показателей, как топливная экономичность и тягово-скоростные свойства для обоих вариантов двигателей. Для этого были проведены испытания по замеру расхода топлива и определению параметров работы двигателя во время движения на загородных маршрутах. Проведенный анализ полученных данных показал различие в области загрузки двигателя и количестве потребленного топлива. Был сделан вывод о предпочтительности использования одного из вариантов двигателя в заданных условиях.

**Ключевые слова:** топливная экономичность, загрузка двигателя, опытный образец, трансмиссия

## EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE INFLUENCE CHARACTERISTICS OF THE ENGINE LCV ON ITS TRACTION-SPEED AND FUEL ECONOMIC PROPERTIES

**Moshkov P.S., Toropov E.I., Vashurin A.S., Trusov Y.P., Tikhomirov A.N.**

*Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev,  
Nizhny Novgorod, e-mail: nntu@nntu.nnov.ru*

The popularity of light commercial vehicles in the world is caused by its importance in the logistic system of the transport companies. Requirements of reliability, efficiency, performance in changeable conditions are submitted to these vehicles. Prototype with another engine was created on the basis of the production GAZelle «Next» car. The engines have similar values of power and torque. Powertrain wasn't changed. Thus, the volume changes making in the structure of the car was insignificant. The authors held the experiment to comparison of fuel economy and traction-speed characteristics for both engine variants. For this, measurements of the parameters operation of the engine and fuel consumption were carried out on the country distance routes. The analysis of the obtained data showed the difference in the field of engine load and fuel consumption. As a result, conclusion was made about the desirability of using one of the engines in specified conditions.

**Keywords:** fuel efficiency, engine load, prototype, powertrain

К классу так называемых ЛКА (легкий коммерческий автомобиль), относят легкие грузовики грузоподъемностью 1–2 тонны (полная масса до 3,5 т).

Определение ЛКА в наибольшей степени соответствует компактному развозному автомобилю с кузовом преимущественно фургон, с мощным и экономичным двигателем, низкими эксплуатационными расходами, приспособленному для эксплуатации в городах.

Легкий коммерческий транспорт крайне востребован в развивающейся экономике. Бесспорным лидером среди российских производителей малотоннажного коммерческого транспорта является Горьковский автозавод с брендом «ГАЗель».

В последнее время в России роль ЛКА в перевозках повышается. В первую очередь это касается крупных городов, где крупнотоннажным грузовикам становится тесно, и логистические операторы активнее

используют более маневренные ЛКА. Сбыт иностранных ЛКА постоянно растёт, однако ведущую роль на рынке по-прежнему играют российские производители, так как предлагают широкий спектр моделей по цене в полтора-два раза ниже, чем у иностранных производителей [7].

Многие автомобильные производители Европы, Америки и Японии уже давно предлагают большое количество разнообразных модификаций. Покупателям предлагаются автомобили с разнообразными комплектами двигателей, коробок передач, ведущих мостов и наиболее подходящие для заданных условий эксплуатации. Для сохранения конкурентных преимуществ есть необходимость создания и у нас в стране различных модификаций на основе базовой модели. При этом следует учитывать оперативно-функциональное назначение автомобиля и требования автомобильного рынка [1].

Очевидно, что тягово-скоростные свойства и свойства топливной экономичности связаны обратной зависимостью. Это означает, что улучшение показателей одних из свойств приводит к снижению других. В автомобилях с механической ступенчатой трансмиссией на формирование требуемых эксплуатационных показателей главным образом влияет выбор двигателя и ряда передаточных чисел трансмиссии.

При разработке нового автомобиля одной из важнейших целей является получение минимального расхода топлива при сохранении необходимой динамики движения, поэтому наибольший интерес представляют исследования, направленные на раскрытие потенциальных свойств системы «двигатель – трансмиссия» [2].

Как правило, при оптимизации передаточных чисел трансмиссии используется обобщенный критерий оптимальности, который представляет собой комбинацию частных критериев топливной экономичности и тягово-скоростных свойств автомобиля.

Настоящее исследование предусматривает проведение практического эксперимента, целью которого является исследование влияния характеристик двигателя легкого коммерческого автомобиля (ЛКА) на его тягово-скоростные и топливно-экономические свойства.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках проекта по договору № 02.G25.31.0006 от 12.02.2013 г. (постановление Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 года № 218). Экспериментальные исследования выполнены с использованием измерительного оборудования Центра коллективного пользования НГТУ «Транспортные системы».

Исследование является продолжением работ, описанных в [3, 5].

