

## НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

---

---

УДК 629.113

П.С. Мошков, Р.А. Мусарский, И.А. Суворов, Е.И. Торопов

### МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ПО ОЦЕНКЕ РАСХОДА ТОПЛИВА ЛЕГКОГО КОММЕРЧЕСКОГО АВТОМОБИЛЯ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Излагается методика проведения испытаний по оценке расхода топлива лёгкого коммерческого автомобиля, относящегося к транспортным средствам категории N1. Затрагивается вопрос экспериментального исследования и оценки расхода топлива автомобиля применительно к конкретному маршруту движения, его особенностям, определенным климатическим условиям и стилю работы водителя.

*Ключевые слова:* расход топлива, легкий коммерческий автомобиль, топливная экономичность.

Из параметров, характеризующих мощностные показатели автомобиля, в центре внимания длительное время оставались максимальная скорость и время разгона. Ощутимый рост цен на топливо привел к тому, что особое внимание стали уделять расходу топлива. Очевидно, что тягово-скоростные свойства и свойства топливной экономичности связаны обратной зависимостью. Это означает, что улучшение показателей одних из свойств, приводит к снижению других [1-4]. При разработке нового автомобиля одной из важнейших целей является получение минимального расхода топлива при сохранении необходимой динамики движения, т.е. оптимальное сочетание указанных свойств [5].

Проведение испытаний по оценке расхода топлива предполагает выполнение следующих этапов:

1. На первом этапе исследований необходимо выбрать маршрут движения, соответствующий цели испытаний, предназначению автомобиля и т.д. Маршрут включает в себя один участок с определенной категорией эксплуатации, а также несколько участков с характерными особенностями движения, что позволит провести сравнительный анализ для различных условий и выявить взаимосвязь влияющих факторов и режимов работы. Увеличение количества заездов и длины маршрута усредняет и уточняет результаты анализа.

2. Подготовительные мероприятия перед испытаниями включают установку измерительной аппаратуры и подготовку непосредственно автомобиля. Измерительная аппаратура не должна влиять на работу узлов автомобиля, должна обеспечивать запись параметров на электронные носители в режиме реального времени без задержек, с минимально-возможным периодом фиксации и максимальной точностью.

3. Главная задача этапа сбора экспериментальных данных – зафиксировать с минимальной периодичностью по времени необходимые параметры, а также з границы характерных участков на маршруте, для чего может быть использован видеорегиистратор с установленным временем. Уменьшение периодичности фиксации данных приводит к уточнению результатов, несколько увеличивая время обработки и анализа. Для приведения к единому времени и исключению ошибок несоответствия данных необходимо точное определение моментов времени фиксации каждого параметра.

4. Этап обработки данных включает компиляцию информации, полученной в ходе за-

езда, и известных технических данных автомобиля и его агрегатов, затем анализ скоростных и нагрузочных режимов. Формирование данных о цикле движения подразумевает статистическую обработку данных о скорости движения автомобиля, а также построение макропрофиля маршрута по GPS/ГЛОНАСС данным о высоте над уровнем моря. Эти параметры можно считать основными независимыми характеристиками маршрута, принимая, что выбор скорости движения обусловлен преимущественно внешними факторами (скоростью транспортного потока, дорожной обстановкой, разрешенной максимальной скоростью движения).

5. Выводы по результатам испытаний содержат характеристику режима движения на маршруте как принятого независимого фактора, выявленные особенности режимов работы трансмиссии и обнаружение взаимосвязей между условиями движения и РРТ.

Для проведения заездов, в ходе которых должны быть получены экспериментальные данные, необходимые для дальнейшей обработки и анализа, был выбран маршрут, показанный на рис. 1. В целом он соответствует III категории условий эксплуатации автомобиля, а именно: условия движения характерны для больших городов с населением свыше 100 тыс. чел.; рельеф местности равнинный ( $P_1$  до 200 м над уровнем моря) или, с учетом количества затяжных подъемов и спусков, слабохолмистый ( $P_2$  до 300 м над уровнем моря); группы дорог  $D_2$  (из битумоминеральных смесей (асфальт), в том числе со щебнем и гравием, из холодного асфальтобетона). Маршрут круговой, т.е. точки начала и конца маршрута совпадают; проходит как в нижней, так и в верхней частях города, имеет протяженность 43,6 км.

