

УДК 629.3.018.7

**А. В. Тумасов**, кандидат технических наук, доцент, Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

**И. А. Суворов**, аспирант, Нижегородский государственный технический университет имени Р. Е. Алексеева

## ОБ ИССЛЕДОВАНИИ СКОРОСТНЫХ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ И РАБОТЫ ЕГО ТРАНСМИССИИ В ОПРЕДЕЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ

*Предполагаемые условия движения автомобилей должны быть учтены при выборе оптимальных параметров двигателя и трансмиссии автомобиля. Исследования позволяют определить скоростные режимы движения автомобиля и работы его узлов в конкретных условиях эксплуатации. На основе групп зависимых и независимых параметров проведен анализ, выявляющий характерные особенности работы автомобиля и водителя в заданных условиях движения.*

**Ключевые слова:** условия эксплуатации, силовой агрегат, режимы движения автомобиля, режимы работы трансмиссии, передаточные числа.

Условия эксплуатации автомобиля должны быть учтены при создании его модификаций. Вариациями параметров силового агрегата можно добиться оптимизации эксплуатационных показателей для заданных условий движения, создавая на основе модели автомобиля модификации, способствующие эффективному их использованию и наиболее полно отвечающие требованиям того или иного круга потребителей.

Таким образом, актуальной задачей является исследование режимов работы двигателя и трансмиссии автомобиля с целью изучения влияния на них условий движения, выявления особенностей, закономерностей и связей между параметрами силового агрегата и ключевыми эксплуатационными показателями, что необходимо для формирования методики оптимизации характеристик силового агрегата и создания ряда модификаций, адаптированных под конкретные условия [1].

Основой решения поставленной задачи стало проведение натурных испытаний на маршрутах, которые будут близкими к предполагаемым условиям эксплуатации [2] модификаций автомобиля (испытания при нормальных условиях эксплуатации автомобиля [3]). Объектом исследования является автомобиль «Газель Next» и параметры работы его узлов при движении по маршруту, соответствующему реальным условиям. 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 г. № 218).

В ходе испытаний были получены экспериментальные данные, которые предназначены для обработки, анализа и определения эффективности совместной работы двигателя и трансмиссии. Вариантом формирования данных является фиксация ряда параметров с малой периодичностью по времени при движении по маршруту [4]. С увеличением числа маршрутов и уменьшением периодичности фиксации параметров возрастает точность результатов проведенных исследований и анализа данных.

Во время прохождения дорожных испытаний был зафиксирован набор данных, которые можно условно разделить на две группы.

В первую группу включаются такие параметры, как скорость и макропрофиль маршрута движения, а также характеристики дорожного покрытия. Скорость движения считается условно независимой от оптимизируемых значений параметров силового агрегата и определяется дорожной обстановкой (ограничениями, скоростью потока, особенностями дороги и т. п.). Макропрофиль маршрута движения и характер дорожного покрытия – полностью не зависимые для данного маршрута параметры. Совокупность независимых параметров является исходными данными к задаче оптимизации характеристик силового агрегата для соответствующих условий эксплуатации.

При анализе опытных данных следует учитывать наличие большого числа зависимых значений и субъективное влияние водителя на их формирование. Зависимыми будут являться те данные, на которые явным образом влияют искомые характеристики силового агрегата. К зависимым отнесены частота вращения коленчатого вала (ЧВКВ) ДВС и выбранная для движения передача, моменты переключения передач, особенности изменения положения педали акселератора и др., так как на них будет сказываться, например, изменение передаточных чисел трансмиссии. Зависимые параметры составляют вторую группу данных и необходимы для анализа режимов работы силового агрегата существующей модификации в конкретных условиях эксплуатации.

На одном из возможных маршрутов был проведен заезд испытуемого автомобиля с установленной фиксирующей аппаратурой, включающей в себя GPS-устройство для определения скорости, а также сканирующее оборудование для считывания информации с электронного блока управления автомобиля [5]. В результате был сформирован файл данных, представляющий собой таблицу, каждая строка которой содержит ряд параметров (время, скорость движения, частота вращения коленчатого вала, положение педали акселератора, процент загрузки

ДВС, положение педали сцепления и тормоза, рабочее состояние системы управления двигателем), зафиксированных в соответствующую номеру строки секунду времени. Принято, что фиксация всех значений синхронизирована.