На основе базового варианта ЛКА ГАЗель «Next» с установленным серийным дизельным двигателем Cummins ISF 2.8 был создан опытный образец продукции с бензиновым двигателем Nissan QR25DE и проведены необходимые испытания. Наибольший интерес зарубежный аналог представляет с точки зрения двигателя, отвечающего требованиям экологических норм Евро 5.

При установке другого силового агрегата требуется вносить различные изменения для выполнения компоновки и стыковки с имеющимися агрегатами. Для двигателя Nissan объём вносимых изменений незначителен, поэтому данный двигатель был установлен на автомобиль вместо демонтированного Cummins. Оба двигателя примерно одного класса по рабочим объемам, мощности, крутящему моменту. Таким образом, при создании прототипа силовая передача изменению не подвергалась.

Испытания проводились на загородных трассах регионального значения Нижегородской области (Н. Новгород – Павлово, Н. Новгород – Заволжье – Линда – Н. Новгород, Н. Новгород – Лысково, Н. Новгород – Арзамас).

Во время движения по маршруту производилась запись данных о расходе топлива (общий и мгновенный расход), параметры макропрофиля дороги фиксировались при помощи прибора Racelogic VBOX3i 100Hz, данные (мгновенный расход, частота вращения к.в., скорость автомобиля и пр.) с блока управления двигателя считывались через шину CAN. В контрольных точках ручным триггером ставилась временная метка.

Принципиальная схема соединения измерительного оборудования представлена на рис. 1.

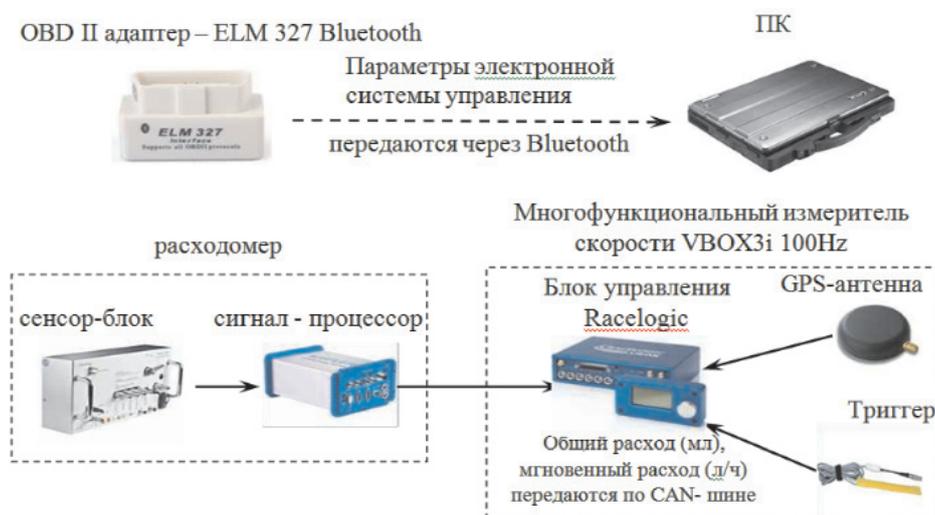


Рис. 1. Принципиальная схема соединения измерительной аппаратуры

Таблица 1

Перечень средств измерений и испытательного оборудования, необходимых для проведения испытаний

Наименование, тип и марка	Модель (обозначение) оборудования	Основные характеристики
Многофункциональный измеритель скорости, Racelogic LTD, Великобритания	VBOX3i 100Hz GPS Data Logger	Диапазон измерения скорости 5–144 км/ч, абсолютная погрешность $\pm 0,1$ км/ч; абсолютная погрешность измерения расстояния $\pm 0,2\%$ ; точность высоты 6 м
Расходомер, Kistler Automotive GmbH, Германия	CDS-DFL-3X	Погрешность измерения расхода топлива $\pm 1$ мл
ПК, GETAC, КНР	S400	
Диагностический Bluetooth адаптер OBDII, КНР	ELM 327	Запись данных с ECM по протоколам: SAE J1850 PWM, SAE J1850 VPW, ISO 9141-2, ISO 14230-4 KWP, ISO 15765-4 CAN, SAEJ1939