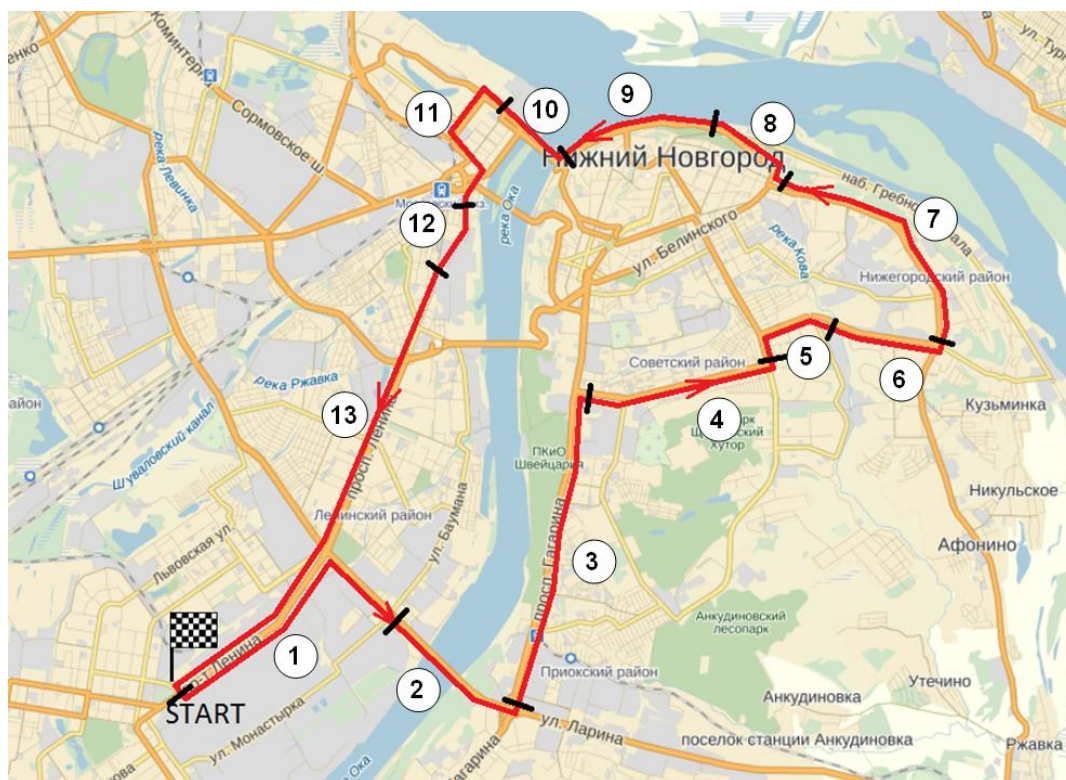


Рис. 1. Маршрут движения автомобиля

Маршрут условно разбит на 13 участков. Участки 3 – 9 проходят по нагорной части города, участки 1, 11 – 13 – в заречной части, участки 2 и 10 соответствуют движению по мостам через р. Оку. Основная часть маршрута пролегает по магистральным дорогам регулируемого движения, магистральным улицам общегородского значения регулируемого движения. На участках маршрута 1, 11, 12, 13, 9 (суммарная протяженность 20,3 км) отсутствуют уклоны, колебания высот лежат в пределах 10 м. Остальная часть маршрута (участки 2 – 8, 10; 23,3 км) имеют значительные перепады высот (более 100 м), затяжные (до 2500 м) подъемы и спуски.

Таким образом, маршрут соответствует одному из наиболее часто встречающихся условий движения легких коммерческих автомобилей в крупных городах. В зависимости от необходимости исследования тех или иных условий движения маршрут может быть скорректирован в соответствии с характерными особенностями района эксплуатации. Также может быть выбран комплексный маршрут, включающий несколько характерных участков, имеющих различные условия движения. При обработке данных эксперимента на таком маршруте следует провести как общий анализ, так и отдельно для каждого из участков. Это позволит выявить влияние тех или иных факторов на исследуемые режимы работы трансмиссии и двигателя.

Для организации записи данных в ходе движения по маршруту было использовано оборудование Центра коллективного пользования «Транспортные системы» НГТУ [6].

Был произведен пробный заезд по выбранному маршруту на автомобиле ГАЗель «Next». При проведении испытаний при помощи специального оборудования в автоматическом режиме формировалась таблица данных. Фиксация параметров проводилась с периодичностью в одну секунду на протяжении всего маршрута. В результате был сформирован xls-файл, имеющий вид таблицы, в которой каждая строка содержит значения записываемых параметров в каждую секунду нахождения автомобиля на маршруте. Движение по испытательному маршруту занимает достаточно большой промежуток времени, поэтому в табл. 1 приведен фрагмент данных.