Определение номера передачи, что необходимо для анализа режимов работы трансмиссии, выполняется на основе формулы, которая определяет передаточное отношение КПП  $i^*$ , обеспечивающее движение автомобиля с известной мгновенной скоростью  $V$  (км/ч) при известной мгновенной частоте вращения коленчатого вала двигателя  $n$  ( $\text{мин}^{-1}$ ) [6]:

$$i^* = 0,377 \frac{n \cdot r}{V \cdot i_{\text{ГП}}},$$

где  $r \approx 0,34$  м – радиус качения колес ведущей оси;  $i_{\text{ГП}} = 4,3$  – передаточное отношение главной передачи; 0,377 – коэффициент, учитывающий несоответствие размерностей величин.

Затем проверяется попадание вычисленного значения  $i^*$  в интервал передаточных чисел, границами которых являются серединные значения между известными значениями передаточных чисел данной КПП. Ошибки при определении номера передачи, вызванные отклонениями оборотов двигателя при выключенном сцеплении, устраняются по алгоритму,

исходя из условия невключения передачи на 2 секунды и менее. Кроме того, принято, что при нулевой скорости транспортного средства включена нейтральная передача за исключением времени 2 секунды до и после движения. Алгоритм определения передачи и исключения ошибок представлен в виде блок-схемы на рис. 1. Обработка данных и реализация расчетных алгоритмов реализована в среде Excel и Visual Basic [7].

По данным о текущих скоростях движения можно сделать выводы о скоростных режимах движения автомобиля (рис. 2, 3).

При известной включенной передаче были определены скоростные режимы работы коробки передач (рис. 3). На основе данных о номере выбранной передачи и скорости вращения коленчатого вала ДВС проведена оценка количества переключений и ЧВКВ при смене передач (рис. 4). Все приведенные ниже данные получены для маршрута, проходящего по ряду основных улиц и проспектов в пределах Нижнего Новгорода. Длина маршрута составила более 43 км.

Кроме того, по данным о скорости движения вычислены величины средних ускорения и замедления автомобиля. Если в расчет включать только промежутки времени изменения скорости автомобиля, то среднее ускорение составит  $0,606 \text{ м/с}^2$ , а замедление –  $0,649 \text{ м/с}^2$ .

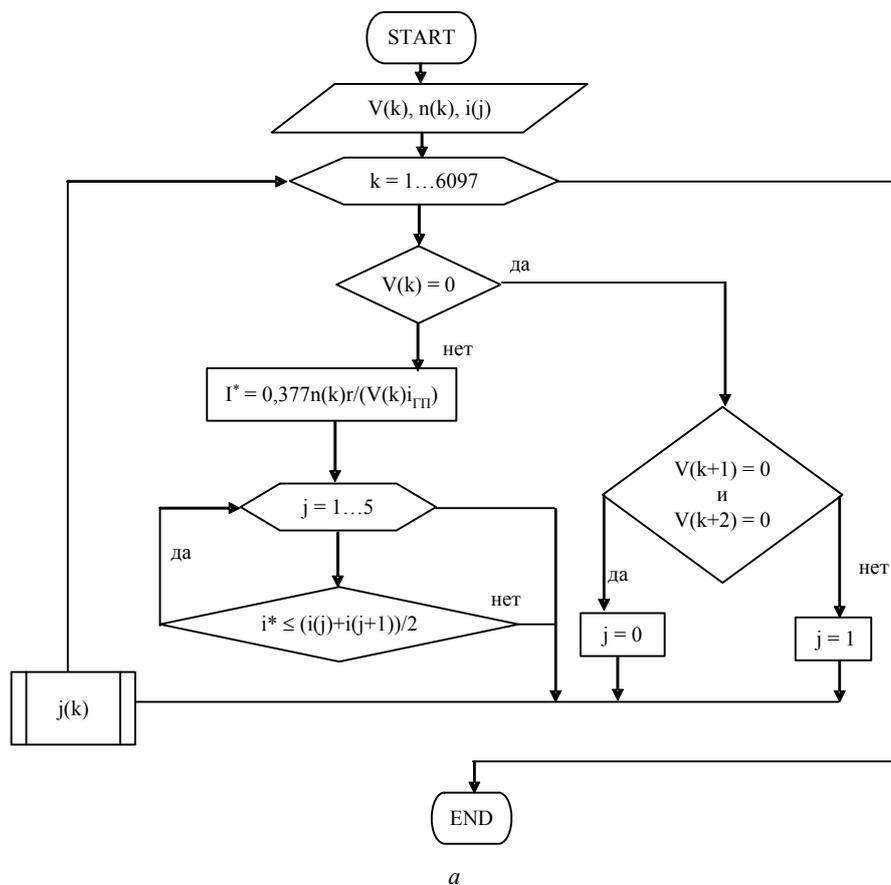
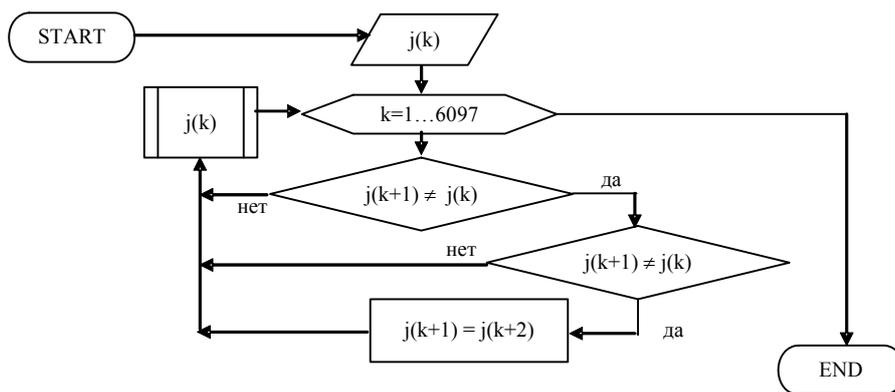