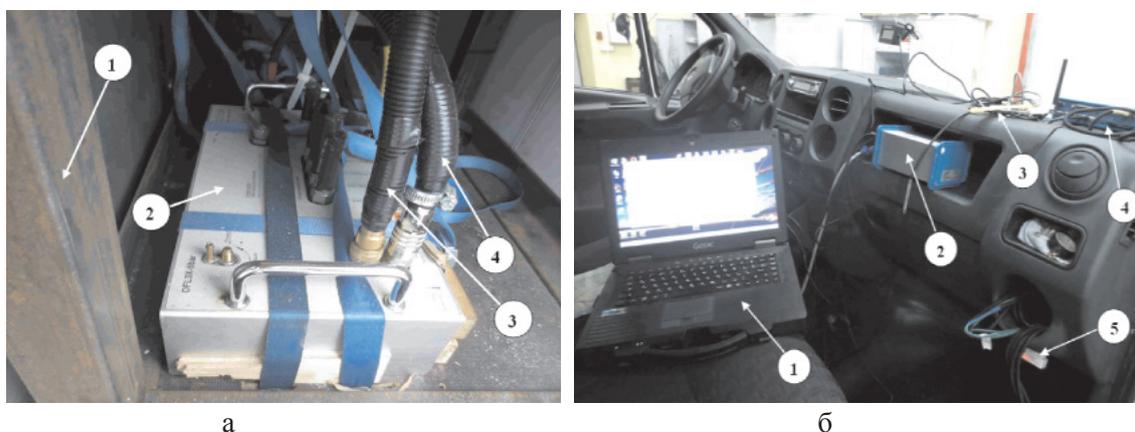


Рис. 2.

*а* – сенсор-блок расходомера, установленный в кузове автомобиля и защищенный сварной конструкцией;

*1* – сварная конструкция; *2* – сенсор-блок расходомера; *3* – подача из бака в сенсор;

*4* – подача из сенсора в двигатель;

*б* – установка многофункционального измерителя скорости и блока-процессора расходомера в кабине;

*1* – ПК; *2* – блок-процессор расходомера; *3* – триггер; *4* – Racelogic VBOX3i; *5* – ELM 327

Таблица 2

Сравнительный анализ расхода топлива

Участок	Длина участка, км	Средний расход топлива, л		Средний расход на 1 км пути, л/км		
		Двигатель Cummins	Двигатель Nissan	ДТ	АИ-95	
Н. Новгород – Павлово	59,0	7,161	7,927	0,121	0,134	
Пос. Опалиха – Лысково	75,7	9,385	9,763	0,124	0,129	
Н. Новгород – Арзамас	88,4	10,1	12,196	0,114	0,138	
Павлово – Н. Новгород	59,0	6,787	7,542	0,115	0,128	
Лысково – Пос. Опалиха	75,7	9,626	10,11	0,127	0,133	
Арзамас – Н. Новгород	88,4	11,158	12,428	0,126	0,14	
Н. Новгород – Заволжье	Н. Новгород – Заволжье	35,7	4,199	4,583	0,117	0,128
	Заволжье – Городец	12,6	1,572	1,529	0,125	0,121
	Городец – Линда	40,7	5,461	6,071	0,134	0,149
	Линда – Н. Новгород	34,4	3,733	4,673	0,108	0,136
Итого по всем маршрутам	569,6	69,182	76,822	1,211	1,336	

В результате проведения заездов по заданным маршрутам были получены и сведены в табл. 2 данные о расходе топлива.

В условиях загородного движения ЛКА ГАЗель «Next» с дизельным двигателем Cummins ISF 2.8 потребляет в среднем на 11 % меньше топлива, чем опытный образец ЛКА ГАЗель «Next» с бензиновым двигателем Nissan QR25DE.

Анализ скоростей движения по маршрутам (рис. 3) показал, что большую часть времени, объект испытания с различными двигателями двигался в одном и том же диапазоне скоростей, а именно 60–80 км/ч, однако доля движения на высоких скоростях больше для дизельного варианта двигателя.

Характеристика загруженности двигателя Cummins (рис. 4) во время движения имеет равномерный характер. Двигатель Nissan большую часть времени загружен на 60–80 % и значительно превосходит аналогичный показатель для двигателя Cummins. Из диаграммы можно сделать вывод, что при движении по маршруту в различных диапазонах скоростей, частот вращения коленчатого вала и на различных передачах двигатель Nissan работает в зоне больших нагрузок.

На рис. 5 представлены диаграммы доли времени движения автомобиля в разных диапазонах скоростей и оборотов двигателя. Большую часть времени автомобиль с обоими двигателями находился в одном и том же диапазоне оборотов коленчатого вала, а именно 2000–2500 об/мин, что соответствовало скорости движения 60–80 км/ч. Из графика следует, что работа двигателя Nissan смещена в сторону повышенных оборотов коленчатого вала.