Таблица 1

## Результаты дорожных испытаний

N (с)	Скорость транспортного средства, км/ч	Частота вращения коленчатого вала ДВС, мин <sup>-1</sup>	Процент действия педали акселератора, %	Процент загрузки ДВС, %	Рабочее состояние системы управления двигателем	Управляемый расход топлива, л/ч	Положение педали тормоза, нажат (Н)/отпущен (О)	Положение педали сцепления, нажат (Н)/отпущен (О)
1	0	750	0	7	Состояние регулятора низких оборотов	3,69	Н	О
...	...	...	...	...	...	...	...	...
1878	33	1460	37	29	Автомобильный регулятор	8,13	О	О
1879	33	1462	43	34	Автомобильный регулятор	13,62	О	О
1880	33	1430	44	38	Автомобильный регулятор	9,39	О	О
1881	34	1460	44	37	Автомобильный регулятор	10,03	О	О
...	...	...	...	...	...	...	...	...
6097	0	752	0	4	Состояние регулятора низких оборотов	4,01	О	Н

Основываясь на исходных данных о скорости автомобиля, была составлена диаграмма, показывающая скоростной режим движения на маршруте (рис. 2). Также была получена доля времени движения автомобиля на различных передачах.

Характерным показателем движения на маршруте может быть среднее ускорение и замедление, которое определяется как накопленное число роста и падения скорости на маршруте к общему времени движения. Чем больше данная величина, тем более динамич-

ными являются условия движения, то есть такими условиями, которые требуют частых ускорений и замедлений автомобиля. На представленном маршруте данная величина составила  $0,185 \text{ м/с}^2$ . Если же в расчет ускорений включать только промежутки времени изменения скорости автомобиля, то среднее ускорение составит  $0,606 \text{ м/с}^2$ , а замедление –  $0,649 \text{ м/с}^2$ , соответственно доля времени движения с ускорением – 30,1%, с замедлением – 28,6%. Распределение времени эксплуатации ТС на маршруте представлено на рис. 3.

Таким образом, проведенный анализ позволяет получить представление о скоростных режимах работы двигателя и трансмиссии в данных условиях движения.

Запрашиваемая водителем с ДВС мощность (именно мощность, так как она, в отличие от крутящего момента, передается на колеса автомобиля независимо (если не принимать во внимание незначительное изменение КПД трансмиссии) от передаточных чисел) обоснована дорожной обстановкой и получением необходимой отдачи от автомобиля (ускорение, движение с постоянной скоростью, преодоление уклонов). Все дальнейшие действия сохраняют этот параметр неизменным для сохранения динамичности автомобиля и удовлетворения водителя. То есть решается задача минимизации расхода топлива при полном сохранении динамики движения. Два параметра ( $V$ ,  $N$ ) считаем исходными и определяемыми конкретной дорогой, обстановкой на ней и желанием водителя. Минимизируемая величина – расход топлива.