Рис. 1. Алгоритмы определения номера передач: а – алгоритм поиска по диапазонам передаточных чисел



б

Рис. 1 (продолжение). Алгоритмы определения номера передач: б – алгоритм корректировки номера передач

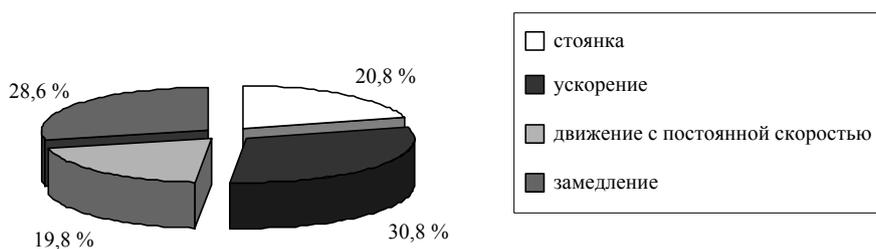


Рис. 2. Распределение времени на маршруте

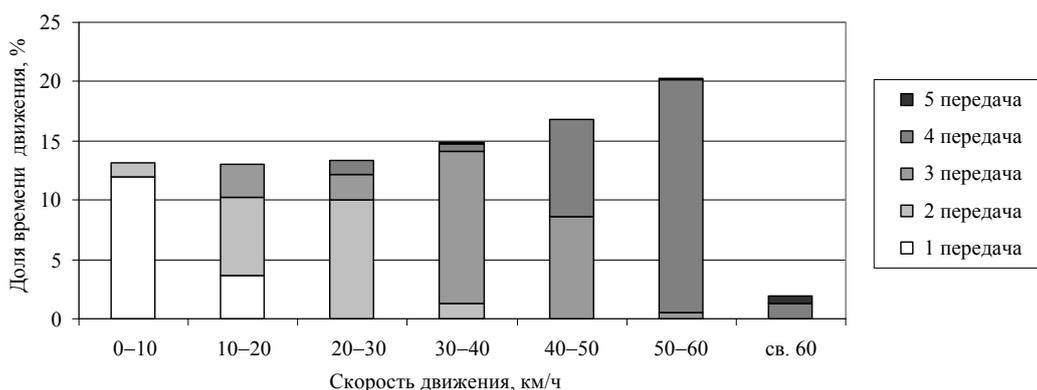


Рис. 3. Доля времени движения в определенном диапазоне скоростей на определенной передаче (только движение)

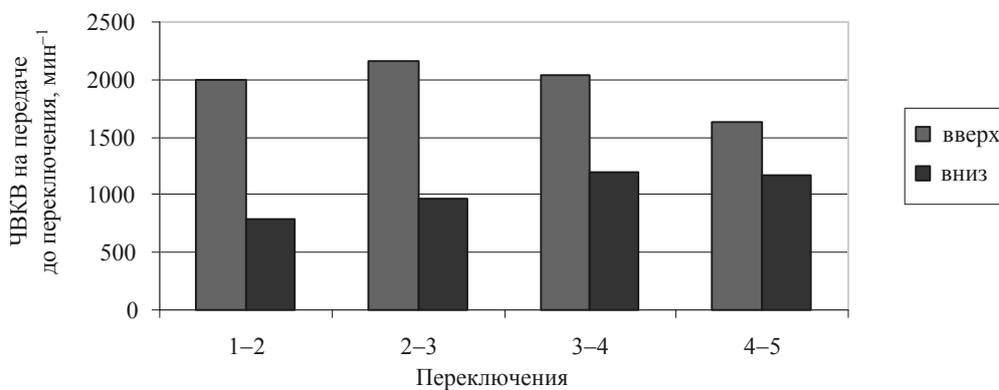


Рис. 4. ЧВКВ перед переключением передач вниз и вверх

Таким образом, проведенный анализ позволил получить наглядное представление о скоростных режимах работы трансмиссии в конкретных услови-

ях. При прохождении маршрута почти 30 % от общего времени автомобиль двигался с минимальными скоростями (0–10 км/ч), что вызвано возникшими на

маршруте движения в данное время суток заторами. Распределение оставшегося времени соответствует следующей закономерности: доля времени движения увеличивается с ростом скоростного интервала в пределах допустимой скорости движения. Аналогичную зависимость имеет доля времени движения на определенной передаче за исключением 5-й, доля времени движения на которой составила 6 %, что характерно для движения в городских условиях.