Опытный образец ЛКА ГАЗель «Next» с бензиновым двигателем Nissan QR25DE Евро-5 показал неплохие топливно-экономические показатели. Средний расход топлива в загородном режиме движения составляет 13,5 л/100 км. Что касается тягово-скоростных свойств, то тут предпочтительнее дизельный вариант двигателя. Однако следует учесть, что повышенный расход топлива и заниженные тяговые свойства бензинового прототипа могут быть вызваны неправильно подобранными параметрами трансмиссии для данного типа двигателя. Поэтому для более объективного и детального сравнения этих свойств рекомендуется оптимизировать передаточные числа коробки передач и главной передачи и повторить эксперимент.

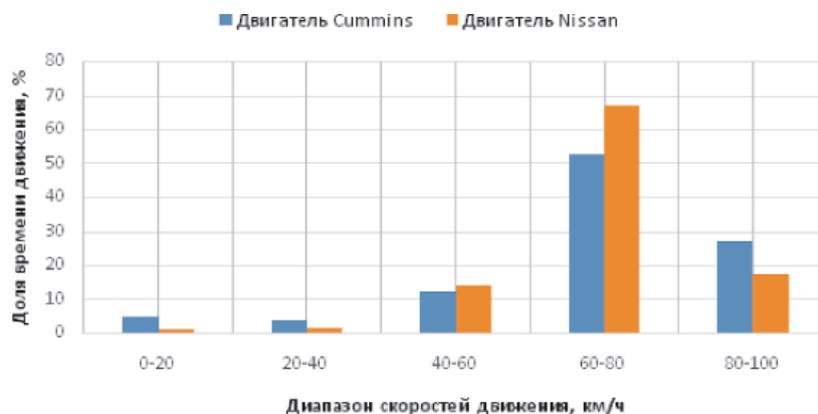


Рис. 3. Доля времени движения в разных диапазонах скоростей

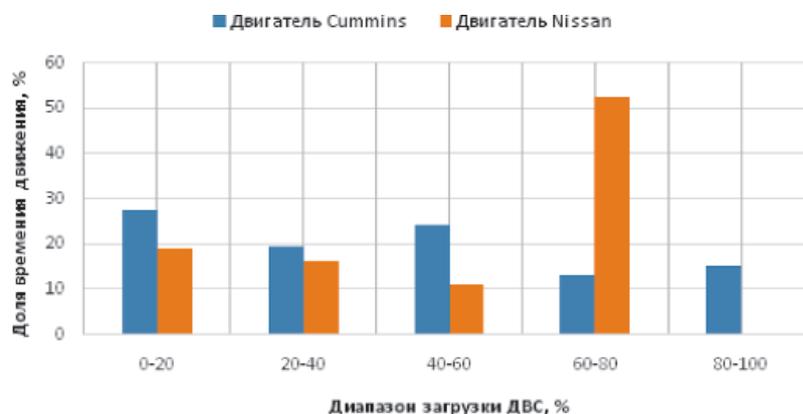


Рис. 4. Доля времени движения в разных диапазонах загрузки ДВС

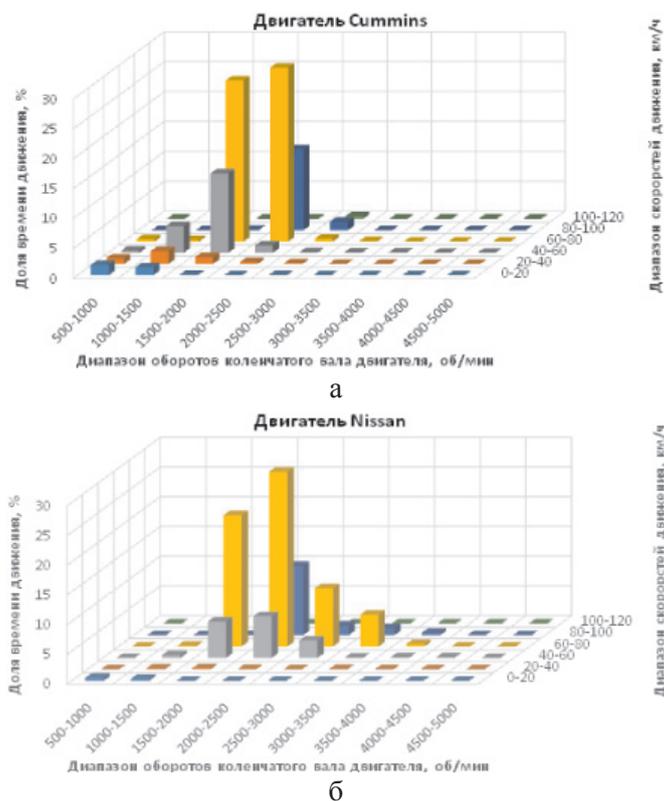


Рис. 5.