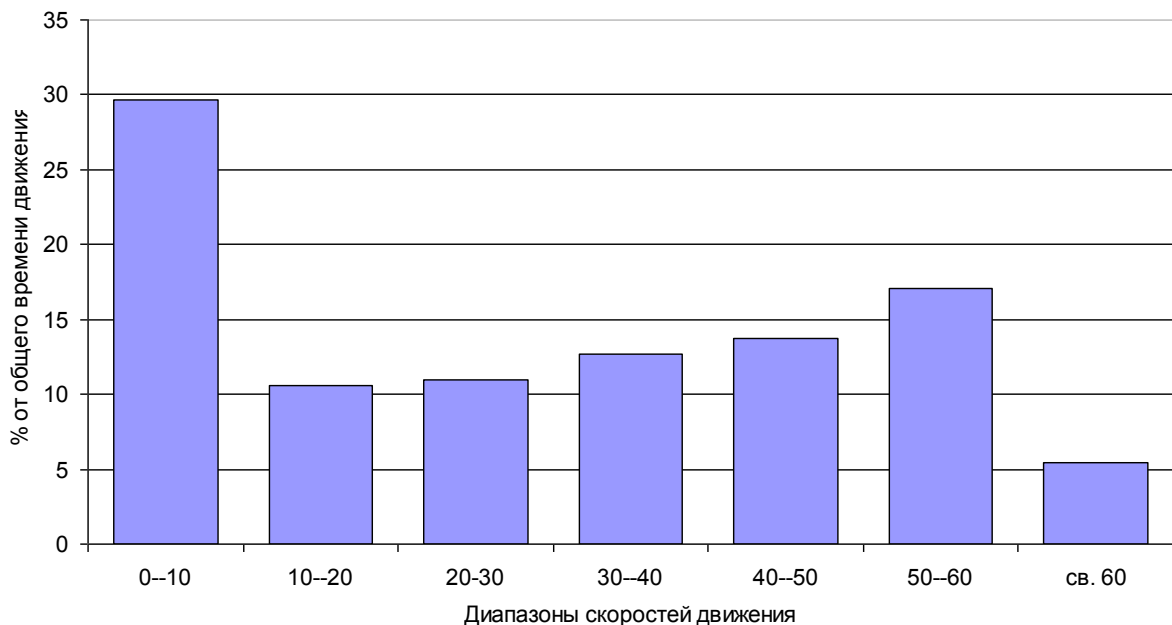


Рис. 2. Доля времени движения автомобиля в разных диапазонах скоростей

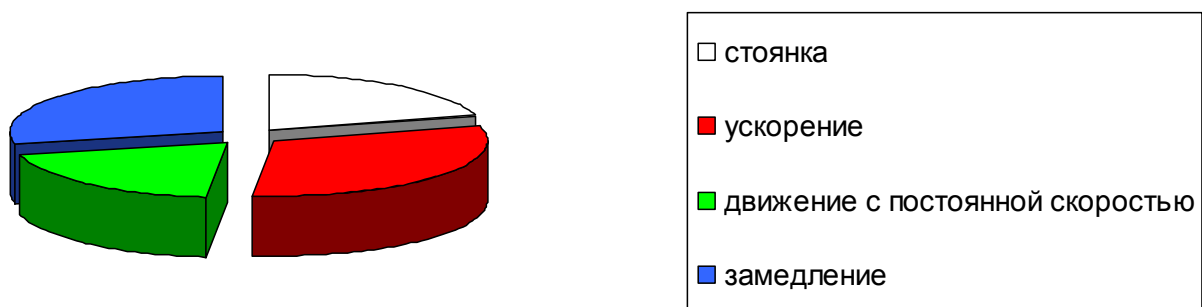


Рис. 3. Распределение времени на маршруте

Дальнейшие действия можно представить следующим: произвести поиск передачи (из имеющихся), которая обеспечила бы меньший расход топлива при сохранении мощности ДВС (то есть динамики авто):

- по скорости авто определяем ЧВКВ ДВС на каждой передаче;
- определяем загрузку ДВС (%) для реализации им той же мощности (если реализация той же мощности на какой-то передаче (то есть ЧВКВ) невозможна, то исключаем этот режим);
- зная загрузку ДВС и ЧВКВ, по таблице методом билинейной интерполяции определяем удельный расход топлива для каждой передачи;
- выбираем передачу, на которой возможно реализовать ту же мощность, но с меньшим удельным расходом.

Решение данных пунктов будет являться целью дальнейших расчетно-экспериментальных исследований.

*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).*

#### Библиографический список

1. Литвинов А.С. Теория эксплуатационных свойств автомобиля / А. С. Литвинов, Я.Е. Фаробин. – М.: Машиностроение. 1989. – 237 с.
2. Кравец, В.Н. Теория автомобиля / В.Н. Кравец, В.В. Селифонов. – М.: ООО «Гринлайт+», 2011. – 884 с.
3. Кравец В.Н. Влияние макропрофиля дороги на показатели тягово-скоростных свойств автомобиля / В.Н. Кравец, Р.А. Мусарский // Вестник ИжГТУ. 2014. №3. С. 42–53.
4. Мусарский, Р.А. Структурный и фрактальный анализ макропрофилей дорог // Автомобильная промышленность. 2014. №2. С. 21–23.
5. Огороднов, С.М. Исследование расхода топлива легкового коммерческого автомобиля «Газель Next» экспериментальным методом / С.М. Огороднов, А.Н. Тихомиров, Д.В. Шаров // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2014. №2 (104). С. 131–139.
6. ЦКП «Транспортные системы» [электронный ресурс] URL: <http://www.its.nntu.ru/sciense/ckp-ts>

*Дата поступления  
в редакцию 29.01.2015*

**P.S. Moshkov, R.A. Musarsky, I.A. Suvorov, E.I. Toropov**

### THE METHODOLOGY OF TESTING OF LIGHT COMMERCIAL VEHICLE FOR FUEL CONSUMPTION ESTIMATION

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

**Purpose:** The development of testing methodology for estimation of light commercial vehicles fuel consumption.

**Design/methodology/approach:** The study based on experimental data that were received in a real city traffic condition.

**Findings:** It is possible to apply the research results for estimation of light commercial vehicles fuel economy characteristics on the basis of real road test results.

**Research limitations/implications:** The present study provides a starting-point for further research in the field of estimation of vehicles fuel economy.

**Originality/value:** The main peculiarity of the study is original approach of real road tests of light commercial vehicles that could have a good practical application for further optimisation.

*Key words:* fuel consumption, light commercial vehicle, fuel economy.