Проведенный анализ доли времени движения в определенном диапазоне скоростей на каждой передаче показывает в большей мере особенности данных условий движения, управления автомобилем, а также содержит важную информацию для последующего исследования режимов работы трансмиссии, необходимого как для оптимизации характеристик силового агрегата автомобиля, так и для проектирования узлов и расчетов показателей надежности. В дальнейшем возможно многократное повторение прохождения специальных маршрутов, которые будут обладать характерными особенностями. На основе полученных данных возможно выявление зависимости скоростных режимов работы трансмиссии от условий движения, что необходимо для более

полного учета факторов эксплуатации при оптимизации параметров силового агрегата.

#### Библиографические ссылки

1. Блохин А. Н. Разработка методики поиска рациональных передаточных чисел трансмиссии с учетом эксплуатационных свойств и назначения автомобиля : автореф. дис. ... канд. тех. наук. – Н. Новгород, 2006. – 20 с.
2. Кузьмин Н. А. Техническая эксплуатация автомобилей: нормирование и управление : учеб. пособие. – М. : ФОРУМ, 2011. – 224 с.
3. ГОСТ 16504–81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества. Основные термины и определения.
4. Бутарович Д. О., Смирнов А. А. Распределение относительных пробегов легких коммерческих автомобилей по результатам дорожных испытаний // Журнал автомобильных инженеров. – 2013. – № 6. – С. 28–32.
5. CAN in Automation [Электронный ресурс]. – URL: [http://en.wikipedia.org/wiki/On-board\\_diagnostics](http://en.wikipedia.org/wiki/On-board_diagnostics) (дата обращения: 01.12.13).
6. Кравец В. Н. Теория автомобиля. – Н. Новгород : Изд-во Нижегородского гос. техн. ун-та им. П. Е. Алексеева, 2007. – 368 с.
7. Интерактивный учебник по Visual Basic [Электронный ресурс]. – URL: <http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/> (дата обращения: 25.11.13).

A. V. Tumasov, PhD in Engineering, Nizhny Novgorod State Technical University n. a. R. E. Alekseev  
I. A. Suvorov, Post-graduate, Nizhny Novgorod State Technical University n. a. R. E. Alekseev

#### Research of Vehicle Speed Modes and Its Transmission Work in Certain Operating Conditions

*Prospective driving conditions should be considered when selecting the optimal parameters of the engine and vehicle transmission. Studies allow us to determine speed modes of vehicle motion and its components operation in certain conditions. Analysis on the basis of groups of dependent and independent parameters revealed the characteristic features of vehicle and driver operation in certain motion conditions.*

**Key words:** operating conditions, power unit, driving modes, modes of transmission, gear ratios.

УДК 629.113

**Р. А. Мусарский**, доктор технических наук, профессор, Нижегородский государственный технический университет имени П. Е. Алексеева  
**Е. В. Степанов**, магистрант, Нижегородский государственный технический университет имени П. Е. Алексеева

#### ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА ТОРМОЗНОГО ПУТИ АВТОМОБИЛЯ

*Вычисляется гистограмма тормозного пути автомобиля на основе анализа вероятностных характеристик распределения коэффициента продольного сцепления колес автомобиля с дорогой.*

**Ключевые слова:** тормозной путь, автомобиль, гистограмма, коэффициент сцепления колес с дорогой.

**Т**ормозные свойства относят к важнейшим эксплуатационным свойствам, определяющим активную безопасность автомобиля. В настоящее время оценку тормозных свойств автомобиля производят по результатам испытаний реального транспортного средства в соответствии с нормативной документацией [1]. Очевидно, что этот процесс требует немало материальных и временных ресурсов. Именно поэтому является целесо-

образным разработка методики оценки тормозных свойств автомобиля на основе теоретического анализа динамики автомобиля.

Обычно при исследовании тормозного пути считают, что он принимает детерминированное значение, которое зависит от конструктивных параметров автомобиля: массы, распределения веса на колеса, параметров шины и ее протектора, условий движения: скорости движения, типа дорожного покрытия,