а – доля времени движения в разных диапазонах скоростей и оборотов коленчатого вала двигателя Cummins ISF 2.8; б – доля времени движения в разных диапазонах скоростей и оборотов коленчатого вала двигателя Nissan QR25DE

### Список литературы

1. Блохин А. Н. Разработка методики поиска рациональных передаточных чисел трансмиссии с учетом эксплуатационных свойств и назначения автомобиля: дис. ... канд. техн. наук. – Нижний Новгород, 2006. – 176 с.
2. Блохин А.Н., Кудрявцев С.М. Рациональное сочетание двигателя и трансмиссии // Современные тенденции развития автомобилестроения в России: Сборник статей всероссийской научно-технической конференции. – Тольятти: КГУ, 2003. – С. 188–191.
3. Блохин А.Н., Молев Ю.И., Мошков П.С., Тихомиров А.Н. Сравнительный анализ определения расхода топлива автомобиля с использованием расходомера DFL3X-5BAR и расчетным методом с помощью данных диагностического протокола OBD II // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1.
4. Кравец В.Н. Теория автомобиля: учеб. пособие / Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – 2-е изд., переработ. – Н. Новгород, 2013. – 413 с.
5. Огороднов С.М., Зезюлин Д.В., Макаров В.С., Малеев С.И. Разработка расчетно-экспериментальной методики оценки расхода топлива при движении автомобиля по заданному маршруту // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4.
6. Токарев А.А. Топливная экономичность и тягово-скоростные качества автомобиля. – М.: Машиностроение, 1982. – 222 с.
7. LCV плавное торможение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://expert.ru/magazine\\_auto/2014/03/lcv-plavnoe-tormozhenie/](http://expert.ru/magazine_auto/2014/03/lcv-plavnoe-tormozhenie/) (14.04.2014).

### Referenses

1. Blohin A.N. Razrabotka metodiki poiska racionalnyh peredatochnykh chisel transmissii s uchetom jekspluatatsionnyh svoystv i naznachenija avtomobilja. Cand. Diss. [The development of a methodology of search rational gear ratios of the transmission based operating properties and the purpose of the car. Cand. Diss.]. Nizhny Novgorod, 2006. 176 p.
2. Blokhin, A. N., Kudryavtsev S. M. The Rational combination of engine and transmission [Racionalnoe sochetanie dvigatelja i transmissii]. Sovremennye tendencii razvitiya avtomobilstroenija v Rossii: Sbornik statej vse-rossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii [Modern trends in the development of the automotive industry in Russia: materials of all-Russian scientific-technical conference]. Toljatti, 2003, pp. 188–191.
3. Blokhin, A.N., Molev, Y.I., Moshkov P.S., Tikhomirov A.N. Comparative analysis of the fuel consumption of a car with the use of a flowmeter DFL3X-5BAR and calculation method using data diagnostic OBD II Protocol. Modern problems of science and education, 2015, no. 1, available at: [www.science-education.ru/121-17245](http://www.science-education.ru/121-17245).
4. Kravets V.N. Teorija avtomobilja [Theory of the car]. Nizhny Novgorod, NNSTU n. a. Alekseev, 2013. 413 p.
5. Ogorodnov S.M., Zezyulin D.V., Makarov V.S., Maleev S.I. The development of experimental methodology for the assessment of fuel consumption when driving on the set route. Modern problems of science and education, 2014, no. 4, available at: [www.science-education.ru/118-14280](http://www.science-education.ru/118-14280).
6. Tokarev A.A. Toplivnaja jekonomichnost i tjavovo-skorostnye kachestva avtomobilja [Fuel economy and traction-speed characteristics of the car]. Moscow, Mashinostroenie, 1982. 222 p.
7. LCV: plavnoe tormozhenie [LCV: smooth braking]. Available at: [http://expert.ru/magazine\\_auto/2014/03/lcv-plavnoe-tormozhenie/](http://expert.ru/magazine_auto/2014/03/lcv-plavnoe-tormozhenie/) (accessed 14 April 2014).